

Министерство образования и науки Российской Федерации  
РОССИЙСКИЙ ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
Ministry of Education and Science of the Russian Federation  
RUSSIAN FOUNDATION FOR BASIC RESEARCH  
FSFEE HE «Tambov State Technical University»

---

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

**МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

**10-12 июля 2017 г.**

*Рекомендовано к изданию  
научно-техническим советом ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

## **ENERGY-SAVING AND EFFICIENCY IN TECHNICAL SYSTEMS**

**PROCEEDINGS OF IV INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
OF STUDENTS, RESEARCHERS AND SPECIALISTS**

**July 10-12, 2017**

*Recommended for publication by the Scientific Board of  
Tambov State Technical University*

УДК 658.26  
ББК 31.3  
Э65

*Конференция организована и проведена  
при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований,  
(проект РФФИ № 17-08-20296 Г)*

**Редакционная коллегия:**

**Т.И. Чернышова** – ответственный редактор, директор института энергетики, приборостроения и радиоэлектроники, д-р техн. наук, проф.; **С.Н. Баршутин** – ученый секретарь конференции, зам. ответственного редактора, к-т техн. наук, доцент; **Д.Ю. Муromtsev** – проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **В.Ф. Калинин** – советник при ректорате ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А.П. Пудовкин** – заведующий кафедрой «Радиотехника», д-р техн. наук, проф.; **С.В. Фролов** – заведующий кафедрой «Биомедицинская техника», д-р техн. наук, проф.; **Н.П. Жуков** – заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», д-р техн. наук, проф.; **Н.Г. Чернышов** – заведующий кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», к-т техн. наук, доцент; **А.В. Кобелев** – заведующий кафедрой «Электроэнергетика» к-т техн. наук, доцент; **С.П. Москвитин** – ответственный секретарь конференции, к-т техн. наук, доцент.

**Э65** Энергосбережение и эффективность в технических системах: Материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбов, 10-12 июля 2017 г. / Министерство образования и науки Российской Федерации; Российский фонд фундаментальных исследований; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»; Т.И. Чернышова, отв. ред. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2017. – 558 с.

В сборник включены материалы пленарных и секционных докладов в соответствии с тематикой IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов: Энергосберегающие и информационные технологии в проектировании технических систем; Актуальные проблемы теплоэнергетики и теплотехники; Энергосбережение в электроэнергетике; Методы и средства контроля в эффективных технических системах; Эффективные биотехнические системы.

Предназначен для преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов и молодых ученых с целью использования в научно-исследовательской работе и учебной деятельности.

*Подготовлено по материалам, предоставленным в электронном варианте, и сохраняют авторскую редакцию.  
Оргкомитет, Программный комитет, Секретариат конференции и редакция ответственности за содержание предоставленных авторами материалов не несут.*

*Conference is organized  
with the financial support  
of the Russian Foundation for Basic Research  
(project RFBS № 17-08-20296 Г)*

**Editorial Board:**

**T.I. Chernyshova** – executive editor, Director of Institute of power engineering, tool engineering and radioelectronics, Doctor of Technical Sciences, Prof.; **S.N. Barshutin** – conference academic secretary, deputy executive editor, Candidate of Technical Sciences, Assistant professor; **D.Yu. Muromtsev** – Vice-Rector for scientific and innovation activities TSTU, Doctor of Technical Sciences, Prof.; **V.F. Kalinin** – TSTU rectorate advisor, Doctor of Technical Sciences, Prof.; **A.P. Pudovkin** – Head of the chair «Radio Engineering» Doctor of Technical Sciences, Prof.; **S.V. Frolov** – Head of the chair «Biomedical Engineering» Doctor of Technical Sciences, Prof.; **N.P. Zhukov** – Head of the chair «Enterprise Energy Supply and Heat Engineering» Doctor of Technical Sciences, Prof.; **N.G. Chernyshov** – Head of the chair «Design of Radioelectronic and Microprocessor Systems» Candidate of Technical Sciences, Assistant professor; **A.V. Kobleev** – Head of the chair «Power Engineering» Candidate of Technical Sciences, Assistant professor; **S.P. Moskvitin** – conference academic secretary, Candidate of Technical Sciences, Assistant professor.

Energy-saving and efficiency in technical systems: Proceedings of IV International scientific and technical conference of students, researchers and specialists. Tambov, July 10-12, 2017/ Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Russian Foundation for Basic Research; FSFEE HE «Tambov State Technical University»; T.I. Chernyshova, executive editor – Tambov: Pershin R.V. Publishing, 2017. – 558 p.

The proceedings include materials of plenary session and penal presentations of IV International scientific and technical conference of students, researchers and specialists: Energy-saving and information technologies in technical systems design; Current issues of heat power engineering and heat technology; Energy-saving in power engineering; Control methods and means in energy-efficient technical systems; Efficient bio-technical systems.

This publication is intended for teachers, post-graduates, Master students, students and young researchers to be used in research and training activities.

*Conference proceedings contain the materials provided in the electronic version and retain the author's edition.*

*Organizing Committee, Program Committee, Conference Secretariat and the editorial board cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.*

© Тамбовский государственный  
технический университет, 2017  
© Авторы статей, 2017  
© Издательство Першина Р.В., 2017

ISBN 978-5-91253-716-5

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Приветственное слово ректора ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» Михаила Николаевича Краснянского .....</b>                                                        | <b>30</b> |
| <b>ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ .....</b>                                                                                                                                                                  | <b>31</b> |
| <i>Крюков Ю.А., Сахаров Ю.С.</i><br>ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ И СИГНАЛИЗАЦИИ .....                                                                      | 31        |
| <i>Патрикеев Л.Н.</i><br>ВАЖНЕЙШИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ XIX, XX И XXI ВЕКОВ .....                                                                                                          | 35        |
| <i>Пицуха Е. А., Теплицкий Ю. С., Бородуля В. А.</i><br>ОСОБЕННОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА В ЦИКЛОННО-СЛОЕВОЙ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ.....                                                        | 42        |
| <i>Муромцев Д.Ю.</i><br>ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЕМКИМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ .....                                                                                         | 59        |
| <i>Leticia García-Cruz, Vicente Montiel, Jesús Iniesta</i><br>SMART CARBON MATERIALS FOR ELECTROCHEMICAL SENSING APPLICATIONS.....                                                              | 55        |
| <i>Vincenzo Bianco, Angelo Musiaio, Elena Mishchenko</i><br>BOOSTING ENERGY EFFICIENCY EDUCATION IN MASTER COURSES FOR RUSSIAN AND ARMENIAN UNIVERSITIES. THE CASE OF THE MARUEEB PROJECT ..... | 60        |
| <i>Liepsch D., Frolov S.V., Sindeev S.V.</i><br>ADVANCED EXPERIMENTAL FLOW STUDIES IN AN ELASTIC Y-MODEL .....                                                                                  | 65        |
| <i>Губарев В.Я.</i><br>СКОРОСТЬ ЗВУКА В ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СРЕДАХ .....                                                                                                                             | 69        |
| <b>СЕКЦИЯ 1. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....</b>                                                                                        | <b>72</b> |
| <i>Noori A.N.</i><br>LED AS LIGHT SENSOR .....                                                                                                                                                  | 72        |
| <i>Tarabrina I.V.</i><br>NANOTOXICOLOGY. REVIEW OF CURRENT RESEARCH RESULTS.....                                                                                                                | 73        |
| <i>Авруйская А.А., Митрасов Ю.Н., Козлов В.А.</i><br>АДДУКТЫ ПРОИЗВОДНЫХ ФУРАНА С N-АРИЛМАЛЕИНИМИДАМИ – НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФЛУОРОФОРЫ.....                                                     | 74        |
| <i>Алтунин К.А. Соколов М.В.</i><br>МЕТОДИКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ.....                                                                  | 75        |
| <i>Аристов А.А, Кошелев И.Ю., Кузнецова М.С.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ МНОГОЗОННЫМИ ТЕПЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ .....                                                | 76        |

|                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Аристов А.А., Кошелев И.Ю., Кузнецова М.С.</i><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ<br>ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ МНОГОЗОННЫХ ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВОК .....                                                  | 78 |
| <i>Артёмов С.В., Артёмов А.А., Зайни А., Алабеди Х.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СВЛ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ .....                                                                               | 79 |
| <i>Артёмов С.В., Артёмов А.А., Зайни А., Алабеди Х.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ<br>ТЕРМООБРАБОТКИ МАГНИТОПРОВОДА .....                                                        | 80 |
| <i>Афанасьев А.Д., Юрченко С.П., Анохин В.В.</i><br>ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ВХОДНОГО ТРАФИКА В АВИАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-<br>ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ.....                                                           | 82 |
| <i>Белов И.Н., Максимов Ю.П.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ МАТЛАВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА<br>МОЛНИЕЗАЩИТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ ПОДСТАНЦИИ.....                                                    | 83 |
| <i>Белокопытов Р.Н., Мецераков В.Н.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО<br>ТОКА С ПОМОЩЬЮ ИНВЕРТОРА.....                                                                      | 84 |
| <i>Белоусов А.С.</i><br>АНАЛИЗ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАЗМАТЫВАТЕЛЯ .....                                                                                                                                   | 85 |
| <i>Беляев И.Д.</i><br>ПРОТОКОЛ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ ITU-R BT.656.....                                                                                                                                   | 86 |
| <i>Бухтияров Е. С., Ушаков И. В.</i><br>ЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «SMART GRID» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ<br>ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ .....                                                                                 | 87 |
| <i>Ванин В.А., Фидаров В.Х., Колодин А.Н.</i><br>ОПТИМИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С<br>ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ ШАГОВОГО<br>ГИДРОПРИВОДА .....              | 88 |
| <i>Васильев В.А., Мосин А.И., Чистилин Д.А.</i><br>АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО И<br>ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПУНКТОВ<br>УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ..... | 90 |
| <i>Габидуллин И. Р., Ушаков И. В.</i><br>ПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....                                                                                                     | 91 |
| <i>Гаврилин В.А. Каракеян В.И. Рябышенков А.С.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ<br>ВОЗДУХА В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ .....                                       | 92 |
| <i>Гаджиев А.Ф., Стафеев М.А.</i><br>РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ<br>РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ<br>АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ .....                     | 93 |
| <i>Гравишин В.Г., Перевозчикова Д.С., Глушков В.А.</i><br>АНАЛИЗ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОГО<br>ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА .....                                                               | 94 |



|                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Кузина Е.С., Графская С.А.</i><br>СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ.....                                                                                                           | 95  |
| <i>Кузина Е.С., Графская С.А.</i><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ<br>БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ .....                                                                         | 96  |
| <i>Васильев В.А. Громак И.А.</i><br>ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ НА УПРАВЛЕНИЕ АВИАЦИЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....                                                                                           | 97  |
| <i>Данилин М.А., Федюнин П.А., Ведищев Д.В.</i><br>АНАЛИЗ ПРИОРИТЕТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАКЕТОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ<br>СЕТЯХ .....                                                                     | 98  |
| <i>Девликанова С. С.</i><br>АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВОГО ДАТЧИКА ХОЛЛА НА ОСНОВЕ<br>КНИ СТРУКТУР ПРИ ВЫСОКОЙ МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ.....                                                 | 99  |
| <i>Джамбеков А.М., Щербатов И.А., Проталинский О.М.</i><br>АЛГОРИТМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО<br>РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В УСЛОВИЯХ<br>НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ..... | 101 |
| <i>Дмитриев О.С., Дмитриев А.О.</i><br>КРИТЕРИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТОЛСТОСТЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ<br>КОМПОЗИТОВ .....                                                                         | 102 |
| <i>Дмитриев О.С., Малков И.В.</i><br>ВЫБОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ<br>ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ .....                                                                       | 104 |
| <i>Жданкина Е. А., Решетова В. С.</i><br>РЕАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3.8<br>«СКАНЕР ШТРИХКОДОВ» .....                                                               | 105 |
| <i>Жданкина Е. А., Решетова В. С., Софьин Е. А.</i><br>РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗЕ<br>ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИХ СРАВНЕНИЕ.....                                                  | 106 |
| <i>Зацепина В.И., Шачнев О.Я.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ С НЕПРЕРЫВНЫМ<br>ЦИКЛОМ РАБОТЫ .....                                                                             | 107 |
| <i>Казьмин А.И., Рябов А.В.</i><br>МОДЕЛЬ СЕТИ РАДИОСВЯЗИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ<br>РЕСУРСОМ.....                                                                                 | 109 |
| <i>Капанский А. А., Шенец Е. Л.</i><br>ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА<br>ПРИ АНАЛИЗЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА .....                                        | 110 |
| <i>Карпенко И.Е., Федотов Д.А.</i><br>АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ<br>ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА СОВРЕМЕННОМ ПРОМЫШЛЕННОМ<br>ПРЕДПРИЯТИИ.....                             | 111 |
| <i>Карпенко И.Е., Федотов Д.А.</i><br>СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ С<br>ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ОБЪЕКТА УДАЛЕННЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ .....                                       | 112 |

|                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Карпенко И.Е., Федотов Д.А.</i><br>ОБЗОР ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ.....                                                               | 113 |
| <i>Кирип А.Ю.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНАРНЫХ ПАРОВАЗОВЫХ УСТАНОВОК .....                                                                                                             | 114 |
| <i>Колдаев В.Д., Павлов Р.И.</i><br>ТЕХНОЛОГИЯ ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ .....                                                                                                           | 116 |
| <i>Колдаев В.Д., Старцев С.В.</i><br>МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ РЕЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....                                                                                       | 117 |
| <i>Колмыкова А.С., Белоусов О.А., Колмыков Р.Ю.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПЕЧАТНЫХ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ .....                                                    | 118 |
| <i>Колмыкова А.С., Белоусов О.А., Колмыков Р.Ю.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОСКОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ .....                                                                            | 119 |
| <i>Колмыкова А.С., Белоусов О.А., Колмыков Р.Ю.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СРЕДЕ ANTENNA MAGUS И CST STUDIO SUITE.....                                                            | 120 |
| <i>Кузнецова Н.А. Родионов Д.А.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВОДОСТОЧНЫХ ЖЕЛОБОВ.....                                                                                         | 122 |
| <i>Курносое Р.Ю., Сидорова Д.А., Романенко Н.С., Мамонтов К.А.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ 5G.....                                                                          | 123 |
| <i>Курносое Р.Ю., Шамкин В.Н.</i><br>МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИМИ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ..... | 124 |
| <i>Кухтяева В.Р.</i><br>АЛГОРИТМ АВТОНОМНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ .....                                                                                                | 125 |
| <i>Майола П.Я.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                                              | 126 |
| <i>Майола П.Я.</i><br>ОБСЛУЖИВАНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ И ЦЕПЕЙ УЧЁТА В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ.....                                                                                                              | 127 |
| <i>Майола П. Я.</i><br>ВОЗМОЖНОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОБОРУДОВАНИИ.....                                                                                                                | 129 |
| <i>Малков И.В., Макухин А.Г., Сыровой Г.В.</i><br>ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....                                                 | 130 |

|                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Малков И.В., Сыровой Г.В.</i><br>ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БАЛЛОНЫ ДАВЛЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ<br>РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....                                                                 | 131 |
| <i>Мамба Ва Мамба Фернанд</i><br>ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ<br>ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....                                       | 132 |
| <i>Мамба Ва Мамба Фернанд</i><br>ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ<br>ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....                                   | 133 |
| <i>Махнев Ю.В., Трофимов А.Т.</i><br>МЕТОД КАЛИБРОВКИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА .....                                                                                                                    | 134 |
| <i>Мещеряков В.Н., Ласточкин Д.В.</i><br>ЧАСТОТНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С РЕЛЕЙНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ<br>ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ .....                                                                            | 135 |
| <i>Мещеряков В.Н. Сибирцев Д.С.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД .....                                                                                                                    | 137 |
| <i>Муромцев Д.Ю., Грибков А.Н., Гаврилов А.О.</i><br>ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ<br>ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ .....                        | 138 |
| <i>Муромцев Д.Ю., Грибков А.Н., Коток А.Ю.</i><br>ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ<br>МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ПРИ НАЛИЧИИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ .....                         | 139 |
| <i>Мычка С.Ю., Шаталов М.А.</i><br>ОБОСНОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОЙ ПОЛИТИКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА<br>РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ .....                                                                           | 140 |
| <i>Назмутдинов И.С., Ведищев Д.В.</i><br>ВЫБОР МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО<br>ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ .....                                                           | 141 |
| <i>Назмутдинов И.С., Дьяченко Ю.В.</i><br>ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИ<br>РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ<br>ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ..... | 143 |
| <i>Никитина А.А., Перевозчикова Д.С., Рязанов М.Н., Глушков В.А.</i><br>ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА .....                                                                       | 144 |
| <i>Николаенко С.А.</i><br>ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ .....                                                                                                                               | 145 |
| <i>Першина Т.А. Тюрина Е.Ю.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ «УМНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ .....                                                                                                   | 146 |
| <i>Попов А.В., Ушаков И. В.</i><br>СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....                                                                                                | 147 |
| <i>Пресняков М.Ю., Рябов А.В.</i><br>МЕТОД АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕСУРСОМ<br>СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ .....                                                | 149 |

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Рольский К.А.</i><br>КМОП УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД С ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ И ПОВЫШЕННЫМ<br>КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ .....                                                                           | 150 |
| <i>Рябов Д.Ю., Попов Д.С., Новохатский В.Ю.</i><br>ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ<br>БЕСПРОВОДНОГО РАДИОДОСТУПА .....                                         | 151 |
| <i>Рябов Д.Ю., Попов Д.С., Новохатский В.Ю.</i><br>ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЯ ВИВАЛЬДИ .....                                                                                            | 152 |
| <i>Рябов Д.Ю., Попов Д.С., Новохатский В.Ю.</i><br>ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ .....                                                                                                | 153 |
| <i>Зырянов Ю.Т., Рязанов И.Г.</i><br>НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....                                                                                     | 155 |
| <i>Зырянов Ю.Т., Рязанов И.Г.</i><br>МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ<br>СИСТЕМ .....                                                                           | 156 |
| <i>Рязанова А.Г.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ .....                                                                                                           | 157 |
| <i>Селиванова З.М., Ерышова В.С.</i><br>ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ<br>ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ<br>СТРУКТУРОЙ .....       | 158 |
| <i>Селиванова З.М., Хамза М.А.Х.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО<br>ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ<br>СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ..... | 159 |
| <i>Серов И.А., Ушаков И. В.</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В РОССИИ .....                                                                                                                    | 160 |
| <i>Скворцов А. А., Жир Е. А.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ ШЕСТИГРАННОГО ВОЛНОВОДА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ<br>ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ .....                                                                    | 161 |
| <i>Солдатов А.В.</i><br>ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СТАНКА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ .....                                                                                                           | 163 |
| <i>Соловьев В.А., Прокофьев И.А.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ SCAD ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ<br>ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ .....                                                         | 164 |
| <i>Тихонов Д.О., Максимова И. А, Михеев А. В.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ ГОФРИРОВАННЫХ РУПОРНО - ВОЛНОВОДНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ В<br>ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕННАХ .....                                                   | 165 |
| <i>Тихонов Д.О., Немченко С. И., Михеев А. В.</i><br>ОБЛУЧАТЕЛИ ГИБРИДНЫХ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ<br>УПЛОТНЕНИЕМ .....                                                               | 166 |
| <i>Тюрин И.В., Болтнев Г.А., Бушуев И.О., Мукин Д.А.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЦЕПЕЙ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP .....                                                                  | 168 |

|                                                                                                                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Тюрин И.В., Кузнецова М.С.</i><br>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ<br>СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ .....                                                    | 169        |
| <i>Фролов Андрей Евгеньевич</i><br>АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ<br>МИКРОРАЙОНА "ТРАКТОРНЫЙ" ГОРОДА ЛИПЕЦКА .....                                 | 170        |
| <i>Худяков В.В., Дмитриев О.С., Баронин Г.С.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДОФАЗНОЙ ШТАМПОВКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ<br>ФТОРПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ.....                                  | 171        |
| <i>Чернышов В.А., Печагин Е.А.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ<br>ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ .....   | 172        |
| <i>Чернышова Т.И., Каменская М.А.</i><br>ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ<br>ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ .....                                        | 174        |
| <i>Чернышова Т.И., Курносов Р.Ю.</i><br>ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СТРУКТУРЕ<br>ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....                                 | 175        |
| <i>Шмелёв В.Е., Капков А.С.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ МЕТОДОМ<br>ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ<br>СООТНОШЕНИЙ ..... | 176        |
| <i>Юлдашев М.Н.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ<br>СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ .....                                                                         | 177        |
| <i>Efimenko E.V., Alvares Peres, Andres Damianovich</i><br>SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS (SAM).....                                                                                     | 178        |
| <i>Komotskii V.A., Suetin N.V., Tarabrina I.V.</i><br>LASER LIGHT MODULATION USING SCHEME WITH TWO PHASE DIFFRACTION GRATINGS. ....                                                 | 179        |
| <i>Чернышова Т.И., Третьяков В.В.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ<br>ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....                                           | 181        |
| <i>Тюрин И.В., Болтнев Г.А., Бушуев И.О., Мукин Д.А.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ<br>В СРЕДЕ MICRO-CAP.....                               | 182        |
| <b>СЕКЦИЯ 2. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ .....</b>                                                                                                           | <b>184</b> |
| <i>Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ТУМАНООБРАЗОВАНИЯ<br>ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГТУ .....                                                            | 184        |
| <i>Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак, Попов О.Н.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ .....                                                                 | 185        |
| <i>Абрашкин П.А.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ.....                                                                                        | 186        |

|                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Абрашкин П.А.</i><br>СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ.....                                                                | 187 |
| <i>Аль-Антаки Ахмед Малик Абдулган, Стромов Б.А.</i><br>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БРОМИСТО-ЛИТИЕВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ<br>ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ В СРЕДЕ MATLAB ..... | 188 |
| <i>Альмохаммед Сафаа Малик</i><br>ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА<br>В НЕБОЛЬШИХ ОФИСНЫХ ЗДАНИЯХ ИРАКА .....                         | 189 |
| <i>Альмохаммед Сафаа Малик</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ.....                                                                | 191 |
| <i>Аль-фураиджи М.А.</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ<br>ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ .....                                     | 192 |
| <i>Аль-фураиджи. М.А.</i><br>ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ТЕРМИЧЕСКОГО КПД ЦИКЛА РЕНКИНА .....                                                                             | 193 |
| <i>Альхассани Хенд Дахель Схаль</i><br>КОТЛЫ С ЦИРКУЛИРУЮЩИМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ .....                                                                            | 194 |
| <i>Альхассани Хенд Дахель</i><br>«КИПЯЩИЙ СЛОЙ» РЕШАЕТ ПРОБЛЕМЫ И ЭНЕРГЕТИКИ, И ЭКОЛОГИИ .....                                                              | 195 |
| <i>Амиров Ж.А., Уваров М.Е.</i><br>КОНТАКТНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ<br>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА .....                        | 196 |
| <i>Ананьев Д.В.</i><br>ИМПУЛЬСНЫЕ ПОТОКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....                                                                             | 198 |
| <i>Астанин С.С.</i><br>СОВПАДЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ И ИХ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫЕ<br>ПАРАМЕТРЫ.....                                                       | 199 |
| <i>Григорьева Е.Н., Капленкова В.В.</i><br>ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО<br>СИГНАЛА НА ТЕРМОГРАММЕ.....                    | 200 |
| <i>Балашов А.А., Капленкова В.В., Григорьева Е.Н.</i><br>О ПРИМЕНЕНИИ КУБИЧЕСКОГО СПЛАЙНА ДЛЯ ПОИСКА СТРУКТУРНОГО ПЕРЕХОДА<br>НА ТЕРМОГРАММЕ.....           | 201 |
| <i>Балашов А.А., Майникова Н.Ф., Рогов И.В.</i><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ.....                                           | 202 |
| <i>Барсуков А.А., Попов В.Д.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ ТВЁРДЫХ<br>СЫРОВ .....                                        | 204 |
| <i>Барсуков А.А., Попов В.Д.</i><br>О КРЫШНЫХ КОТЕЛЬНЫХ ГОРОДА ТАМБОВА.....                                                                                 | 205 |
| <i>Желтов А.А.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТА АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....                                                                   | 206 |
| <i>Виноградов Н.О.</i><br>ВЕРОЯТНОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН.....                                                                                | 207 |

|                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Гизатуллина Д.М.</i><br>ТЕХНОЛОГИЯ ПОДБОРА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ К СБОРКЕ ИЗ СВЕТОДИОДНЫХ<br>МОДУЛЕЙ.....                                                                     | 207 |
| <i>Гончарова Л.О., Федотов Д.А.</i><br>ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....                                                                                        | 208 |
| <i>Губарев В.Я. Арзамасцев А.Г. Ярцев А.Г.</i><br>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ<br>ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ..... | 209 |
| <i>Гусев А.А., Богометова О.Е., Андреев А.А., Анисимов А.А.</i><br>ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ<br>ЯЧЕЙКЕ ПРИБОРА ИТ-3.....                 | 210 |
| <i>Жуков Н.П., Хохлов П.А.</i><br>ТЕПЛОВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБОЛОЧЕК ТВЕРДЫХ СЫРОВ .....                                                                              | 212 |
| <i>Ильин Р.А.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С КОМБИНИРОВАННЫМ<br>РАБОЧИМ КОЛЕСОМ .....                                                                  | 213 |
| <i>Каишменский Д.С.</i><br>ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЗДУХА НА ПЕРИОД ОСЦИЛЛЯЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ<br>ИК-СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН.....                                                         | 214 |
| <i>Клещина А.Э., Пешкова А.В.</i><br>ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА В СОВРЕМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ .....                                                                                | 215 |
| <i>Ключенков С.В., Шпиганович А.Н.</i><br>МЕТОД АНАЛИЗА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НАДЕЖНОСТИ СЭС .....                                                                              | 216 |
| <i>Колесников Д.А., Мещеряков В.Н.</i><br>АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ДЛЯ СИСТЕМ С<br>ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ.....                                    | 217 |
| <i>Коновалова К.Н.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ<br>РЕГУЛЯЦИИ .....                                                                      | 218 |
| <i>Крючков Р.В. Терехов Ю.Ю.</i><br>ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ.....                                                                            | 219 |
| <i>Кузьев Р.Р., Кольтюков Н.А.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ТЕПЛОВЫМИ АППАРАТАМИ .....                                                                 | 220 |
| <i>Леонова О.В., Балашов А.А.</i><br>ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В Г. ТАМБОВЕ.....                                                                             | 221 |
| <i>Лепилов В.И.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОГРЕВА СИСТЕМЫ МАССИВНЫХ ЭКРАНОВ ИЗ СТАЛИ С<br>ВОЗДУШНЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ .....                                                    | 222 |
| <i>Милешин С.А. , Сергеева Н.А.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕНСОРА ДАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ<br>ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.....                                | 223 |
| <i>Никулин С.С.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....                                                                                    | 224 |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Никулин С.С.</i><br>ДВИЖЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ФАЗ ПРИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ<br>В ПОЛИМЕРАХ .....                                                                   | 225 |
| <i>Оразов Б.К., Михайлов М.В.</i><br>РАЗДЕЛЕНИЕ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ПУТЕМ СОЧЕТАНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ И<br>КРИСТАЛЛИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ .....          | 226 |
| <i>Подшивайлова Ю.В. Антонов А.А. Ястребов В.М.</i><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО КПД ТЕПЛОВОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО<br>ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....                                 | 227 |
| <i>Рогов И.В., Андреев А.А., Анисимов А.А.</i><br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ .....                                                             | 229 |
| <i>Рогов И.И., Стромов Б.А., Аль-Антаки Ахмед Малик Абдулган.</i><br>РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРОМИСТО-ЛИТИЕВОЙ<br>ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ В СРЕДЕ МАТЛАВ ..... | 230 |
| <i>Рукавицын К.О., Глуценко А.И.</i><br>ОБЗОР СИСТЕМ ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ .....                                      | 231 |
| <i>Савинова К.С.</i><br>ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ .....                                                                                         | 232 |
| <i>Селянина Е.С., Жуков Н.П.</i><br>ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА ОТ<br>ТЕМПЕРАТУРЫ .....                                              | 233 |
| <i>Семенов Д.Д.</i><br>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И<br>ТЕМПЕРАТУРЫ ОДНИМ ДАТЧИКОМ .....                                                  | 234 |
| <i>Синюков А.В., Синюкова Т.В.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ .....                                                                                        | 235 |
| <i>Скоморохов И.И.</i><br>ВОЗМОЖНЫЕ ВИДЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В СЭС .....                                                                                                      | 236 |
| <i>Стромов Б.А., Аль-Антаки Ахмед М. А., Богометова О.Е.</i><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВА ВОДНОГО РАСТВОРА БРОМИДА ЛИТИЯ<br>В СРЕДЕ МАТЛАВ .....              | 237 |
| <i>Туровский А.С., Кузина Е.С., Данилова С.Н.</i><br>СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В ЦИФРОВЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ ПРИ OFDM<br>МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА .....                          | 238 |
| <i>Альнасур Фавзи Шнайн Абдулхуссейн</i><br>РЫНОК МНОГОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ В ИРАКЕ .....                                                                                    | 239 |
| <i>Альнасур Фавзи Шнайн Абдулхуссейн</i><br>СЖИГАНИЕ БИОТОПЛИВА В ИРАКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОТЛОВ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ<br>ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИИ .....                                 | 240 |
| <i>Шишкова К.А., Астапов А.Ю.</i><br>АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА .....                                                            | 242 |
| <i>Штанько Д.В., Шпиганович А.Н.</i><br>МЕТОД АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....                                                                                 | 243 |



|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Юшина З.Е., Похунков А.А., Кочергин С.В.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ВЛ 220-500КВ<br>И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИХ ВЫЯВЛЕНИИ..... | 244 |
| <i>Колесникова Е.С., Климова Ю.Н., Баршутин С.Н.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ<br>БЛОКОВ МГД-ГЕНЕРАЦИИ. ....                   | 245 |
| <i>Хайдер Салах, Баршутин С.Н.</i><br>ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ РАЗОМКНУТОГО ЦИКЛА В УСЛОВИЯХ ГЕНЕРАЦИИ<br>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ. ....                          | 246 |
| <i>Большев В.Е.</i><br>РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА, ПРОВОДИМОГО НА СТЕНДЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ<br>ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....                      | 247 |
| <i>Кайо О.Н.</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАНГОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В<br>СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....                                                | 248 |
| <i>Кайо О.Н.</i><br>СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ<br>МОЩНОСТЬЮ.....                                                                | 250 |
| <i>Кайо О.Н.</i><br>ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ<br>РАНГОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ.....                                 | 251 |
| <i>Репина Т.И., Аль Аджаши Бан Хатем Фалих</i><br>РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ<br>СИСТЕМ.....                                           | 252 |
| <i>Рогов И.В., Гусев А.А., Богометова О.Е.</i><br>АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА СТАЦИОНАРНОЙ<br>СТАДИИ.....                                       | 253 |
| <i>Князев Ю.В., Родионов Д.А.</i><br>СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО<br>МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОМАТЕРИАЛАМИ.....                                    | 254 |
| <i>Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.</i><br>МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ<br>ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....                               | 255 |
| <i>Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.</i><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННАЯ НА<br>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ.....                            | 256 |
| <i>Романенко Н.С., Карпенко И.Е., Кирюпин М.М., Бабкин С.В.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВОМ ВОДЫ.....                                                       | 257 |
| <i>Селянина Е.С., Жуков Н.П.</i><br>ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА ОТ<br>ТЕМПЕРАТУРЫ.....                                               | 259 |
| <i>Решетова А.Д., Желтов А.А.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТА.....                                                                                         | 260 |

|                                                                                                                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>СЕКЦИЯ 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ.....</b>                                                                                                                | <b>261</b> |
| <i>Авдеева М.Ю.</i><br>ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В КОНТЕКСТЕ НЕПРЕРЫВНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ СФЕРЫ<br>ЖКХ.....                                                                   | 261        |
| <i>Аль Аджраш Бан Хатем Фалих, Жеребятъев А.А.</i><br>ГРАФИК НАГРУЗКИ .....                                                                                               | 262        |
| <i>Аль Сраейф Зейнаб Хасан Шантаф, Филатов М.А.</i><br>СОБСТВЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....                                                                          | 263        |
| <i>Ануши М.И., Афиногенова С.Н., Фатьянов С.О.</i><br>АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ .....                                                                 | 264        |
| <i>Белоусов А.С.</i><br>РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА<br>С ОТДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЬ.....                                                                | 265        |
| <i>Бобадевич Д.И., Черемных И.С., Моторина Н.П.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ.....                                                                    | 266        |
| <i>Бортников И. А.</i><br>ВОЗНИКНОВЕНИЕ АВАРИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И СПОСОБЫ ИХ<br>ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ .....                                                      | 267        |
| <i>Висков Н.В., Фирсанов Я.Д., Никитин Д.В.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ АПК.....                                                       | 268        |
| <i>Воронин Д.О</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СТАНЦИЯ ДЛЯ ЗАРЯДКИ<br>ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ НА ОПОРАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ<br>ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ..... | 270        |
| <i>Гладышев А.В.</i><br>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИМЫКАЮЩИХ ИНДУКТОРОВ ДЛЯ НАРЕВА<br>ВАНН ОЦИНКОВАНИЯ.....                                                          | 271        |
| <i>Головин А.Ю.</i><br>АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО -ИНДУКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ .....                                                                                 | 272        |
| <i>Гутенев А.С., Ломов А.С.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....                                                                           | 273        |
| <i>Данилов А.С. Шеманаева Л.И.</i><br>СИСТЕМА КОРРЕКТИРОВКИ ФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКЕ<br>НА ФАЗЫ.....                                                 | 274        |
| <i>Докалина А.А.</i><br>ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ВЕТРОВОЙ<br>ЭНЕРГЕТИКИ .....                                                                | 275        |
| <i>Дробышев М.А., Калинина В.Ф.</i><br>АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ<br>СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ.....                               | 276        |
| <i>Дробышев М.А., Калинин В.Ф.</i><br>МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕКОНТРОЛИРУЕМОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....                                                                 | 278        |

|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Евсеев А.М., Пикалов В.В., Пожидаев А.А., Бойкова А. И.</i><br>СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ<br>ТОКА ДЛЯ DSP TMS320F28035 В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB SIMULINK..... | 279 |
| <i>Ефремов В. В., Зацепина В. И.</i><br>МИНИМИЗАЦИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПУСКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ<br>КОНВЕЙЕРОВ .....                                                                                  | 280 |
| <i>Жеребятъев Д.Н., Киселевич В.Л., Новиков И.А.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ НА РЕЖИМЫ<br>РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                              | 281 |
| <i>Зенченко В.О., Лебедева М.В., Яштулов Н.А.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ ПОРИСТОГО<br>КРЕМНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ.....                      | 282 |
| <i>Зяблов Н.М., Джапарова Д.А., Кочергин С.В.</i><br>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....                                                                                               | 284 |
| <i>Моторина Н.П., Иванов Е.А.</i><br>ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ<br>РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ .....                                                                                | 285 |
| <i>Джапарова Д.А., Кагдин А.Н.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ<br>ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ.....                                                               | 286 |
| <i>Джапарова Д.А., Кагдин А.Н.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ .....                                                                                                    | 288 |
| <i>Кагдин А.Н., Носуров А.В., Корсун А.Р., Сафронов В.И.</i><br>НАДЁЖНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ ШИНОПРОВОДОВ .....                                                                                  | 289 |
| <i>Ким К.К., Ткачук А.А.</i><br>РАЗРАБОТКА ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СО СТАБИЛИЗИРУЮЩИМ ЭФФЕКТОМ<br>ДЛЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....                                                                          | 291 |
| <i>Кобелев А.В., Кагдин А.Н., Носуров А.В., Иванов В.М.</i><br>ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ УДАЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В ЛОПАСТЯХ ВЕТРОВЫХ<br>ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК .....                                                           | 292 |
| <i>Комарова А.А., Виноградов А.В.</i><br>АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-20 КВ.....                                                                                                     | 293 |
| <i>Королев А.П., Лоскутова А.Д.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОВОДЯЩИХ ПОРОШКОВЫХ<br>КОМПОЗИТОВ .....                                                                                   | 294 |
| <i>Коростелев А.Ю., Аль Жавдах Фейзал Тхяб Абед, Аль Рубайе Бакер Салех Махди</i><br>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ ОТ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....                                                          | 295 |
| <i>Кобелев А.В., Кагдин А.Н., Сафронов В.И., Корсун А.Р.</i><br>ТОКОВАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ В ШИНОПРОВОДАХ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ<br>НЕОДНОРОДНОСТЯМИ.....                                                           | 296 |
| <i>Кагдин А.Н., Носуров А.В., Корсун А.Р., Сафронов В.И.</i><br>ТОКОВАЯ РЕАНИМАЦИЯ ДЕФЕКТНЫХ ШИНОПРОВОДОВ.....                                                                                            | 297 |

|                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Корчагин П.Т.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИНВЕРТОРОВ В СИСТЕМАХ<br>ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                                     | 299 |
| <i>Кукишев Д.Ю., Мещерякова В.Н.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НА ПРИМЕРЕ СКАЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ<br>УПРАВЛЕНИЯ .....                                                                          | 300 |
| <i>Курди Салим Хаснави Курди, Попов И.С.</i><br>КАК ЗАРЯДИТЬ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ .....                                                                                                                  | 301 |
| <i>Лебедева М.В., Яштулов Н.А.</i><br>ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ ДЛЯ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ<br>ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....                                                                 | 302 |
| <i>Лукьянов Ю.И.</i><br>СЕЛЕКТИВНОСТЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ 0,38 КВ., С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ<br>АВТОМАТИЧЕСКОГО СЕКЦИОНИРОВАНИЯ И РЕЗЕРВИРОВАНИЯ.....                                            | 303 |
| <i>Макарчук М.В., Лоскутова А.Д., Дутов М.Н.</i><br>ДЕРИВАТОГРАФИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СИНТЕЗИРОВАННЫХ<br>НАНООБЪЕКТОВ .....                                                               | 304 |
| <i>Маклаков В.С., Ростяпин А.С., Филатов М.А.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ<br>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....                         | 305 |
| <i>Мальцев К.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОТЕХНИКИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-ВЫЕЗДНОЙ<br>РАБОТЫ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ<br>РАЙОНАХ.....                         | 306 |
| <i>Бортников И.А., Позднякова В.В.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА В ТАМБОВЕ .....                                                                               | 307 |
| <i>Коростелёв А.Ю.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНОЙ<br>НАГРУЗКОЙ ПРИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ .....                                                         | 309 |
| <i>Митрохин А.Ю.</i><br>АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....                                                                                                                 | 310 |
| <i>Митрохин А.Ю.</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ<br>НАГРУЗКИ .....                                                                                     | 311 |
| <i>Зарандия Ж.А., Иванов Е.А.</i><br>МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                                                  | 312 |
| <i>Зарандия Ж. А.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПОДЪЕМНО-<br>ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН .....                                                                           | 313 |
| <i>Зарандия Ж.А.</i><br>ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....                                                                                                         | 314 |
| <i>Никитина А.М., Юдкин М.А., Маханек Н.О.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ<br>СЕТЕЙ РАЙОНОВ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ НАГРУЗОК: НА ПРИМЕРЕ ТАМБОВСКОЙ<br>ОБЛАСТИ ..... | 316 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Носуров А.В., Корсун А.Р., Сафронов В.И., Зарандия Ж.А.</i><br>ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ШИНОПРОВОДОВ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ<br>ОТВЕРСТИЯМИ .....                        | 316 |
| <i>Пожидаяев А.А., Евсеев А.М., Пикалов В.В.</i><br>СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ СИНХРОННОГО ПРИВОДА МОТАЛКИ СТАНА «2000» ЦГП ПАО<br>«НЛМК» В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB SIMULINK ..... | 318 |
| <i>Позднякова В.В.</i><br>ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....                                                                                    | 319 |
| <i>Бортников И.А., Митрохин А.Ю.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХТАРИФНЫХ СЧЕТЧИКОВ ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ГРАФИКОВ<br>ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК .....                                        | 320 |
| <i>Позднякова В.В.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ<br>РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....                                          | 321 |
| <i>Пономарев А.П., Зацепин Е.П.</i><br>КОМБИНИРОВАНИЕ ЗАДАЧ РЕГУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ<br>СТАТИЧЕСКИМИ ТИРИСТОРНЫМИ КОМПЕНСАТОРАМИ .....                         | 323 |
| <i>Жеребятьев А.А., Киреева О.Ю.</i><br>РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ САМОРЕГУЛИРУЕМОГО ПОЗИСТОРНОГО<br>ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ГРУНТА.....                                      | 324 |
| <i>Похунков А.А., Кобозев А.П., Глазова А.В.</i><br>ЭЛЕКТРООБОГРЕВ ГРУНТА В ТЕПЛИЦЕ.....                                                                                  | 325 |
| <i>Похунков А.А., Юшина З. Е., Воронина И.А.</i><br>ЭЛЕКТРООБОГРЕВ ГРУНТА В ТЕПЛИЦЕ.....                                                                                  | 326 |
| <i>Пустовалов Д.В.</i><br>ПОВРЕЖДЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДНИКОВ .....                                                                                                          | 327 |
| <i>Решетов А.А.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ.....                                                                                          | 328 |
| <i>Родионов В.С. Илларионов Е.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ.....                                                         | 330 |
| <i>Родионов Д.А. Кузнецова Н.А. Висков Е.Е. Ромашкина Л.В.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ.....                                         | 331 |
| <i>Родионов В.С. Тепанян К.В.</i><br>КОМБИНИРОВАННЫЙ ЦИКЛ НА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ В ТУРКМЕНИСТАНЕ<br>И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ....                  | 332 |
| <i>Романенко А.М.</i><br>АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА — КЛЮЧЕВОЙ СЕКТОР ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ<br>СЕГОДНЯ И ЗАВТРА.....                                                           | 333 |
| <i>Ростяпин А.С., Маклаков В.С.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНДЕСАТОРНЫХ УСТАНОВОК<br>В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                | 334 |
| <i>Саксонов А.С.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЯ<br>35-220 КВ .....                                                               | 335 |

|                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Селезнев Е.С</i><br>ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ВЫШЕ<br>1 КВ.....                                                                                                                                          | 336 |
| <i>Семюхин И.А., Бабкин В.А., Буяк В.Л.</i><br>МОДЕРНИЗАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НА ЭЛЕКТРОВОЗАХ.....                                                                                                                             | 337 |
| <i>Серов М.Ю., Князев И.С., Моторина Н.П.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИВОДА КАЛИБРУЮЩЕГО БЛОКА<br>СПЦ-2 ОАО ОЭМК.....                                                                                                       | 338 |
| <i>Синюков А.В. Синюкова Т.В.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРАМИ.....                                                                                                                                                   | 339 |
| <i>Синюков А.В., Синюкова Т.В.</i><br>НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....                                                                                                                                                                   | 340 |
| <i>Синюкова Т.В. Синюков А.В.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЗАЩИТА ОТ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО<br>ЗАМЫКАНИЯ НА ГЛАВНЫХ Понижительных ПОДСТАНЦИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ<br>ПРЕДПРИЯТИЙ.....                                                   | 340 |
| <i>Солдатов А.В</i><br>ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....                                                                                                                                                                       | 341 |
| <i>Сопов А.И.</i><br>СИСТЕМА ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО ТЕПЛА СИЛОВЫХ<br>ТРАНСФОРМАТОРОВ .....                                                                                                                                          | 342 |
| <i>Чернышов В.А., Тарабанов И.И.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУСКУЛЬНОЙ СИЛЫ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ<br>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СООРУЖЕНИЯХ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО<br>НАЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОРО ОГ ФСО «ЮНОСТЬ РОССИИ» (Г. ОРЛ)..... | 344 |
| <i>Тепанян К.В., Дробышев М.А., Попов И.С.</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ<br>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....                                                                                         | 345 |
| <i>Терехова А.А., Игорь А.Д.</i><br>СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ТОКОСЪЕМНЫХ ЩЕТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С<br>ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК.....                                                                                                          | 347 |
| <i>Трушин А.П., Киселевич В.Л.</i><br>ПРЕВОСХОДСТВО ТИРИСТОРНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА<br>ПЕРЕД СУЩЕСТВУЮЩИМИ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИМИ АВР НА ПОДСТАНЦИЯХ С<br>ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ.....                                     | 348 |
| <i>Трушин А.П. , Кобелев А.В., Филатов М.А.</i><br>ПРИИМУЩЕСТВА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ .....                                                                                                                       | 349 |
| <i>Трушин А.П., Новиков И.А., Ретина Т.И.</i><br>УПРОЩЕНИЯ, ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ<br>ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ .....                                                                                       | 350 |
| <i>Аль Фадхли Мохаммед Сауд Али, Жеребятьев Д.Н.</i><br>СЕЛЬСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ КАК СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ<br>НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                                 | 351 |

|                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Федосова Е.О., Федяева А.Е.</i><br>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОТ НЕСИММЕТРИИ РЕЖИМА<br>В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ .....                                                                                  | 352 |
| <i>Федосова Е.О., Федяева А.Е.</i><br>РАЗНООБРАЗИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С<br>НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКОЙ.....                                                                                         | 353 |
| <i>Федяева А.Е., Федосова Е.О.</i><br>НЕСИММЕТРИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                                                                          | 354 |
| <i>Чернышов В.А., Печагин Е.А.</i><br>ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ<br>НЕЙТРАЛЬЮ .....                                                                                                  | 355 |
| <i>Числаш Д.С., Числаш Е.С.</i><br>ТИП ПРИМЕНЯЕМОГО ГЕНЕРАТОРА В АЭРОГЭС .....                                                                                                                                          | 356 |
| <i>Числаш Д.С., Числаш Е.С.</i><br>РАБОТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ.....                                                                                                                                | 357 |
| <i>Чурилин О.Н., Данилова С.Н.</i><br>СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПЕРЕДАТЧИКА С OFDM МОДУЛЯЦИЕЙ .....                                                                                                                | 359 |
| <i>Шахнин В.А., Подачников А.В.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ<br>ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЭНЕРГОАУДИТЕ .....                                                                                 | 360 |
| <i>Шведко В. И., Гурьянов Д. В.</i><br>АВТОМАТИЗАЦИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ<br>ПРОГРАММЫ CODESYS .....                                                                                         | 360 |
| <i>Штиганович А.Н., Морковин А.И.</i><br>БЕЗОТКАЗНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                                                                                    | 362 |
| <i>Штиганович А.Н., Трубицин Д.Ю.</i><br>ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОТ ВЛИЯНИЯ РЕМОНТНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО<br>ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ.....                                                                      | 363 |
| <i>Юшина З.Е.</i><br>АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-<br>ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ<br>ЯВЛЕНИЙ НА ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ. .... | 364 |
| <i>Юшина З.Е., Похунков А.А.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ВЛ 220-500КВ И<br>ПРИМЕНЕНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИХ ВЫЯВЛЕНИИ.....                                                               | 365 |
| <i>Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Самойлов В.М.*</i><br>БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НАНОЧАСТИЦЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ НА<br>ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТРИЦАХ-НОСИТЕЛЯХ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....                                              | 366 |
| <i>Авдеева М.Ю., Кулешов А.О., Коростелев А.Ю.</i><br>ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИЙ В СФЕРУ ЖКХ .....                                                                                                                             | 367 |
| <i>Аль Сумармад Хайзаран Абдулхуссейн Сачит, Е.В. Илларионов</i><br>БИОГАЗ – АЛЬТЕРНАТИВА ПРИРОДНОМУ ГАЗУ .....                                                                                                         | 368 |
| <i>Аль Шахери Аммар Муса, Иванов С.Е.</i><br>ЛИНЕЙНЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ.....                                                                                                       | 369 |

|                                                                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Астапов А.Ю., Мухомтов Н.М., Кейзер А.В.</i><br>АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ КОРПУСА ЗДАНИЯ<br>ВНИИС ИМ. И.В. МИЧУРИНА.....                 | 370        |
| <i>Большев В. Е., Виноградов А. В.</i><br>ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПОСВЯЩЕННЫХ ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....                  | 372        |
| <i>Васильев С.С., Шаповалов С.В.</i><br>ВЛИЯНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ НА РАБОТУ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ АВАРИЙНЫХ<br>РЕЖИМАХ.....                                  | 373        |
| <i>Никитина А.М.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ: НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ<br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ» ..... | 374        |
| <i>Шакина Л.Н.</i><br>СОКРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВЛ-10 КВ С ПРИМЕНЕНИЕМ<br>СЕКЦИОНИРУЮЩИХ ПУНКТОВ.....                                                 | 375        |
| <i>Гундяева Ю.А., Шапков И.В., Родионов Д.А.</i><br>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ.....                                                 | 376        |
| <i>Кодиров Д.Б., Юсупов Д.Т.</i><br>РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ МИКРО-ГЭС .....                                                    | 377        |
| <i>Андрианов Д. П.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С УЧЕТОМ<br>НЕСТАБИЛЬНОСТИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА .....                        | 378        |
| <i>Кошеваров Н.И.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА<br>МЕХАНИЗМОВ, ПЕРЕМЕЩАЮЩИХ ГИБКОПОДВЕШАННЫЙ ГРУЗ .....                    | 380        |
| <b>СЕКЦИЯ 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ<br/>СИСТЕМАХ.....</b>                                                                      | <b>381</b> |
| <i>Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В., Шаталов М.А.</i><br>ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА<br>ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....        | 381        |
| <i>Березина Н.В. Мохначев В.Д. Рыбышенков А.С.</i><br>ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГОРЯЧЕЕ<br>ВОДОСНАБЖЕНИЕ .....                      | 382        |
| <i>Бударин А.А., Ананьев А.А., Барисулин С.Н.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ<br>ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК..... | 383        |
| <i>Буторин П.С., Григорьев П.В.</i><br>СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ В АВТОБУСНОМ ТРАНСПОРТЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ<br>«ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» .....                            | 384        |
| <i>Буторин П.С., Журавлева Л.В., Милешин С.А.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ PHYSICAL WEB В КОНЦЕПЦИИ УМНОГО ГОРОДА.....                                                  | 386        |
| <i>Ванин В.А., Колодин А.Н., Фидаров В.Х.</i><br>СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С<br>ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ .....     | 387        |



*Ванин В.А., Родина А.А.*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СТАНКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЕЙ ..... 388

*Григорьев П.В., Власов А.И.*

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОБЪЕМА РЫНКА СИСТЕМ НА БАЗЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ И ЕГО ДИНАМИКА ..... 389

*Власов А.К., Максимов Ю.П.*

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ  
СИСТЕМАМИ ..... 390

*Выболдин Ю. К.*

ВЛИЯНИЕ МЕЖСИМВОЛЬНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЕМА  
СИГНАЛОВ С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ..... 391

*Высочкин А.В., Кокин В.В., Аунг Чжо Мьо*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСУТП В ЭНЕРГЕТИКЕ ..... 392

*Гаврилин В.А. Захаров А.Н. Рябышенков А.С.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ  
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ..... 394

*Гостохов З.А.*

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ..... 395

*Грунтович Н.В. (1), Кирдищев Д.В.*

ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА  
РАБОТАЮЩЕМ ДВИГАТЕЛЕ ..... 396

*Грунтович Н.В. (1), Колесников П.М.*

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ  
ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ..... 397

*Грунтович Н.В., Мороз Д.Р.*

АНАЛИЗ ГОДОВЫХ РЕЖИМОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ..... 399

*Грунтович Н.В., Шенец Е.Л.*

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХОЖИХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ  
ВНЕДРЕНИИ ОДНОГО И ТОГО ЖЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ ..... 400

*Гурина Р.В., Васильев С.А., Мальцев П.И.*

МЕТОД РАНГОВОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ЭНЕРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ..... 402

*Еранцева Е.С.*

МЕТОДИКА ОБУЧАЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОМ  
ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ..... 403

*Ермаков И.С.*

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА РЕЗЦА ПО КРИТЕРИЮ СТОЙКОСТИ  
ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ..... 404

*Ефремов Р.А.*

МЕТОД ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ  
С МОДУЛЯЦИЕЙ СМЕНОЙ СТРУКТУРЫ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА ..... 405

*Жуковец С.Г.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ..... 407

|                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Зацепин Е.П., Шачнева Ю.П.</i><br>АНАЛИЗ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАБЕЛЬНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ OVM-3 .....                                                                                                         | 408 |
| <i>Ковылин А.В.</i><br>ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО<br>КОНТРОЛЯ.....                                                                                                     | 410 |
| <i>Высочкин А.В., Портнов Е.М., Кокин В.В.</i><br>К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АСУТП В ЭНЕРГЕТИКЕ .....                                                                                                         | 411 |
| <i>Kosach A.A., Kovshov E.E.</i><br>REMOTE MONITORING OF ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS PRODUCTS IN AN EFFICIENT<br>AUTOMATED TECHNICAL SYSTEM.....                                                               | 412 |
| <i>Кузьмина В.В., Николаев Н.А, Селивестров Д.В.</i><br>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ<br>СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ<br>ЗДАНИЯХ. .... | 413 |
| <i>Литвицкая А.В.</i><br>ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ.....                                                                                                                | 414 |
| <i>Матвеев И.В.</i><br>ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-<br>ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ.....                                                                                     | 415 |
| <i>Мишанов Р.О.</i><br>ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ДИОДОВ .....                                                                                                                                  | 416 |
| <i>Мороз Д.Р., Капанский А.А.</i><br>РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА ПО СТРУКТУРНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ<br>РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ .....                                                                | 416 |
| <i>Мороз Д.Р., Шенец Е.Л.</i><br>СПОСОБ ОЦЕНКИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО<br>СТЕКЛА .....                                                                                           | 418 |
| <i>Назаров А.А.</i><br>РАДИОМОДЕМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....                                                                                                             | 419 |
| <i>Обухова Н.Н.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СИСТЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК<br>СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.....                                                                                    | 420 |
| <i>Овакимян Д. Н.</i><br>СИСТЕМА УЧЕТА ДАННЫХ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ .....                                                                                                          | 421 |
| <i>Печенкин Д.В.</i><br>ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ<br>КАК МОНОЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....                                                                                     | 422 |
| <i>Пономарев С.В., Буланова В.О., Дивин А.Г., Буланов Е.В.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ<br>МАТЕРИАЛОВ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ.....             | 423 |
| <i>Портнов Е.М., Каунг Сан, Чжо Зин Лин, Аунг Чжо Мьо</i><br>СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ АВАРИЙНЫХ КАНАЛОВ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ .....                                                                            | 425 |

|                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Сулеев А.А., Москвитин С.П.</i><br>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ИИС КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЛОИСТЫХ<br>ТОКОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ.....                        | 426 |
| <i>Семенов Д.Д., Коробов А.А., Глинкин Е.И.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ.....                                                                                        | 428 |
| <i>Скобло Т.С., Романюк С.П., Мальцев Т.В.</i><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИКО - МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНОЙ<br>НЕОДНОРОДНОСТИ ДЕТАЛЕЙ .....                        | 429 |
| <i>Сулеев А.А., Москвитин С.П.</i><br>РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ<br>ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ С НЕПРЕРЫВНЫМ КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА..... | 430 |
| <i>Тихомиров И.Н., Белокуров А.Е.</i><br>МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКАХ ПИТАНИЯ .....                                                                            | 431 |
| <i>Федюнин Д.П., Федюнин П.А.</i><br>СВЧ УСТРОЙСТВО ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ<br>АВИАЦИОННЫХ ЖИДКИХ СРЕД.....                                             | 433 |
| <i>Шелохвостов В.П.</i><br>МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ<br>НАНОКОМПОНЕНТОВ В НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ.....      | 434 |
| <i>Ярмизина А.Ю.</i><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОКРЫТИЙ.....                                                                                                            | 435 |
| <i>Ярмизина А.Ю., Попов В.Д.</i><br>СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА<br>ПОЛИМЕРНО - МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ .....                                                        | 437 |
| <i>Деулин Б.И.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ АКТИВНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА<br>ЭПОКСИДНЫХ СМОЛАХ АКТИВИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЯМИ .....                                         | 438 |
| <i>Семенов Д.Д.</i><br>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И<br>ТЕМПЕРАТУРЫ ОДНИМ ДАТЧИКОМ.....                                                        | 439 |
| <i>Чернышов В.Н., Ушаков А.В.</i><br>МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНООБЪЕКТОВ В<br>АМОРФНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТАХ.....               | 440 |
| <i>Андрианов В.В., Безрядин В.А.</i><br>ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ<br>НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОКОНТРОЛЯ В ВВС .....      | 441 |
| <i>Андрианов В.В., Безрядин В.А.</i><br>РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ОЦЕНКИ ОПЕРАТИВНОСТИ РАДИОКОНТРОЛЯ В ВВС .....                                                                  | 442 |
| <i>Анохин В.В., Афанасьев А.Д., Головченко Е.В.</i><br>СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАКЕТОВ В ЦИФРОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ С НЕОДНОРОДНОЙ<br>ТОРОИДАЛЬНОЙ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ.....       | 443 |
| <i>Богатов Н.М., Богатова А.Н., Сухих С.А.</i><br>КОНТРОЛЬ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ ТЕПЛОВИЗИОННЫМ<br>МЕТОДОМ.....                                                  | 444 |

|                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Ивануткин А.Г., Горючкин Е.А.</i><br>ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ<br>ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....                 | 445        |
| <i>Жукова Н.Ю.</i><br>КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....                                                                                     | 446        |
| <i>Нури А. Н.</i><br>СВЕТОДИОД КАК ДАТЧИК ОСВЕЩЕННОСТИ .....                                                                                          | 447        |
| <i>Петров Д. А.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ В-СКАНОВ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ.....                                                                  | 449        |
| <i>Баранов Р.А., Федюнин П.А., Захаров Д.В.</i><br>АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ УЗЛОВ<br>СВЯЗИ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ..... | 450        |
| <i>Бозриков В.С.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА БОРТОВУЮ<br>РАИОЭЛЕКТРОННУЮ АППАРАТУРУ .....                              | 451        |
| <b>СЕКЦИЯ 5. ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ .....</b>                                                                                             | <b>452</b> |
| <i>Абуладзе О.К., Сергеева Ю.Б.</i><br>РАЗРАБОТКА СПОСОБА НЕИНВАЗИВНОГО<br>ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ .....                             | 452        |
| <i>Агафонова Н.И., Фролова Т.А.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ.....                                                            | 453        |
| <i>Агафонова Н.И.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНАЛИТИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ.....                                                                                  | 454        |
| <i>Алибаев Б.Т.</i><br>УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВОК.....                                                       | 455        |
| <i>Андрианов Д.И.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИИ .....                                                     | 456        |
| <i>Бабашкина А.П.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ<br>ФИЗИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА .....                                    | 457        |
| <i>Боброва Ю.О.</i><br>УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПЛОДА ПРИ<br>МНОГОПЛОДНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ .....                                      | 458        |
| <i>Бодин О.Н. Убиенных Г.Ф. Убиенных А.Г. Полосин В.Г.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕРДЦЕ<br>ЧЕЛОВЕКА.....           | 459        |
| <i>Болдырев Д.В.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ОБЛАСТИ ЛАБОРАТОРНОЙ<br>МЕДИЦИНЫ .....                                         | 460        |
| <i>Бондаренко И.С.</i><br>МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ В РАМКАХ СИСТЕМЫ<br>ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ.....                | 461        |
| <i>Васильева Я.М., Лаврентьев Б.Ф.</i><br>ГОРОД ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ.....                                                                                      | 462        |

|                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Венцеров Н.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ.....                                                                                                                  | 463 |
| <i>Гладышева Ю.А.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНА .....                                                                                                   | 464 |
| <i>Горайнов Р.Ю., Говорухина Т.Н.</i><br>АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ<br>СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЕ СИСТЕМЫ<br>ДЫХАНИЯ..... | 465 |
| <i>Долгов Е.П.</i><br>ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ЦЕНОВЫЕ ПРОГНОЗЫ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ<br>ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ .....                                                                   | 466 |
| <i>Егорова Е.А. Лисицын А.С. Строев В.М.</i><br>СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ СОСУДОВ.....                                                                                | 467 |
| <i>Егошин М.А., Белова А.Е.</i><br>БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЭНДОКРИННОЙ ОФТАЛЬМОПАТИИ ПО<br>ОЦЕНКЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ЭКЗОФТАЛЬМА .....                                              | 468 |
| <i>Егошина И.Л., Кожухарь Б. В.</i><br>ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ АНГИОПУЛЬМОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТА<br>СЕЛЕКТИВНОГО ТРОМБОЛИЗИСА .....                                                      | 470 |
| <i>Живолупова Ю.А.</i><br>УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ФЕТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ .....                                                                                                       | 471 |
| <i>Жилина И.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИАДИНАМОТЕРАПИИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА СНИМ-1 .....                                                                                             | 472 |
| <i>Зубарев Д.А.</i><br>СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТОКИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ<br>ПРИ КОНКРЕМЕНТАХ МОЧЕТОЧНИКА.....                                                                | 473 |
| <i>Зубарев Д.А.</i><br>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ<br>НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ.....                                                                            | 474 |
| <i>Карпенко Ф.Е.</i><br>ТОЖДЕСТВЕННОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ<br>АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....                                                                   | 475 |
| <i>Карпенко Ф.Е., Фролова Т.А.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ В ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ .....                                                                                                   | 476 |
| <i>Качкынчиев Р.Р.</i><br>МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ<br>ИЗОБРАЖЕНИЯХ.....                                                                             | 477 |
| <i>Косарева А.А.</i><br>ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИИ НА ВНУТРИУТРОБНОЕ ЗДОРОВЬЕ ПЛОДА.....                                                                                                           | 478 |
| <i>Кузнецов А.А.,</i><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ СВЯЗЬ ОРГАНИЗМА С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ.....                                                                                                            | 479 |
| <i>Кузнецов А.А.</i><br>СИСТЕМНАЯ РОЛЬ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ СТИМУЛА.....                                                                                                             | 480 |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Куликов Р.А., Фролов С.В.</i><br>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ .....                                                    | 481 |
| <i>Лаврентьев Б.Ф.</i><br>МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ЗРЕНИЯ .....                                                           | 482 |
| <i>Лавринов А.В., Недосекин В.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ .....                                      | 483 |
| <i>Лебедева А.А. Лаврентьев Б.Ф.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ В ПЧЕЛОВОДСТВЕ .....                                                      | 484 |
| <i>Леньшин С.Г.</i><br>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПО НЕВЕРБАЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ .....                     | 485 |
| <i>Лисицын А.С., Егорова Е.А., Строев В.М.</i><br>СПОСОБ ИНФРАКРАСНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОДКОЖНЫХ ВЕН .....                                     | 487 |
| <i>Лунгина А.А., Курганский А.В.</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ ВИБРИРУЮЩИМ ДАТЧИКОМ .....                   | 488 |
| <i>Ляхова Е.К., Сулягина А.Д.</i><br>СИСТЕМА ДОМАШНЕГО МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....                                            | 489 |
| <i>Макеева Ю.А.</i><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВОТОКА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ЦВЕТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ .....             | 490 |
| <i>Маслов А.А.</i><br>ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ ЗРЕНИЯ .....                                                              | 491 |
| <i>Медведева А.В.</i><br>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ .....                                       | 492 |
| <i>Мещеряков А.Г.</i><br>ОЧИСТКА БИОТОПЛИВА ОТ ОСТАТКОВ КАТАЛИЗАТОРА .....                                                                 | 493 |
| <i>Мещеряков А.А.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЕНТГЕНОЛОГИИ .....                                                                | 494 |
| <i>Милютин А.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДА ГЕМОДИАЛИЗА .....                                                                       | 496 |
| <i>Михина А.В.</i><br>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ .....                                                                | 497 |
| <i>Мищенко А.А.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ЛЖИ .....                                                    | 498 |
| <i>Мухатаев Ю.Б.</i><br>ДИНАМИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БИОИМПЕДАНСА НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В БИОМАТЕРИАЛАХ ..... | 499 |
| <i>Нагайцева Я.А.</i><br>ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ С АДАПТИВНЫМ ШУМОПОДАВЛЕНИЕМ .....                                        | 500 |

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Нгуен Ч.Т.</i><br>СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОНЛАЙН ВЫЯВЛЕНИЯ ЭПИЗОДОВ<br>ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ .....                                             | 501 |
| <i>Нгуен Мау Тхач</i><br>ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ<br>ЭЛЕКТРОКАРДИОСИНАЛА НА БАЗЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ АЛГОРИТМОВ .....                      | 502 |
| <i>Неверов Н.А.</i><br>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ<br>ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ СЕРДЦЕМ.....                           | 504 |
| <i>Недосекин В.В., Лавринов А.В.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ .....                                                                    | 505 |
| <i>Непрокин А.В., Горбунов А.В.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЕМКОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА .....                                                     | 506 |
| <i>Позин А.О.</i><br>МЕТОД СИНТЕЗА ТРЕХУРОВНЕВОЙ НЕЧЕТКОЙ СЕТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ<br>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО<br>КОМПЛЕКСА..... | 507 |
| <i>Пустозеров Е.А.</i><br>ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ<br>ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ .....                           | 508 |
| <i>Рухлова Е.А., Глинкин Е.И.</i><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИБРОВКИ ИМПЕДАНСА БИООБЪЕКТОВ.....                                                                      | 509 |
| <i>Ряшенцева А.Н.</i><br>КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКГ .....                                                                                                 | 510 |
| <i>Савинова К.С., Чиквето Ф.</i><br>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ.....                                                                     | 511 |
| <i>Скворцов Н.А.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СТОМАТОЛОГИИ.....                                                                | 512 |
| <i>Скоробогатова А.И., Анисимов А.А.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....                                             | 513 |
| <i>Сладкова И.А.</i><br>УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ АППАРАТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....                                                                                         | 514 |
| <i>Созинова А.М.</i><br>ЭЛЕКТРОФОРЕЗ НАНОЧАСТИЦ.....                                                                                                          | 515 |
| <i>Соловьев М.Н.</i><br>АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА<br>С ПОМОЩЬЮ ДВУХЧАСТОТНОЙ БИОИМЕДАНСОМЕТРИИ .....                      | 516 |
| <i>Соловьев М.Н.</i><br>АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА .....                                                                 | 517 |
| <i>Старовойтова А.С., Онищук С.А.</i><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРДИОИМПУЛЬСА ПАЦИЕНТА С БЛОКАДОЙ<br>ЛЕВОЙ НОЖКИ ПУЧКА ГИСА .....                      | 518 |

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Старцев Е.А.</i><br>СИНТЕЗ КЛАССИФИКАТОРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ<br>НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТА И НЕЙРОСЕТЕВОГО<br>МОДЕЛИРОВАНИЯ .....             | 519 |
| <i>Степина А.Ю.</i><br>ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ В<br>МИРЕ .....                                                                                  | 520 |
| <i>Судаков Д.Е. Дубровин В.В.</i><br>МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ<br>НЕЙРОННОЙ СЕТИ .....                                                            | 521 |
| <i>Сулова Ю.В.</i><br>ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОСКОПИИ .....                                                                                                             | 523 |
| <i>Сулова Ю.В. , Швырева К.Е.</i><br>СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОСКОПИИ .....                                                                                              | 524 |
| <i>Сутягина А.Д., Ляхова Е.К.</i><br>НОСИМОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....                                                                                        | 525 |
| <i>Сюксина Т.С.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ДИАГНОСТИКИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....                                                                                                             | 526 |
| <i>Тальянский И.Э.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ.....                                                                                                         | 527 |
| <i>Николаев А.А.</i><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ .....                                                                                                    | 528 |
| <i>Тихонов Э.П., Нгуен Мау Тхач</i><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ<br>НА БАЗЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЛГОРИТМОВ ФРАГМЕНТАЦИИ<br>ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ ..... | 530 |
| <i>Томашевич Д.А</i><br>РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗОМ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ .....                                                                                                     | 531 |
| <i>Трубиенко А. А., Ветров А.Н.</i><br>МЕТОД МОНИТОРИНГА ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИСТУПОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ .....                                                                               | 532 |
| <i>Тымчук Т.М.</i><br>ПРИМЕНЕНИЕ КСЕНОНА В МЕДИЦИНЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ.....                                                                                                    | 533 |
| <i>Филатов М.В.</i><br>ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ХИРУРГИИ .....                                                                                                                                     | 534 |
| <i>Фролов С.В., Коробов А.А., Алиев Н.Э., Коновалова К.Н.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ .....                                                       | 535 |
| <i>Чан Чонг Хыу</i><br>АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА .....                                                                                           | 536 |
| <i>Чан Чонг Хыу</i><br>АЛГОРИТМ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА<br>В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....                                                                       | 537 |
| <i>Черешнев В.О.</i><br>ЭНДОСКОПИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ .....                                                                                                                                     | 539 |



|                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Чипунгу М.Г.</i><br>ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ .....                                                                                                                                                     | 540 |
| <i>Чипунгу М.Г., Дубровин В.В.</i><br>МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ<br>НЕЙРОННОЙ СЕТИ .....                                                                                                      | 540 |
| <i>Чуксин А.А.</i><br>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....                                                                                                                                                     | 542 |
| <i>Шавишина А.В.</i><br>ЭКОМОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОСРЕДСТВОМ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ<br>БИОТЕСТОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ХЕМОТАКСИСА ИНФУЗОРИЙ .....                                                                                     | 543 |
| <i>Швырева К. Е., Суслова Ю.В., Глинкин Е.И.</i><br>ОЦЕНКА СИСТОЛИЧЕСКОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ<br>КРИТЕРИЮ .....                                                                                                 | 544 |
| <i>Шихкайбова Ю.Э., Швырева К.Е., Потлов А.Ю.</i><br>УСТРОЙСТВА КОРРЕКЦИИ РЕЧИ .....                                                                                                                                               | 545 |
| <i>Эгамбердыев Р.А.</i><br>РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАРКОЗНО-<br>ДЫХАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ .....                                                                                                               | 546 |
| <i>Юрьева А.Ю.</i><br>ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПЕРЕДАЧИ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ<br>КОНТУРЕ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ .....                                                                                                        | 547 |
| <i>Бабашкина А.П.</i><br>СОВРЕМЕННАЯ ЭНДОСКОПИЯ .....                                                                                                                                                                              | 549 |
| <i>Номан Х.М., Авад Амин А.Н., Али Е. А.</i><br>РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ<br>АНТИСЕПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ .....                                                                                         | 550 |
| <i>Кускова Н.А., Проскурин С.Г.</i><br>СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ ПЛАЗМОДИЯ<br><i>PHYSARUM POLYCEPHALUM</i> .....                                                                                           | 551 |
| <i>Лавринов А.В., Недосекин В.В.</i><br>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....                                                                                                                                 | 552 |
| <i>Семенова Е.А.</i><br>РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО<br>ДОСТУПА В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ХИРУРГА ЭКСТРЕННОЙ<br>ПОМОЩИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОСТРАДАВШИХ С ТЯЖЕЛЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕЧЕНИ ..... | 554 |
| <i>Павлова О.А.</i><br>ТОНОМЕТР КАК ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ВЫСОКОТОЧНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ<br>ТЕХНИКИ .....                                                                                                                          | 555 |
| <i>Косенок Н.Ю.</i><br>СИСТЕМА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ .....                                                                                                                                                    | 556 |

**ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО**  
**ректора ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный**  
**технический университет»**  
**Михаила Николаевича Краснянского**

Уважаемые участники и гости IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов "Энергосбережение и эффективность в технических системах"!

Позвольте приветствовать вас в стенах Тамбовского государственного технического университета.

Сегодняшняя конференция является традиционной для нашего университета, она проводится с 2014 года и ежегодно поддерживается Российским фондом фундаментальных исследований.

В этом зале сегодня присутствуют представители городов России: Москвы и Подмосковья, Липецка, Воронежа, Саратова, Владимира, Белгорода, Орла, Рязани, а также стран ближнего и дальнего зарубежья: Италии, Испании, Германии, Белоруссии, Украины.

Для участия в конференции представлены более 400 докладов, обширна география участников из вузов России, заявивших результаты своих исследований на сегодняшнюю конференцию. Отрадно, что большинство представленных докладов являются результатами научных работ, выполненных в рамках конкурсов, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований.

В числе Российских вузов-участников конференции представлены постоянные партнеры нашего университета в научной и образовательной деятельности: Московский государственный технический университет им. Баумана, Государственный университет «Дубна» (г. Дубна, Московской области), Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва), Воронежский государственный технический университет, Липецкий государственный технический университет и многие другие.

Направление международной научной деятельности Тамбовский государственный технический университет развивает партнерские отношения с различными международными организациями. Так на протяжении 14 лет университет г. Генуи является одним из значимых партнеров нашего университета. За время сотрудничества реализовано 6 совместных проектов, тематика которых включает такие актуальные вопросы как стратегическое планирование и управление в университете, энергосбережение, экологический контроль и другие. Мы рады приветствовать участников конференции – ученых этого прекрасного университета г. Генуи.

Также мы приветствуем представителей университета г. Мюнхена, многолетнее партнерское сотрудничество с которым в области эффективных биомедицинских технологий дает значимый результат.

Сегодня мы искренне рады встрече с учеными из университета г. Аликанте (Испания), партнерами из Белоруссии и Луганской народной республики (Украина).

В заключении хочется выразить уверенность, что проведение IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов "Энергосбережение и эффективность в технических системах" послужит созданию необходимых условий для начинающих исследователей и опытных ученых России, ближнего и дальнего зарубежья для научного обмена опытом в области эффективного использования энергетических ресурсов; построения эффективных систем преобразования, переработки, передачи и хранения энергии; разработки энергосберегающих технологий для широкого класса технических систем, а также перспектив развития и внедрения современных технологий энергосбережения и оборудования в производство и научно-исследовательскую деятельность.

Желаю участникам конференции плодотворных контактов, успешного осуществления планов, удачи во всех начинаниях!

*Крюков Ю.А., Сахаров Ю.С.*

### **ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ И СИГНАЛИЗАЦИИ**

В последнее десятилетие развитие инфраструктуры публичных сетей связи проходило под девизом внедрения технологий широкополосного доступа. Чаще всего под этим термином понимается внедрение таких технологий, как ADSL—эксплуатация унаследованных медных линий аналоговой телефонии, FTTx— строительство высокоскоростных оптоволоконных коммуникаций и DOCSIS – развитие сервисов передачи данных на базе сетей кабельного телевидения. При этом в области территориально-распределенных сетей технологии на основе оптоволоконной кабельной системы FTTx, обладая значительным запасом производительности, получили наибольшую популярность, постепенно вытеснив конкурентные системы с медным кабелем. И это не удивительно, поскольку новые многочисленные сетевые сервисы становятся все более требовательными к пропускной способности и надежности линий связи. Пользователи Интернет, используя, например, сервисы видео-потреблению, уже не хотят слышать о зависимости качества получаемых услуг от расстояния до телефонной станции. Унаследованные от аналоговой телефонии и телевидения кабельные системы с относительно узкой полосой пропускания, несмотря на принадлежность к категории систем широкополосного доступа, сегодня фактически работают на пределе собственных возможностей.

Оптоволоконные магистрали имеют существенный запас по наращиванию производительности, а широкое их внедрение обеспечивает устойчивую тенденцию снижения стоимости создаваемых оптических коммуникаций. В результате, наибольшую коммерческую привлекательность для нового строительства имеют технологии коммутируемого оптоволоконного Ethernet и пассивных оптоволоконных сетей (PON). Большинство операторов связи определились с собственными приоритетами и приступили к строительству оптоволоконной сетевой инфраструктуры. При этом часто прослеживается логика принятия решения провайдером. Например, операторы, обслуживающие корпоративные локальные сети, останавливаются на хорошо известных им технологиях коммутируемого Ethernet, операторы же кабельного телевидения предпочитают модернизацию сетевых сегментов с применением технологии пассивных оптоволоконных сетей (PON). Именно эти две технологии являются прямыми конкурентами за лояльность своих пользователей.

Технология PON разрабатывалась для решения проблемы снижения доли активного оборудования, необходимого для развертывания территориально-распределенных сетей, снижения стоимости обслуживания сетевой инфраструктуры для провайдера. Действительно, уменьшение количества активных узлов в сети существенно увеличивает вероятность доставки пакетов данных до адресата. Однако, непереносимым условием получения и обработки потока данных на стороне пользователя является наличие здесь активного оборудования и необходимость его электропитания. Таким образом, исключение активного оборудования в десятках опорных точек традиционной локальной сети (например, Ethernet) приводит к необходимости поддержки электропитания в сотнях и тысячах мест установки оконечного оборудования пользователей. Такой подход фактически перекладывает ответственность провайдера за временные перерывы в работе сети, связанные с отсутствием электропитания, на пользователя, у которого при отсутствии электричества в квартире все равно нет никакой возможности воспользоваться своей бытовой техникой. Однако, опыт эксплуатации сетей масштаба города показывает, что наименее надежным является именно местное электропитание, а оснащение квартир источниками бесперебойного электропитания не представляется экономически целесообразным ввиду их большого количества. С другой стороны, пользователь не будет требовать от провайдера исполнения обязательств по бесперебойной работе сети, ведь взаимосвязь отказов в работе сети и отсутствием «света» в квартире для него очевидна.

При этом в сетях PON интеграция всех возможных сервисов в одном устройстве пользователя приводит к фатальным последствиям. В случае неисправности местных сетей электроснабжения не работает сразу всё: телефон, телевизор, интернет, домофон, сигнализация, диспетчеризация... Надежность местного электропитания становится жизненно важным фактором, неразрывно связанным с возможностью вызвать скорую и пожарную, диспетчерскую из «застывшего» лифта, получить срочное сообщение от ГОиЧС посредством телевизионного канала.

Существующая альтернатива - создание городской магистральной сети на основе традиционного оборудования Ethernet также имеет отрицательные стороны. Например, строительство распределенной сети на основе

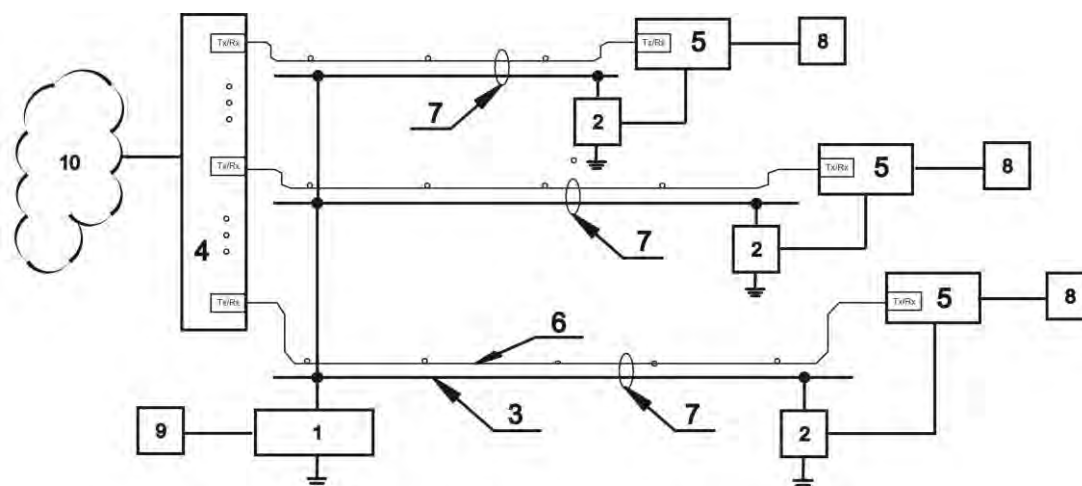
сегментов оптоволоконного кабеля, соединенных коммутаторами и маршрутизаторами, может быть чревато выходом из строя целого сегмента с сотнями пользователей, подключенных «шлейфом» к устройству, оказавшемуся без электропитания. Даже в случае организации полностью звездообразной топологии сети ненадежным остается электропитание подъездных коммутаторов.

Таким образом, наиболее перспективные оптоволоконные технологии связи, работающие как в технологии Ethernet, так и на основе PON, обладая существенными преимуществами по производительности, дальности связи, невосприимчивости к внешним электромагнитным помехам, все-таки имеют один существенный недостаток – невозможность централизованного электропитания территориально-распределенного промежуточного и оконечного оборудования связи.

Новые подходы к передаче электрической энергии, разработанные в университете «Дубна», применение новых конструктивных решений при создании кабельных оптоволоконных сетей связи позволяют дать положительный ответ на вопрос о возможности обеспечения централизованного электропитания. Причем внедрение системы централизованного питания возможно не только путем строительства новых коммуникаций, но и путем модернизации линий передачи данных на основе уже проложенных оптических кабелей в существующих сетях.

В работах Н.Тесла (Tesla N. Apparatus for transmission of electrical energy. US Pat № 349621, 15.05.1900) был предложен метод передачи активной мощности с помощью с использованием резонансных свойств однопроводной линии, изготовленной из металлического проводника. Этот метод был незаслуженно забыт по причине доступной на тот момент элементной базы. Значительный прогресс по созданию силовых полупроводниковых элементов и однокристальных микропроцессорных систем позволяет строить резонансные системы электропередачи с учетом экономической эффективности. Подходы к конструктивным решениям, используемым при строительстве интеллектуальных систем передачи электроэнергии разработаны в малом инновационном предприятии ООО «Мезон», созданном на основе закона №217-ФЗ при государственном университете «Дубна», и защищены соответствующими патентами.

Для организации электропитания оборудования (8), подключенного к сетям связи посредством оптического волокна (волокна) (6), а также коммутатора (10) и оптоэлектронных преобразователей (5). Источник электропитания (9) посредством высокочастотного генератора переменного потенциала (1) подключен к металлическому компоненту (3) (силовой трос воздушной подвески, броня механической защиты, металлизированное напыление на изоляции и т.д.) оптоволоконного кабеля (7). Устройства-потребители электрической энергии (8) подключены в необходимых местах установки оборудования посредством приемников-преобразователей (2). Второй вывод трансформатора генератора (1) заземляется, а трансформатора приемников-преобразователей (2) подключается к металлизированному каркасу корпуса устройства, либо заземляется. Коммутатор связи с оптическими портами (4) подключен к сети передачи данных (10) (рис 1).



1. Генератор переменного напряжения
2. Приемник-преобразователь
3. Проводящий компонент оптоволоконного кабеля
4. Коммутирующее оборудование связи с оптоволоконными портами ввода-вывода
5. Оптический преобразователь
6. Оптические волокна из состава кабеля связи
7. Оптоволоконный кабель связи с силовыми проводящими компонентами
8. Оконечное оборудование связи
9. Источник электропитания
10. Сеть передачи данных

Рис.1

Электропитание телекоммуникационного и оконечного сетевого оборудования может осуществляться поверх любого оптоволоконного кабеля связи, имеющего в своем составе металлические компоненты, – трос или проволоку для повышения механической прочности кабеля при воздушной подвеске на опорах и прокладке кабеля механизированным способом в кабельной канализации, металлическую ленточную оболочку защиты кабеля от порывов в процессе эксплуатации при проведении различных земляных, строительных или ремонтных работ, а также специализированное напыление на защитной изоляции кабеля.

Высокочастотный генератор формирует переменный потенциал на резонансной частоте металлического компонента кабеля. Электропитание потребителей осуществляется на основе приемников-преобразователей, подключаемых к кабелю и линии заземления. Выход приемника-преобразователя формирует требуемое напряжение постоянного тока и необходимую мощность для электропитания нагрузки. Для повышения потребительских характеристик системы генератор (1) может быть автономным устройством, а также смонтирован в едином корпусе с коммутирующим оборудованием связи (4), которое обеспечивает связь сети передачи данных с удаленным оборудованием (8) посредством оптопреобразователей (5) и оптического волокна (6). Приемник-преобразователь (2) также может быть автономным устройством либо смонтированным в едином корпусе с питаемым удаленным оборудованием (8) и оптопреобразователем (5).

Первые сегменты централизованной системы электропитания сетевого оборудования поверх оптоволоконного кабеля развернуты на территории кампуса университета «Дубна» в июле 2011 года и с момента запуска эксплуатируется в непрерывном режиме. Электропитание коммутационного оборудования сети осуществляется централизованно с использованием оборудования резонансного генератора мощностью 1,5 кВт. Реализована звездообразная топология подключения сетевых устройств как к источнику электропитания, так и к корневому маршрутизатору сети передачи данных. Система прошла тестирование в условиях аномально высоких температур летнего периода, в условиях дождей, множественных переходов нулевой отметки температур при высокой влажности воздуха осенью, а также низких температур, наледи в зимний период и показала высокую эффективность и надежность электроснабжения. Система построена на основе оптоволоконного кабеля со стальным несущим тросом, подвешенным на столбах освещения территории, конструкциях зданий кампуса университета с вводом кабеля в вертикальные стояки зданий. Электроэнергия транслируется по металлическому компоненту оптоволоконного кабеля в однопроводном режиме – тросу подвески.

В результате использования схемы питания поверх оптоволоконного кабеля в современных оптоволоконных высокоскоростных сетях связи достигается высокая отказоустойчивость, присущая, например, старым аналоговым городским телефонным станциям. Бесперебойное питание обеспечивается в единственном центре, а устройства пользователей работают на основе PoE даже в случае потери электропитания во всем городе. Резонансный генератор, расположен в центральной серверной и снабжает электроэнергией множество устройств промежуточного и оконечного оборудования сети передачи данных университета. Питаемое оборудование расположено на этажах трех учебных корпусов, двух общежитий, различных хозяйственных построек. Одновременно обеспечивается работа видеокамер, точек беспроводного доступа Wi-Fi. Обратные преобразователи однопроводной линии, необходимые для питания устройств, рассчитанных на стандартные сети электроснабжения (220 В, 50 Гц), подключены к металлическому компоненту кабеля, используя конструктив стандартного 19-и дюймового оптического кросса. Обратные преобразователи установлены в непосредственной близости от питаемого оборудования. Оптические же волокна кабеля формируют информационную инфраструктуру университета на основе топологии звезда и используются для объединения сетей зданий в единую сеть передачи данных, телефонии, видеонаблюдения, системы контроля и управления доступом.

Возможности разработанной технологии электропитания поверх оптоволоконного кабеля связи достаточно широки и заключаются в следующем:

- в повышении надежности работы периферийного оборудования территориально-распределенной сети с использованием схемы с централизованным электропитанием;
- в электропитании удаленного оборудования - IP-телефонии, точек доступа беспроводных сетей, IP-камер, сетевых коммутаторов, маршрутизаторов и других устройств, к которым нежелательно или невозможно провести отдельный от сети передачи данных кабель электропитания;
- в повышении максимального расстояния между источником электропитания и потребителем – например, между местами установки коммутационного и оконечного сетевого оборудования;
- в повышении максимально допустимой мощности электропотребления удаленного сетевого и оконечного оборудования;
- возможности совмещения в едином корпусе сетевого оборудования (коммутатора, маршрутизатора) функции передачи данных с функцией электропитания оконечных устройств, подключенных к этому сетевому оборудованию посредством оптоволоконного кабеля.

Оконечное оборудование сети может быть подключено как непосредственно к оптоволоконному магистральному кабелю, так и централизованно питаемому коммутатору посредством кабеля «витая пара» с под-

держкой системы электроснабжения на основе PoweroverEthernet (PoE). Система PoE позволяет передавать удалённому устройству вместе с данными электрическую энергию через стандартную витую пару в сети Ethernet. Система PoE имеет широкое распространение и описана стандартами IEEE 802.3af-2003 и IEEE 802.3at-2009.

Применение известных стандартов PoE непосредственно для организации территориально-распределенных сетей масштаба города невозможно по следующим соображениям:

- ограниченное максимальное расстояние до потребляющих устройств до 100 метров;
- существенное ограничение максимальной мощности не позволяет производить электропитание всего спектра оборудования, требующего удаленного или централизованного электропитания;
- передача электроэнергии возможна исключительно на основе медного кабеля «витая пара», не обеспечивающего передачу данных на скоростях выше 1000 мегабит в секунду.

Внедрение системы электропитания поверх оптоволоконного кабеля направлено на устранение указанных недостатков существующих технологий PoE и существенно расширяет возможности при выборе места установки оборудования и типа используемого кабеля.

Использование модели централизованного электропитания обеспечивает упрощение конструкции при электропитании удаленного телекоммуникационного и оконечного оборудования, позволяет организовывать регулярные звездообразные и древовидные топологии кабельной инфраструктуры системы электропитания и передачи данных, существенно увеличивает строительные длины сегментов сетей с поддержкой электропитания, позволяет обеспечить устойчивый режим питания сетевого оборудования любой потребляемой мощности.

Положительные результаты эксплуатации тестового полигона на территории университета «Дубна» дают основания предполагать, что дальнейшее развитие технологий централизованного электропитания сетевого оборудования позволит открыть новую страницу в формировании эффективной и широко востребованной инфраструктуры сетей передачи данных современной России.

#### ***Библиографический список***

1. Tesla N. Lectures. Patents. Articles. Published by N.Tesla Museum. Beograd, 1956. -715 pp.
2. Nikola Tesla. Colorado Springs Notes 1899 – 1900, Published by Nolit. Beograd, 1978. -437 pp.
3. Электропередачи переменного и постоянного тока сверхвысокого напряжения. Электротехнический справочник. Т.3. М.: Изд-во МЭИ, 2002. С. 196-197.
4. USPat № 593138/ Electricaltransformer / TeslaN. 02.11.1897.
5. Мейнке Х., Гундлес Ф. Одиночный провод как волноводная система. Радиотехнический справочник. М.-Л., - Госэнергоиздат, 1960. Т., С. 117-123, 188, 191-194.
6. Патент РФ № 2108649. Способ питания электротехнических устройств для его осуществления / Авраменко С.В. //БИ. 1998. №41.
7. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи электрической энергии. М.:ГНУ ВИЭСХ, 2004. – 188 с.
8. Крюков Ю.А. Резонансная сеть передачи электроэнергии с интегрированным интеллектуальным управлением// Составляющие научно-технического прогресса. – 2012.– №. 4. – С. 69-70
9. Крюков Ю.А. Формирование энергоинформационной инфраструктуры на основе парадигмы интегрированной интеллектуальной распределительной сети передачи электроэнергии и данных// Энергетическая политика. – 2012. –№. 4. – С. 101-112.
10. Крюков Ю.А. Модель информационного взаимодействия объектов резонансной сети передачи электроэнергии и данных// ВЕСТНИК РАЕН. – 2013. – Т. 13. – №. 1. – С. 44-51
11. Крюков Ю.А. Интеллектуальная распределительная сеть передачи электроэнергии и данных как технология, обеспечивающая прорывные изменения электроэнергетике и связи. // Русский инженер, - №2 (33), 2012, с. 57-61.

## **ВАЖНЕЙШИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ РОССИИ XIX, XX И XXI ВЕКОВ**

*Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, lnp70@mail.ru*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В статье рассматриваются 4 наиболее значимых для индустриализации и суверенитета России **ИНЖЕНЕРНЫХ** проектов 19, 20 и 21 веков:

1837 -1917 гг. – **СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

1880 – 1935 -- 2000 гг. - **АВИА И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ**

1910 – 1913 – 2030 гг. – **АТОМНЫЙ ПРОЕКТ**

1948 – 1980 - -2050 гг. – **ЭКСаФЛОПНЫЕ СУПЕР-ЭВМ**

### **1. ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ РОССИИ[1]**

В начале 19 века в России, как и во всех других странах, основными транспортными артериями были реки и гужевой транспорт. В 1832-1833 году первую в мире железную дорогу построили во Франции (58 км), затем в 1835 г. в Германии (7 км), в 1835 году в Бельгии (21 км).

Первая железная дорога была построена в России в 1837 году. Она соединила Санкт-Петербург с Царским Селом (26,7 км). В основе строительства железных дорог России явились, с одной стороны, могучая отечественная инженерная школа, с другой стороны, формирование государственного « культа знаний ».

Император Николай 1-й часто повторял: « Мы - инженеры ». Он лично изучал алгебру, геометрию, черчение и архитектуру для того, чтобы понимать предлагаемые ему на утверждение архитектурные и другие проекты. В период его правления формировался уже упоминавшийся выше « культ знаний », предусматривавший государственный приоритет технологического лидерства и равноправия с промышленно развитыми странами в ключевых военных и гражданских областях.

Единое государственное целеполагание для триады **наука - образование - промышленность** и поддержка масштабных научно-технических проектов становились традиционными принципами управления страной. В области точных наук культ знаний трансформировался в высокий государственный авторитет и престиж работы инженера, учёного и профессора. **Личный успех** каждого из них считался **успехом государства и общества**.

В 1808 -1830 г.г. формировался корпус российских профессоров ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ. Этот С-Пб институт представлял собой университет со сроком обучения 8 лет. Здесь торжествовал принцип единства образования, научной и практической деятельности выпускников. Каждый выпускник ИКИПС и каждый его профессор могли построить мост, причал порта, шлюз, канал и т.д. В основе такой закалки лежал высокий уровень преподавания математики и механики.

В числе вдохновителей и контролёров выступали выдающиеся профессора М.В. Остроградский (1801-1862 г.г.), Буняковский ( ), Н.Ф. Ястржембский и другие.

На Михаила Остроградского обратил внимание ректор Харьковского университета Т.Ф. Осинковский – талантливый математик и выдающийся педагог. Он расположил к себе многообещающего юношу и руководил его занятиями. В октябре 1818 года Остроградский окончил университет, а в 1820 г. успешно сдал экзамены на звание кандидата наук.

Перед ним, казалось, открывается прямая дорога к университетской профессуре. Однако Учёный совет не присудил ему достойного звания, так как М. Остроградский не регулярно посещал занятия по философии и богословию...

В 1822-1827 г.г. М.В. Остроградский продолжил своё совершенствование в Париже. Здесь он решил ряд задач гидродинамики, теории теплопереноса и баллистики. В Сорбонне он слушал лекции Жана Батисты, Коши, Фурье, Пуассона, Лапласа... Вернувшись в Россию, он явился основоположником Петербургской математической школы. Его лекции на физико-математическом отделении университета слушали Д.И. Менделеев, Н.А. Добролюбов, Е.О. Патон... Много лет он работал в качестве главного наблюдателя за преподаванием математики в военных учебных заведениях и школах.

В 1835 году новый ректор ИКИПС М.С. Волков ввёл в институте новый раздел «Постройка железных дорог». Занятия повели молодые профессора П.П. Мельников, И. Крафт, А.Г. Добронравов, Н. Ястржембский. Появились первые отечественные книги «О железных дорогах», «О составлении проектов», «Построение железных дорог», «Курс строительного искусства».

Строительство 1-й российской железной дороги осуществлялось под руководством австрийского инженера Франца Антона Герстнера (1793-1840гг.). Паровоз «Проворный» через Кронштадт был завезен морем из Англии, рельсы из Германии.

Вагоны первых поездов были 4 типов: наиболее комфортные назывались «Берлинцы» (1-й класс) и «Дилижансы» (2-й класс). Они представляли собой коляски с крышей. Открытые повозки «Шарабаны» предназначались для пассажиров 3-го класса.

В 1842 -1851 годах была построена Николаевская железная дорога от Петербурга до Москвы (651 км). Проект этой дороги разработал профессор П. Мельников. Он же отвечал перед Николаем 1-м за северный участок строительства дороги. За южный отрезок отвечал профессор И. Крафт. При строительстве мостов через реки и овраги (например, Вербинский мост с длиной пролёта 590 м и высотой опор до 53 м) использовалась теория раскосых ферм, разработанная выпускником ИКИПС поручиком Д.И. Журавским.

Рассматривая строительство отечественных железных дорог как важнейший инженерный проект XIX века, необходимо подчеркнуть особую и выдающуюся роль многих, как бы теперь сказали -менеджеров правительства царской России . Одним из наиболее дальновидных управленцев того времени, на наш взгляд, является Сергей Юрьевич Витте.

Что успел осуществить С.Ю. Витте.

В 1891 г. он ввёл новый таможенный налог, а спустя всего 3 года увеличил пополнение госказны за счёт введения налога на производство алкогольной продукции. В 1897 г. им введено золотое обеспечение рубля. Эти решения обеспечили повышенный приток иностранных инвестиций в развитие промышленности и капитализма в России.

С.Ю. Витте в качестве министра активно содействовал строительству транс-сибирской магистрали и КВЖД. Он разработал программу реформ, позднее воплощённую П.А. Столыпиным. По темпам роста промышленного производства Россия при С.Ю. Витте обогнала *все* европейские страны! В 1905 году уже как премьер- министр С.Витте провозгласил гражданские свободы и ввёл

Государственную Думу! Он осуществлял постоянную заботу о просвещении населения и инженерном образовании.

В развитие проекта строительства железных дорог заметную роль сыграл талант выдающегося механика С.П. Тимошенко. Его труды широко использовались специалистами в России, и Европы и Америки.(Мой отец, инженер-генерал мостостроитель, окончил МВТУ им Э.Баумана в 1929 году. На его рабочем столе всегда лежал том учебника П. Тимошенко "Сопротивления материалов". В 1951 году, когда я поступил на инженерно-физический факультет МВТУ, все студенты нашей группы активно пользовались этим учебником).

Завершая повествование о 1-м важнейшем инженерном проекте России , отметим его основные итоги к 1917 году:

За 40 лет (1837 – 1877 г.г.) построено 20 тысяч вёрст железных дорог.

В 1851 году открыто движение по железной дороге от Петербурга до Москвы.

За 15 лет (1891 – 1915 г.г.) построена транс-сибирская магистраль .Она построена русскими специалистами, на русские деньги, из русских материалов. В 1917 году машиностроительные заводы России выпускали 1500 паровозов в год! На 16 металлургических заводах изготавливали свои рельсы!

За 20 лет с 1897 по 1917 год в Сибирь и на Дальний восток переселились более 10 миллионов человек.

Традиции первостроителей достойно продолжены их потомками. Отмечу только близких мне специалистов: академика РАН, завкафедрой высшей математики МИФИ А.Н. Тихонова, моего учителя профессора В.И. Кондрашова, членов-корр. РАН, директоров ИПМ им М. Келдыша С.П. Курдюмова и Ю.П. Попова, Г.Г. Малинецкого.

## **2. АВИАЦИОННЫЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ПРОЕКТЫ [2,3,4,5]**

История авиационного проекта хорошо известна всем отечественным интеллигентам. Здесь достаточно вспомнить лишь самые крупные имена её создателей :

...Леонардо да Винчи, «Русский витязь» И. Сикорского, подъёмную силу крыла Н. Жуковского, теорию флаттера М. Келдыша, творения А. Туполева, А. Яковлева, А. Микояна, В. Болховитинова...Приведу только одну цитату :

**«Человек не имеет крыльев и по отношению к весу мускулов в 72 раза уступает птицам. Но я думаю, что он полетит, опираясь не на силу своих мускулов, а на силу своего разума»**( Н.Е. Жуковский, создатель отечественного самолётостроения).

И только один пример, характеризующий выдающиеся достижения наших конструкторов: **ТУ-160**, дальний бомбардировщик-ракетоносец (с 1987 г. выпущено 35 машин),взлётная масса -275 т., максимальная скорость 2230 км/час, дальность полёта 14000 км, боевая нагрузка 40 т.

Краткая история *последних 50 лет* ракетно-космической эпопеи известна нашим студентам и школьникам достаточно хорошо. Однако мало кому, даже на родине Н.Ф. Фёдоровав Тамбове и, ещё более удивительно даже студентам ТГТУ, на здании которого висит мемориальная доска с фамилиями выпускников мужской



гимназии 1840 года( и упоминается его фамилия) известно, что именно здесь – на тамбовской земле родился **русский космизм** !

В 1929 году в Тамбове родился Николай Фёдорович Фёдоров. Он был внебрачным сыном князя П.И. Гагарина. Свою фамилию, по правилам того времени, он получил не от родного, а от крёстного отца. Воспитание юного родственника принял на себя родной брат князя. Он курировал его обучение в тамбовской мужской гимназии, а далее в Одессе в лицее Ришелье. Этот лицей считался в России вторым после Царско-Сельского лицея. К сожалению Н. Фёдорову после 3 лет обучения пришлось покинуть это учебное заведение так как брат отца умер и платить за обучение далее было некому.

Пришлось юноше заниматься репетиторством и самостоятельно продолжать своё совершенствование. После ряда лет скитаний по разным городам в поисках работы он наконец оказался руководителем Чертановской библиотеки в Москве. Здесь ему удалось познакомиться и подружиться с Л.Н. Толстым. В этой библиотеке в течение 3 лет он бескорыстно преподавал математику, физику, философию и химию К.Э. Циолковскому. ( Молодой К. Циолковский приехал в Москву с целью поступить в МВТУ. Однако он не решился сдавать вступительные экзамены и начал образовываться самостоятельно ).

В своём мироощущении Н.Ф. Фёдоров полагал, что активная жизнь человека на земле не может заканчиваться со смертью. Он считал, что биосфера земли и космоса является благоприятной средой обитания и бессмертия людей. Надо только глубоко изучить эту среду и тогда бессмертие станет осуществимым. Такая философия была названа современниками и потомками философией русского космизма. Интересно отметить, что когда в космос полетел Ю.А. Гагарин, американцы писали, что у русских два Гагарина – один космонавт, а второй космист - Н. Фёдоров (Гагарин).

Взгляды Н.Ф. Фёдорова, естественно, сильно повлияли на мировоззрение К.Э. Циолковского и земляка философа В.И. Вернадского (о чём мы расскажем позднее).

И вновь приведу только одну цитату :

***«Основной мотив моей жизни – сделать что-нибудь полезное для людей, не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперёд. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы. Но я надеюсь, что мои работы, может быть скоро, а может быть в отдалённом будущем, дадут обществу горы хлеба и бездну могущества».***( К. Э. Циолковский, основоположник современной российской и мировой космонавтики).

К.Э. Циолковский ещё в конце XIX века выдвинул идею о возможности и необходимости освоения человеком космического пространства. В 1903 году была опубликована его знаменитая работа «Исследование мировых пространств реактивными приборами», в которой была доказательно показана возможность достижения космических скоростей и иных небесных тел с помощью ракеты на жидком топливе.

Стремительной, героической, накалённой была битва человека за прорыв в космос. Практическая космонавтика была реализована усилиями таких советских инженеров и учёных как : С.П. Королёв, М.В. Келдыш, А.А. Благоврастов, Ю.А. Победоносцев, М.Н. Тихомиров, Б.Н.Петров, Л.И. Седов, В.В. Парин, Г.Н.Бабакин, С.А. Косберг, Н.А. Пилюгин, В.П. Глушко и многих других. К этому списку я не могу не добавить хорошо мне знакомых (по совместным НИР с ОКБ МЭИ) академика РАН А.Ф. Богомолова и К.К. Морозова, мифистов-космонавтов Н.Н. Рукавишников, С.В. Авдеева и Ю.М. Батурина, мифических профессоров-космистов А.М. Гальпера и Ю.Д. Котова

В качестве примера выдающейся российской инженерной конструкции назову самый мощный реактивный двигатель **РД – 170** (20 млн. л.с.) **многократного** (до 10 раз) использования.

Завершая краткий экскурс по авиационному и ракетно-космическому проектам, необходимо хотя бы упомянуть о новых космических программах. К числу таких проектов, ориентированных на воплощение в пределах 15 -30 ближайших лет, относятся инженерные разработки следующих проблем :

Конструирование гиперскоростных ракет и самолётов.

Создание легкого и прочного троса и реализация космического лифта Л.А. Арцутанова

Активная разработка и испытания роботов, заменяющих космонавтов(НИР и ОКР в России, Германии и Японии)

Проекты промышленного освоения Луны и Марса.

### **3. АТОМНЫЙ ПРОЕКТ[6, 7, 8]**

Практически все граждане России уверовали в расхожую гипотезу об Атомном проекте России как о последовательности событий, связанных с разработкой атомной бомбы американцами, разведанными об этой разработке, подключении к решению боевых и энергетических проблем И.В. Курчатова, М.В. Келдыша, Ю.Б. Харитона, А.Д. Сахарова, А.П. Александрова и т.д.

Об историческом приоритете и фундаментальных отечественных открытиях русских учёных практически никогда не говорят и не вспоминают. А вспомнить есть о чём ! История рождения атомного проекта России достойна хотя бы краткого напоминания.

Сегодня, 24 апреля 2017 года, мы собрались в актовом зале Тамбовского технического университета спустя 154 года после рождения в Петербурге (28.02.1863 г.) всемирно известного учёного Владимира Ивановича Вернадского. В 1880-1910 годах он периодически проживал и активно работал в своём имении Вернадовка Моршанского уезда Тамбовской губернии. Естественно, что находясь на тамбовщине, он не мог не общаться и не заразиться идеями **русского космизма**, о чём мы уже упоминали во 2-м разделе.

В.И. Вернадский окончил естественное отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. Его наставником в университете и в практических почвоведческих и геологических экспедициях был В.В. Докучаев, а преподавателями химик Д.И. Менделеев и ботаник А.Н. Бекетов. (Лично мне, как специалисту по нанoeлектронике, интересно отметить, что магистерская диссертация В. Вернадского была посвящена изучению Кремния, являющегося основным полупроводниковым материалом при производстве элементной базы современных информационных и других электронных систем). После окончания университета (1885 г.) и первых лет работы хранителем Минералогического кабинета Санкт-Петербургского университета в 1888-1890 г.г. молодой учёный был командирован в Италию, Францию и Германию для продолжения образования и подготовки к профессорскому званию.

За 3 года заграничной стажировки им опубликовано много работ по геохимии, минералогии, кристаллографии, биохимии, эволюции жизни, а также о геохимической деятельности и будущем человечества. Одной из причин его длительной задержки во Франции была его работа по радиоактивным элементам в лабораториях Кюри.

Вернувшись в Россию, в 1897 г. Вернадский защитил докторскую диссертацию посвящённую «Явлениям скопления кристаллического вещества» и тут же стал профессором Московского университета.

**1910г.** Потрадиции Императорской Академии наук ему предложили выступить с докладом по интересующей его проблеме. Молодой адъюнкт академии выступил с докладом «**Задача дня в области радия**». В этом, опубликованном докладе прозвучала такая фраза: «Перед нами в явлениях радиоактивности открываются источники **атомной энергии**, в миллионы раз превосходящие все те источники, какие рисовались человеческому воображению».

*Таким образом одним из первых, кто осознал силу, скрытую в атомном ядре, был не физик, а геолог Владимир Иванович Вернадский.*

**В1913г.** уже избранный действительным членом Российской Академии, представил слушателям академии новый доклад: «**О радии возможных месторождениях в России**».

Дойдя до идеи цепной реакции и ядерного синтеза и осознав каким способом можно извлечь из ядра скрытую там энергию, В.И. Вернадский разработал подробную **Программу первоочередных работ и калькуляцию** необходимых для этого расходов (**770000 руб.**). (Некоторые исследователи его творчества полагают, что на столе у В.И.Вернадского в ту пору **уже** лежали черновые рисунки атомного реактора и бомбы).

В том же году В.И. Вернадский убедил императора **Николая II** выделить государственные средства на работы по проблемам освоения нового вида энергии. По распоряжению государя Императорская Академия наук выделила на его Программу 14000 р. Академик не отчаялся и обратился к известному российскому меценату П.П. Рябушинскому. По верив в доклад автора и перспективность всей Программы известный меценат и **прагматик** «добавил» на работы по Программе необходимые **756000 р!**

Тут же к работам были привлечены ученики соратники В.И. Вернадского В.Хлопини, А.Ферсмани были организованы комплексные экспедиции по поиску месторождений урана в Сибири, на Памире, на Печёре. Урана шли и В.И. Вернадский, создав и возглавив Радиевый институт, занялся радиохимией очистки руды...

В 1915-1930 г.г. уже всемирно известного учёного назначили председателем Комиссии по изучению естественных производительных сил России и одним из создателей плана ГОЭЛРО.

Философские труды В.И. Вернадского обобщающие достижения многих фундаментальных наук, завершились разработкой классической концепции под названием **НООСФЕРА**. Не даром он считается одним из основных мыслителей направления, известного как **русский комизм**.

Вернёмся к атомному проекту. После 1917 года теоретические работы отечественных физиков и инженеров-конструкторов активно продолжались в ФТИ в Петербурге, в институтах Харькова и Москвы.

**1939** год. На *очередной* встрече с В.М. Молотовым В.И. Вернадский указал на необходимость более широкой добычи урана и эта его просьба была удовлетворена.

**1940** г. один из учеников прислал Владимиру Ивановичу вырезку из американской газеты «Нью-Йорк таймс» подзаголовком «Громадный источник мощи, открытый наукой в энергии атома». Прочитав заметку В.И. Вернадский записал в своём дневнике: «Никогда не думал, что доживу до реальной постановки вопроса об использовании внутриатомной энергии». С началом Великой Отечественной Войны в 1941г. В.И. Вернадского с женой эвакуировали в Казахстан.

В начале войны разведка доложила И.В. Сталину о том, что США и Германия готовят **атомную бомбу**. Разведданные поступали от наших резидентов и от иностранных специалистов (А. Адамс, Леонитаи Моррис Козн, С. Кремер, К.Фукс), считавших недопустимым, чтобы такое разрушительное оружие было бы в руках только одной страны.

В ноябре 1941 - феврале 1942 лейтенант Г.Н. Флёрв, который до войны активно участвовал в исследованиях под руководством И.В. Курчатова, многократно пишет своему руководителю и коллеге о засекречивании зарубежных работ по атомной энергии опасности создания ядерного оружия. Не получая ответов, Г.Н.Флёрв дважды письменно обращается непосредственно к И.В. Сталину. Его письмо, написанное эмоционально и одновременно достаточно популярно, позволяет И.В. Сталину осознать суть и возможности атомной бомбы.

Тут же в Кремль вызывают двух академиков **А.Ф. Иоффе** и **В.Г. Хлопина**. И.В. Сталин задаёт им простой вопрос :«Можно ли и как быстро создать бомбу?» Оба академика хорошо понимают проблему и всю сложность её реализации в условиях ведения кровопролитной войны. Кратко их ответ можно обобщённо сформулировать так:

«Можно, но потребуются перестройка промышленности, и реальные сроки - *началоXXIвека*» .

В след за А.Ф. Иоффеи В.Г. Хлопиным из Казахстана вызвали В.И. Вернадского. Он не знал причины вызова в Кремль и поэтому экспромтом по-сути повторил Сталину доклад, с которым в давние времена выступал перед П.П. Рябушинским. Подводя итог своему повествованию, он рассказал о необходимых этапах и возможности создания атомного оружия за 5 – 7 лет (*до 47-49г.г.*)!

Вождь замолчал, а В.И Вернадский спросил :«Что же Вы молчите ?»

«Когда говорят аксакалы, джигиты молчат» --так ответил И.В. Сталин.

Вызвали академика П.Л. Капицу. Он хорошо знал о давних работах Вернадского и спокойно **подтвердил** прогноз и Программу В.И. Вернадского и предложил на роль руководителя работ назначить молодого И.В. Курчатова...

Сталин ещё раз вызвал А.Ф. Иоффе и спросил его о кандидатуре руководителя работ, предложив ему возглавить этот проект. Иоффе, сославшись на возраст, отказался. «Как кандидатура Курчатова?»--вновь поинтересовался И.В. Сталин. После некоторого раздумья академик А.Ф. Иоффе ответил: - «Хорошая, но он.... **не академик**».

**-«Так сделайте его академиком !»**

В третьем томе 12-томной «История ВОВ Советского Союза 1941 -1945», вышедшей в 1961 году под редакцией маршала А.А. Гречко была краткая информация о том ,что в 4 часа утра 22 ноября 1942 года Г.К. Жуков позвонил И.В. Сталину и сообщил, что передовые развед отряды Донского и Юго-Западного фронтов соединились, замкну в окружение немецких войск под Сталинградом. В 6 часов утра Сталин отдал распоряжение о начале работ по Атомному проекту.

В один из пунктов соответствующего Постановления Правительства, подписанного Л.П. Берией, предусматривалось создание при Наркомате Боеприпасов специального Института для подготовки специалистов–Московского механического института боеприпасов ММИБ (ныне НИЯУМИФИ).

***Мы живём в замечательное время, когда человек становится геологической силой, меняющей лик нашей планеты» В. Вернадский*** Такая фраза выбита на памятнике великому мыслителю на Новодевичьем кладбище.

Эту скромную заметку хорошо бы сопровождать документальным кинофильмом о создании испытании первой отечественной атомной бомбы. Видео копию этого короткого кинофильма автор дарит студентам, сотрудникам и профессорам ТГТУ.

#### **4. ЭКСАФЛОПНЫЕСУПЕР–ЭВМ[9,10]**

Для начала рассмотрим 7 базовых характеристик супер–компьютеров области применения и их роль в решении прикладных задач.

**Для процессора 1.**Производительность Область приложений–Астрофизика, на числах с плавающей Обработка радарной информации, Климат, физика плазмы.

**2.** Производство на числах для крипто-анализа, информ. системы, фиксированной точкой и био-информатика, социология двоичных кодах.

**3.** Объём памяти, разведка, материаловедение, геном, вибрация, прочность

**4.**ПропускнаяспособностьКлимат, астрофизика, моделирование Биологических систем

**5** Задержка операций Ядерное моделирование, климат, разведка

**6.** Пропускная способность Разведка, климат, астрофизика, сети

**7.** Задержка операций Разведка, ядерное моделирование, климат и др.

По сравнению с операция микропроцессора операции с памятью выполняются слишком долго. Поэтому вокруг каждого микропроцессора целесообразно в едином кристалле изготавливать несколько блоков памяти. Другой проблемой становится проблема энергетической эффективности : много энергии тратится на выполнение операций в одном ядре и велики потери надо ставку операций и данных в функциональные устройства. Даже при переходе к технологиям **28 нм** нельзя одновременно включать все процессорные ядра, это приведёт к тому, что СБИС сгорит. Ещё сложнее при технологии **14 нм** и **10-8 )нм**.

Ещё одной энергетической проблемой становятся значительные потери мощности при распараллеливании и выполнения команд из одного потока. Для предотвращения хотябы части потерь фирма Intel Srelake изобрела микропроцессор с гибридной архитектурой, представляющий собой мультитрейдовый графический процессор. Отметим также проблему меж платных и меж узловых коммуникаций, которая требует по истине фантастических затрат энергии времени. Решение этой задачи облегчается переходом от проводной связи по медным проводникам к опто-чипам со световыми связями. (Одновременно ведутся активные работы по возможности замены медных проводников в 3D конструкциях на нановолноводы из нанотрубок).

Почему многие специалисты считают работы по созданию эксафлопных супер-ЭВМ одним из важнейших инженерных проектов XXI века? Во-первых отметим, что эксафлопные ЭВМ характеризуются быстродействием  $10^{18}$  операций в секунду.

При упоминании та кого быстродействия у любого специалиста возникают многие проблемные вопросы. Например, такие :

Возможно ли создание к 2018 – 2020 году супер-ЭВМ на основе универсальных *микропроцессоров*, изготавливаемых с технологическими нормами **22 нм**, или **12 нм** или ( предельно) **7-8 нм**?

Будут ли *доступны* комплектующие такой ЭВМ на массовом коммерческом рынке ?

Каковы перспективы *использования* массовых коммерческих *поточковых* графических *ускорителей* и потоковых модулей?

Является ли необходимым условием создания российской супер-ЭВМ разработка и производство *собственной* элементной базы?

Современная элементная база позволяет достигнуть необходимого быстродействия за счёт использования тысячекратного увеличения и параллелизма одновременной работы микропроцессоров. При таком параллелизме стоимость 1 Тфлопс снижается в 1000 раз, а производительность возрастает в 2000 раз

Один петафлопс (Пфлопс) –это тысяча триллионов ( $10^{15}$ ) операций в секунду. Такой производительностью обладала в 2012 году ЭВМ **SEQUOIA**(20 Пфлопс).

Супер ЭВМ эксафлопного класса ( $10^{18}$ ) операций обеспечиваю ту же *полномасштабные* компьютерные испытания, и зачётные стендовые и даже натурные испытания конструируемых новых объектов!

Можно даже сказать, что «ЭКСАФЛОПНЫЙ СКАЧЁК» означает перевод промышленности от эмпирических методов проектирования и конструирования к научным методикам, опирающимся на предсказательное моделирование. Естественно, что переход на использование таких быстродействующих машин, использующих миллионы и миллиарды микропроцессоров, ставит перед потребителями ряд совершенно новых задач, требующих решения:

Требуется научиться программированию для машин с гигантским числом аппаратно поддерживаемых процессов;

Научиться парированию ошибок при одновременной работе множества процессов;

Учесть стоимость производства и эксплуатации с учётом огромной потребляемой такими машинами мощности .

В 2014 г. в НИИСИРАН был реализован сегмент супер-ЭВМ терафлопного класса с пиковой производительностью 0,4 Тфлопс, с ОЗУ объёмом 43 Гбайт и коммутационной системой до 16 Гбайт/с. Дальнейшее продвижение к поставленным целям из-за введенных зарубежными производителями санкций и необходимыми масштабными поставками ЭБ практически невозможны.

К проблеме необходимости создания эксафлопной машины можно в наших условиях подойти с другой стороны : для решения каких проблем разрабатываются нашими соседями в Америке, в Китае и в Японии такие ЭВМ? Ответы выглядят весьма убедительно.

Заказчиком американских корпораций такие ЭВМ необходимы прежде всего для решения *энергетических* проблем. Атомная энергетика США вырабатывает сейчас 8% потребляемой обществом электроэнергии. Компьютерное моделирование всей АЭС (от разработки новых ТВЭЛ до утилизации отходов) уже требует производительности 10 – 20 Эфлопс. Моделирующий комплекс, предполагаемый к введению в строй к 2024 году, сможет обеспечить снижение стоимости АЭС с 15 млрд. долл. до 12 млрд.долл. (на 20%) , что при повышенной надежности безопасности позволит американцам потеснить зарубежных поставщиков АЭС на мировом рынке.

Эксафлопное моделирование по оценкам американских специалистов позволит США довести долю выработки ветровой энергии до 20 %! Решение этой задачи связано с много масштабным моделированием ветровых вихрей *метрового* диапазона вблизи собственно ветряного двигателя и вихрей *километрового* диапазона в радиусе до 50 км. И та и другая задачи направлены не только на совершенствование конструкции установки, но и на решение экологических проблем и снижение цены станций. Одновременно предполагается до 2030 года снизить за счёт рационального использования биотоплива и его *молекулярного* моделирования потребление бензина не менее, чем на 20 %.

Естественно, что заказчикам и супер машин не в последнюю очередь выступают армия, авиация, флот и разведка США.

Для некоторого представления о зарубежных работах, опирающихся на современную многопроцессорную и гибридную элементную базу, при ведем несколько примеров.

В США в 2017-2018 годах завершается разработка Супер ЭВМ **ORNL-Summit, IBM/Mtllanox**, 150-300Пфлопс, 4600 узлов, память более 6 PB +HBM, файловая система– 250 PB (2,5 TB/c) ,потребляемая мощность **25МВт**.

В Японии в 2018-2019 году появится новый, векторный суперкомпьютер–**SX-ACE**, 100 Тфлопс, 2575узлов, память 12-25 Пбайт, 100–200Пбайт/с, потребление 20-30МВт.

## Базовые целевые характеристики суперЭВМ экза-уровня

| Systems                    | 2009             | 2018                                              | Difference Today & 2018 |
|----------------------------|------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>System peak</b>         | <b>2 Pflop/s</b> | <b>1 Eflop/s</b>                                  | <b>O(1000)</b>          |
| <b>Power</b>               | <b>6 MW</b>      | <b>~20 MW (goal)</b>                              | <b>O(100)</b>           |
| System memory              | 0.3 PB           | 32 - 64 PB                                        | O(100)                  |
| Node performance           | 125 GF           | 1.2 or 15TF                                       | O(10) – O(100)          |
| Node memory BW             | 25 GB/s          | 2 - 4TB/s                                         | O(100)                  |
| Node concurrency           | 12               | O(1k) or O(10k)                                   | O(100) – O(1000)        |
| Total Node Interconnect BW | 3.5 GB/s         | 200-400GB/s<br>(1:4 or 1:8 from memory BW)        | O(100)                  |
| System size (nodes)        | 18,700           | O(100,000) or O(1M)                               | O(10) – O(100)          |
| Total concurrency          | 225,000          | O(billion) + [O(10) to O(100) for latency hiding] | O(10,000)               |
| Storage Capacity           | 15 PB            | 500-1000 PB (>10x system memory is min)           | O(10) – O(100)          |
| IO Rates                   | 0.2 TB           | 60 TB/s                                           | O(100)                  |
| MTTI                       | days             | O(1 day)                                          | - O(10)                 |

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инженерное, физико-математическое, химико- биологическое, конструкторское и социальное образование является залогом успехов инженеров, учёных и профессоров любых специальностей. Блестящие возможности интеграции всех этих составляющих в наши дни предоставляет специалистам углублённое постижение **нано-технологий**[11].

Свободное владение иностранным языком, физико-математическим моделированием и программированием, постоянное освоение, использование и совершенствование стандартных программ автоматического конструирования–дополнительное условие успеха выпускников любого вуза.

Отмечу, что опыт кафедры биомедицинской техники ТГТУ почти соответствует таким требованиям. В частности, отмечу определённые успехи этого коллектива в освоении работы супер ЭВМ «Ломоносов».

### Библиографический список

1. Железные дороги России.travtljay.ru.
2. Военно-промышленный комплекс. Энциклопедия. -М.: Военный парад,2005. Разделы с.210 -318: с.128-208.
3. История авиации.ru.wikipedia.org.
4. Развитие космонавтики.ffb.ru.
5. Русский космизм (Н.Ф. Фёдоров, К.Э. Циолковский, В.И. Вернадский).studopedia.ru
6. Вернадский В.И. и атомная бомба.evdemostera.norod.ru.

7. Атомный век 1900-2012. -М.: Росатом, 2012.
8. Иллюстрированная история Тамбовской области.-Тамбов: «Изд. Юлис», 2008.
9. Бетелин В. Б. Технология эксафлопных вычислений—основа энергетикивXXIвека. Инновации, № 4, 2014.2014г.
10. Эйсымонт Л.К. Организация работ в области суперкомпьютерных технологий в США .ОП–МИФИ: 2013 - 2017г.
11. Патрикеев Л.Н. Что должен знать каждый бакалавр, магистр и специалист по нанотехнологии. -Тамбов: ТГТУ, 2016.

*Пицуха Е. А., Теплицкий Ю. С., Бородуля В. А.*

## ОСОБЕННОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА В ЦИКЛОННО-СЛОЕВОЙ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ

Изучены особенности сжигания твердого биотоплива (древесины, торфа) в циклонно-слоевой топочной камере. Выявлены предельные значения рабочей влажности древесной щепы и массового содержания фрезерного торфа в смеси щепа-фрезерный торф, при которых наблюдается неустойчивый режим ее горения. Определено распределение температуры, скорости и давления в указанной топке. Установлены зависимости концентрации монооксидов углерода и азота от избытка воздуха в отходящих газах при сжигании кусковой древесины и дробленого торфобрикета.

**Ключевые слова:** циклонно-слоевая топка, котел-воздухоподогреватель, камера сгорания, камера догорания, донное дутье, тангенциальное дутье, избыток воздуха, монооксид углерода, монооксид азота, температура в топке, рабочая влажность топлива.

**Введение.** В настоящее время весьма актуальным является повышение эффективности топочных устройств, предназначенных для сжигания топлив биологического происхождения, таких как древесина и торф. Данные топлива являются низкосортными и имеют, как правило, высокое содержание влаги и сравнительно низкую теплоту сгорания. Изменяющийся в процессе работы полифракционный состав и качественные характеристики такого некондиционного топлива предполагают применение специальных топочных устройств. Для эффективного сжигания указанного топлива является перспективным использование так называемых циклонно-слоевых топочных камер, в которых совмещается слоевое сжигание твердого топлива с вихревым дожиганием мелких фракций и газообразных горючих продуктов в надслоевом пространстве [1, 2]. Это позволяет реализовать топочный процесс с более высоким тепловым напряжением топочного объема, улучшить качество выгорания топлива и за счет снижения избытка воздуха повысить КПД установки.

**Экспериментальная установка.** Экспериментальная установка для изучения сжигания твердого биотоплива представляет собой котел-воздухоподогреватель, оснащенный циклонно-слоевой топкой. Двухкамерная топка (рис. 1) состоит из циклонно-слоевой камеры сгорания и камеры догорания, разделенных пережимом. Ввод первичного воздуха осуществляется под газораспределительную решетку (донное дутье), вторичный воздух вводится тангенциально (тангенциальное дутье) через два ряда отверстий, диаметрально противоположно размещенных на цилиндрической стенке камеры сгорания (12 отверстий диаметром  $d_{in} = 7$  мм). Продукты горения из камеры догорания отводятся в газотрубный теплообменник. Поверхности нагрева охлаждаются воздухом. Для интенсификации теплопередачи через стенку камеры догорания вокруг последней устроена "активная теплоизоляция", одним из основных элементов которой является слой зернистого материала [3].

В качестве топлива использовались кусковая древесина длиной около 30 мм, щепа размером 5 x 15 x 25 мм, фрезерный торф длиной 7-10 мм и дробленый торфобрикет длиной 15-25 мм, рабочая влажность топлива не превышала 60%. Загрузка топлива на газораспределительную решетку выполнялась порциями с периодичностью 20-120 с. Эксперименты проводились при различных диаметрах пережима:  $d_{out}/D = 0.3-0.5$ . Использовались режимы подачи дутьевого воздуха, обеспечивающие долю донного дутья  $\phi = 0.3$  и 0.5. Тепловыделение в топке определялось по расходу топлива, низшая теплота сгорания которого составляла  $Q_n = 2467$  ккал/кг для древесного топлива (кусковая древесина, щепа с  $W^p = 40\%$ ),  $Q_n =$

1925 ккал/кг для фрезерного торфа с  $W^p = 45\%$ ,  $Q_n = 3392$  ккал/кг для дробленого торфобрикета с  $W^p = 11.3\%$ . Топлива и смеси другой (большей) влажности готовились из указанных древесного топлива и фрезерного торфа путем их увлажнения до необходимых значений. При этом низшая теплота сгорания топлива пересчитывалась с поправкой на его фактическую влажность в соответствии с [4, 5] и устанавливался расход топлива, соответствующий его рабочей влажности  $W^p$  и тепловыделению  $N$  в топке. Были реализованы два режима работы циклонно-слоевой топки с различными тепловыми напряжениями топочного объема:

1)  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$ , в этом случае тепловыделение в топке с учетом неодинаковых высот горящего слоя для различных видов топлива ( $h_b \sim 50-90 \text{ мм}$ ) и диаметров пережима составляло  $N = 16.5-17.3 \text{ кВт}$ ;

2)  $q_V = 503 \text{ кВт/м}^3$ , в этом режиме  $N = 8.5 \text{ кВт}$  и  $h_b \sim 30-55 \text{ мм}$ .

Измерения параметров топочного процесса циклонно-слоевой камеры выполнялись после стабилизации режима работы котла-воздухоподогревателя.

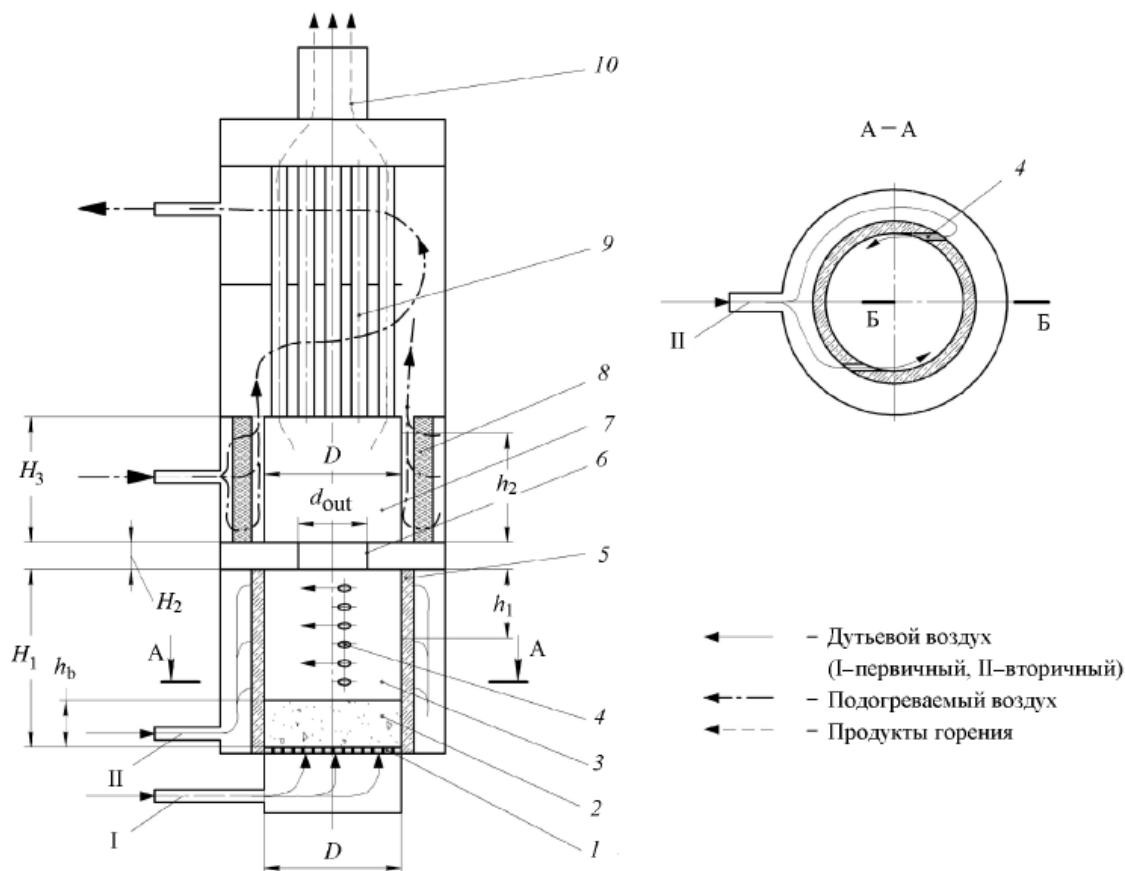


Рис. 1. Схема котла-воздухоподогревателя, оснащенного циклонно-слоевой топкой: 1 — газораспределительная решетка; 2 — слой топлива; 3 — камера сгорания (ци-клонно-слоевая камера); 4 — сопла тангенциального (вторичного) дутья; 5 — футеровка камеры сгорания; 6 — пережим; 7 — камера догорания; 8 — слой зернистого материала; 9 — газотрубный теплообменник; 10 — выходной патрубок

**Анализ полученных результатов.** Графики радиального распределения температур в камерах сгорания и догорания, измеренные в двух горизонтальных сечениях каждой камеры ( $h_j = 100$  и  $20 \text{ мм}$ ,  $= 40$  и  $160 \text{ мм}$ ) и радиальной плоскости Б-Б (рис. 1) при сжигании указанных топлив и их смесей для различных режимных параметров, представлены на рис. 2-6. При этом общее количество дутьевого воздуха (донного и тангенциального), подаваемого в топку, определялось в соответствии с известной методикой [4, 5], исходя из элементарного

состава топлива, для избытка воздуха  $a = 1.25$ . Скорость истечения воздуха из сопел составляла  $V_n = 8.6-9.2 \text{ м/с}$  при  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$  и  $\phi = 0.3$ ,  $V_n = 6.1-6.9 \text{ м/с}$  при  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$  и  $\phi = 0.5$ ,  $V_n = 4.3 \text{ м/с}$  при  $q_V = 503 \text{ кВт/м}^3$  и  $\phi = 0.3$ ,  $v_n = 3.2 \text{ м/с}$  при  $q_V = 503 \text{ кВт/м}^3$  и  $\phi = 0.5$ . Видно, что профили радиального распределения температуры в различных сечениях камеры сгорания в качественном отношении идентичны для топлив различного вида, различающихся рабочей влажностью и фракционным составом.

При сжигании кускового древесного топлива с  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$  (рис. 2) в камере сгорания в отличие от чисто циклонного способа сжигания дробленого угля и фрезерного торфа [6] более выражена неизотермичность топочного объема в радиальном направлении, температура на периферии камеры существенно ниже, чем на ее оси. Это может объясняться значительно меньшим количеством горящих частиц твердой фазы, движущихся около цилиндрической стенки камеры сгорания. При сжигании топлив, в составе которых содержались мелкие частицы (смеси щепы с фрезерным торфом или дробленным торфобрикетом), температура на периферии камеры была несколько выше, чем в предыдущем случае (рис. 3, 4), при этом визуально наблюдалось увеличение количества вынесенных из слоя мелких частиц, которые двигались около стенки камеры. В различных

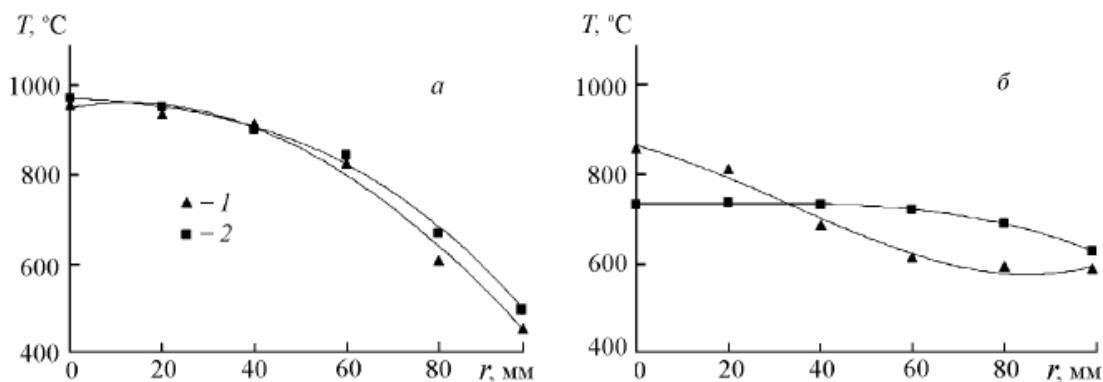


Рис. 2. Распределение температуры в камере сгорания (а) и камере догорания (б) при сжигании кускового древесного топлива рабочей влажностью  $W^p = 40\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\phi = 0.3$ ,  $q_v = 1085$  кВт/м<sup>3</sup>,  $a = 1.25$ ,  $V_n = 8.9$  м/с: а —  $\kappa_x = 100$  (1) и 20 мм (2); б —  $h_2 = 40$  (1) и 160 мм (2)

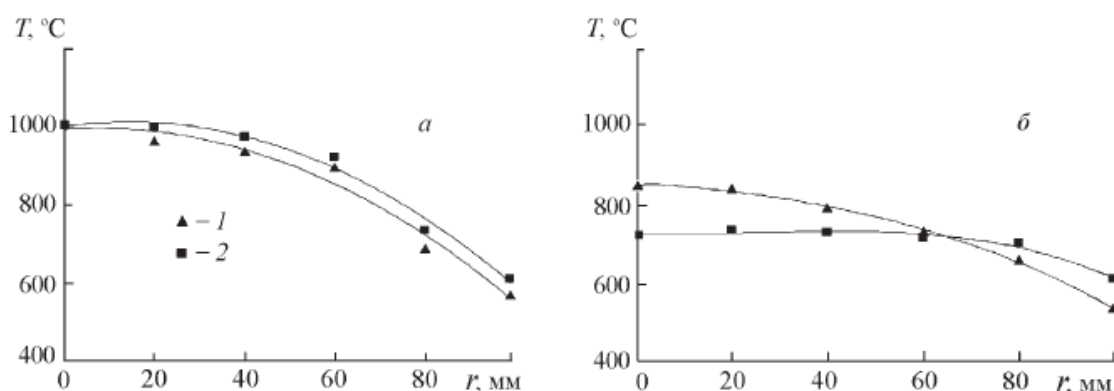


Рис. 3. Распределение температуры в камере сгорания (а) и камере догорания (б) при сжигании дробленого торфобрикета рабочей влажностью  $W^p = 11.3\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\phi = 0.5$ ,  $q_v = 1085$  кВт/м<sup>3</sup>,  $a = 1.25$ ,  $V_n = 6.3$  м/с: а —  $\kappa_x = 100$  (1) и 20 мм (2); б —  $h_2 = 40$  (1) и 160 мм (2)

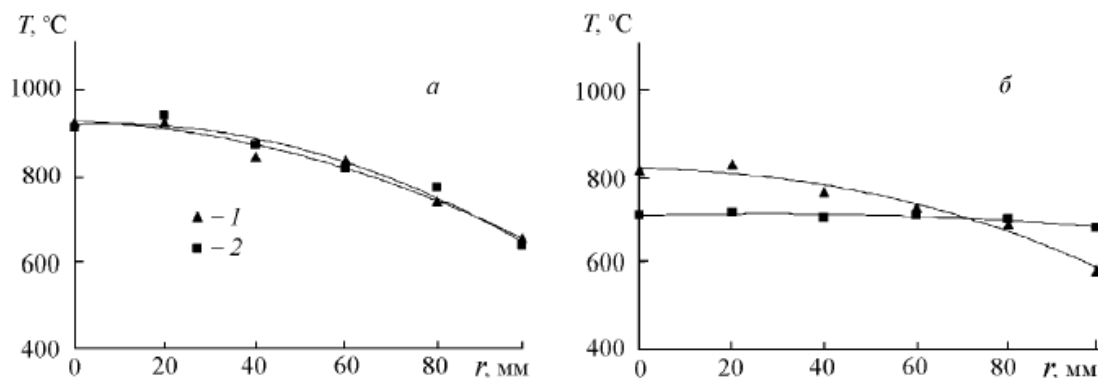


Рис. 4. Распределение температуры в камере сгорания (а) и камере догорания (б) при сжигании смеси щепа-фрезерный торф (массовое соотношение 35%/65%) рабочей влажностью  $W^p = 45\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\phi = 0.5$ ,  $q_v = 1085$  кВт/м<sup>3</sup>,  $a = 1.25$ ,  $v_n = 6.8$  м/с: а —  $h_1 = 100$  (1) и 20 мм (2); б —  $h_2 = 40$  (1) и 160 мм (2)

по высоте сечениях камеры ( $h_1 = 20$  и 100 мм) радиальные распределения температуры были практически идентичными. Наибольшие температуры во всех случаях наблюдались в приосевой области; при сжигании дробленого торфобрикета они достигали  $\approx 1000$  °С (рис. 3). Для других топлив максимальная температура в этой области была не ниже 900 °С. В целом профили температуры в камере сгорания при рассматриваемых диаметрах пережима и долях донного дутья практически не различались. Небольшое снижение температуры непосредственно около цилиндрической стенки наблюдалось при уменьшении доли донного дутья и составля-



ло примерно 20-64 °С. Температура в камере догорания была ниже, чем в камере сгорания. В нижнем сечении камеры догорания также имела место неизотермичность топочного объема в радиальном направлении. Максимальные значения температуры в приосевой области этого сечения в зависимости от используемого топлива и диаметра пережима составляли 815-916 °С. В верхнем сечении, перед входом в газотрубный теплообменник, профиль температуры для пережима  $d_{out}/D = 0.5$  является более равномерным (рис. 2-4). Максимальные температуры в этом сечении достигают значений 719-742 °С. Для пережима  $d_{out}/D = 0.3$  профиль температуры в верхнем сечении неравномерный, максимум температуры находится на оси камеры и достигает значений 810-827 °С, на периферии температура составляет около 600 °С (рис. 5). Меньшее падение температуры на участке оси от камеры сгорания до верхнего сечения камеры догорания связано с более высокой продольной скоростью в приосевой области при  $d_{out}/D = 0.3$ .

При уменьшении тепловыделения в камере ( $q_v = 503 \text{ кВт/м}^3$ ) уровень максимальных температур несколько падает (рис. 6), принимая значения в камере сгорания примерно 840-905 °С, однако профиль температуры становится более равномерным, температура в приосевой области и на периферии отличается не более чем на 280 °С. Это, вероятно, обусловлено уменьшением охлаждения пристенной области камеры сгорания струей холодного воздуха, истекающего из сопел тангенциального дутья при снижении скорости его ввода.

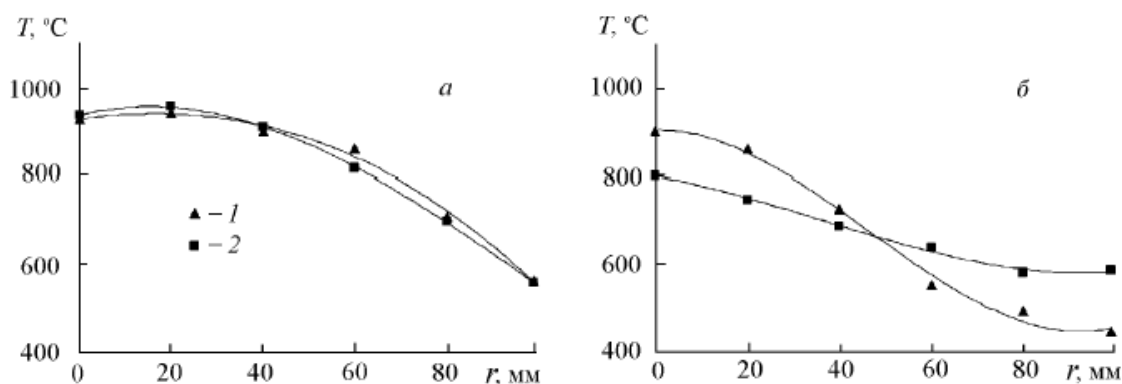


Рис. 5. Распределение температуры в камере сгорания (а) и камере догорания (б) при сжигании кускового древесного топлива рабочей влажностью  $W^p = 40\%$  при  $d_{out}/D = 0.3$ ,  $\phi = 0.5$ ,  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$ ,  $a = 1.25$ ,  $v_n = 6.4 \text{ м/с}$ : а —  $h_1 = 100$  (1) и 20 мм (2); б —  $h_2 = 40$  (1) и 160 мм (2)

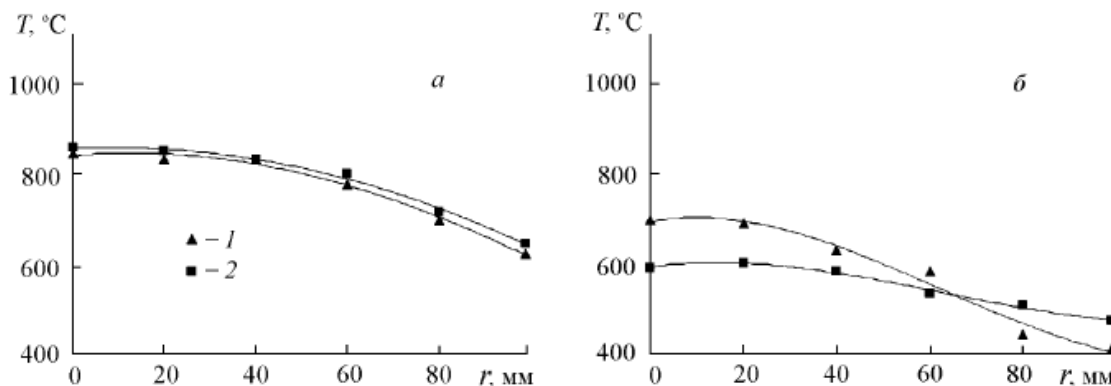


Рис. 6. Распределение температуры в камере сгорания (а) и камере догорания (б) при сжигании кускового древесного топлива рабочей влажностью  $W^p = 40\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\phi = 0.5$ ,  $q_v = 503 \text{ кВт/м}^3$ ,  $a = 1.25$ ,  $v_n = 3.2 \text{ м/с}$ : а —  $h_1 = 100$  (1) и 20 мм (2); б —  $h_2 = 40$  (1) и 160 мм (2)

Было выполнено сжигание смесей щепы с фрезерным торфом с целью определения предельного массового содержания компонентов в смеси, при котором обеспечивается устойчивый процесс горения. Выявлено, что при массовом содержании фрезерного торфа в смеси более 65% ( $W^p = 45\%$ ,  $\phi = 0.5$ ) процесс горения становится неустойчивым, что характеризуется снижением температуры и тепловыделения в топочной камере и сильной их циклическостью (визуально это наблюдается как неравномерный, очаговый характер горения, пропадание пламени при загрузке порции свежего топлива). Предельная рабочая влажность щепы, сжигаемой как один

компонент, при которой начинается неустойчивый режим горения, составляет  $W^p = 50-55\%$ . Зола, образующаяся при сжигании щепы, фрезерного торфа и их смесей, имела вид порошка. При сжигании дробленого торфобрикета в двух принятых по мощности режимах работы топki наблюдалось спекание золы, образующуюся корку шлака периодически необходимо было разрушать с помощью шуровки. Характерные температуры плавления золы торфобрикета составляли  $t_1 = 1060-1080^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 1070-1120^\circ\text{C}$  и  $t_3 = 1120-1160^\circ\text{C}$ .

Измерение концентраций монооксидов углерода CO и азота NO в отходящих газах выполнялось с помощью газоанализатора за газотрубным теплообменником при сжигании кусковой древесины и дробленого торфобрикета для следующих геометрических и режимных параметров: 1)  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$ ,  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\varphi = 0.3$  и  $0.5$ , топливо — кусковая древесина, дробленый торфобрикет; 2)  $q_v = 503 \text{ кВт/м}^3$ ,  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\varphi = 0.5$ , топливо — кусковая древесина; 3)  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$ ,  $d_{out}/D = 0.3$ ,  $\varphi = 0.3$  и  $0.5$ , топливо — кусковая древесина. Общее количество дутьевого воздуха, подаваемого в топку, устанавливалось для двух значений избытка воздуха  $\alpha = 1.25$  и  $1.5$ . Изменения мгновенной мощности котла-воздухоподогревателя, которая оценивалась по изменениям температуры подогреваемого воздуха и отходящих газов за котлом, связанные с периодичностью загрузки, были незначительны. В процессе анализа отходящих газов концентрации  $\text{O}_2$ , CO и NO в них менялись в некоторых пределах, поэтому периодичность загрузки топлива и его количество в порции выбирались таким образом, чтобы избыток воздуха изменялся в двух диапазонах:  $\alpha = 1.25 \pm 0.2$  и  $\alpha = 1.5 \pm 0.2$ . При этом для  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$  концентрация CO изменялась от 40-150 до 12 000-25 000  $\text{мг/м}^3$  в первом диапазоне и от 15 до 500  $\text{мг/м}^3$  во втором. Концентрация NO для двух диапазонов  $\alpha$  изменялась от 80 до 160  $\text{мг/м}^3$  при сжигании кусковой древесины и от 350 до 600  $\text{мг/м}^3$  при сжигании дробленого торфобрикета. Показания газоанализатора,

отражающие концентрации  $C_{\text{O}_2}$ ,  $C_{\text{CO}}$  и  $C_{\text{NO}}$  в отходящих газах, фиксировались в определенные моменты времени, после чего строились зависимости  $C_{\text{CO}}(\alpha)$  и  $C_{\text{NO}}(\alpha)$  (рис. 7-10). Несмотря на некоторый разброс опытных точек, характер полученных зависимостей достаточно определенный. Разброс полученных значений может объясняться периодичным режимом загрузки топлива и связанной с этим цикличностью выхода летучих; однако следует заметить, что при исследованиях работы энергетических котлов на природном газе, мазуте и угольной пыли и имеющих непрерывную подачу топлива [7, 8], также наблюдался довольно заметный разброс опытных значений концентраций.

Как видно из представленных графиков, концентрации CO при  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$  и различных долях донного дутья практически не отличаются при  $d_{out}/D = 0.5$  от концентраций CO для случаев сжигания кускового древесного топлива и дробленого торфобрикета (рис. 7, 8). При  $d_{out}/D = 0.3$  концентрация CO несколько ниже, особенно это заметно при меньшей доле донного дутья  $\varphi = 0.3$  (рис. 9). Концентрация NO в отходящих газах сильно зависит от вида топлива (рис. 7-10). При сжигании дробленого торфобрикета средние значения максимальной концентрации NO в 4-5.5 раза выше, чем при сжигании кусковой древесины. Для кусковой древесины при увеличении доли донного дутья, а также при уменьшении диаметра пережима концентрация NO несколько увеличивается. При  $\varphi = 0.5$  профиль концентрации NO имеет максимум в области  $\alpha = 1.3-1.5$  для обоих видов топлива. Концентрация NO при  $\varphi = 0.3$  имеет ниспадающий профиль независимо от диаметра пережима для кускового древесного топлива и экстремальный характер при сжигании дробленого торфобрикета.

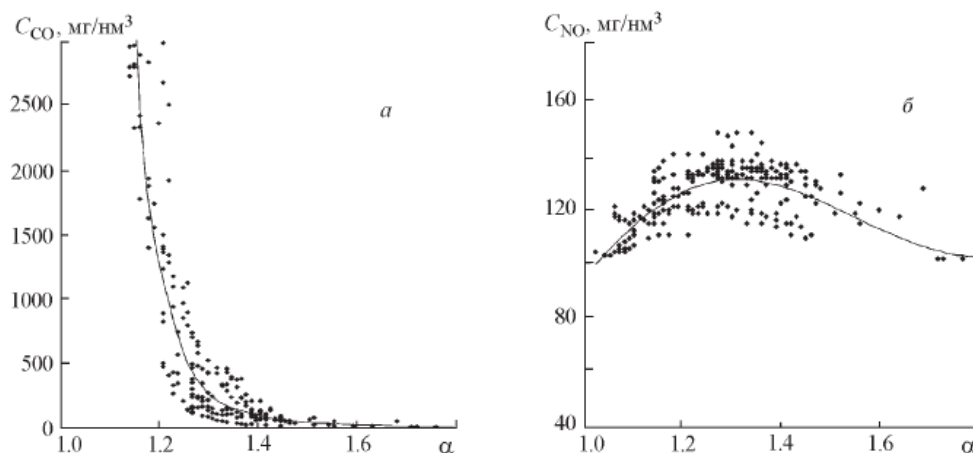


Рис. 7. Концентрация монооксидов углерода (а) и азота (б) в отходящих газах в зависимости от избытка воздуха при сжигании кускового древесного топлива рабочей влажностью  $W^p = 40\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\varphi = 0.5$ ,  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$

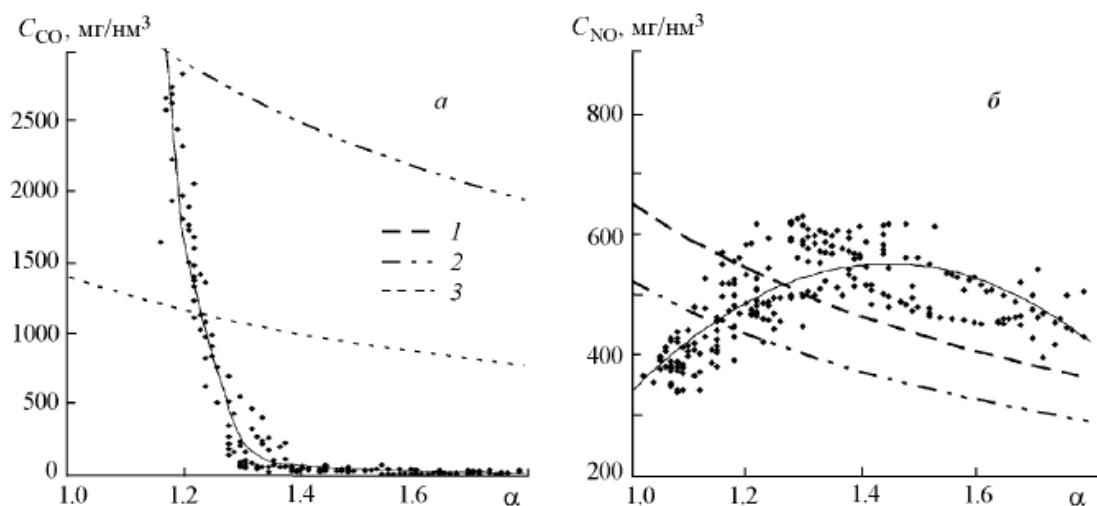


Рис. 8. Концентрация монооксидов углерода (а) и азота (б) в отходящих газах в зависимости от избытка воздуха при сжигании дробленого торфобрикета рабочей влажностью  $W^p = 11.3\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\phi = 0.3$ ,  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$  для котлов мощностью 0.1-0.3 МВт (1), 0.3-2.0 МВт (2) и 2.0-25 МВт (3)

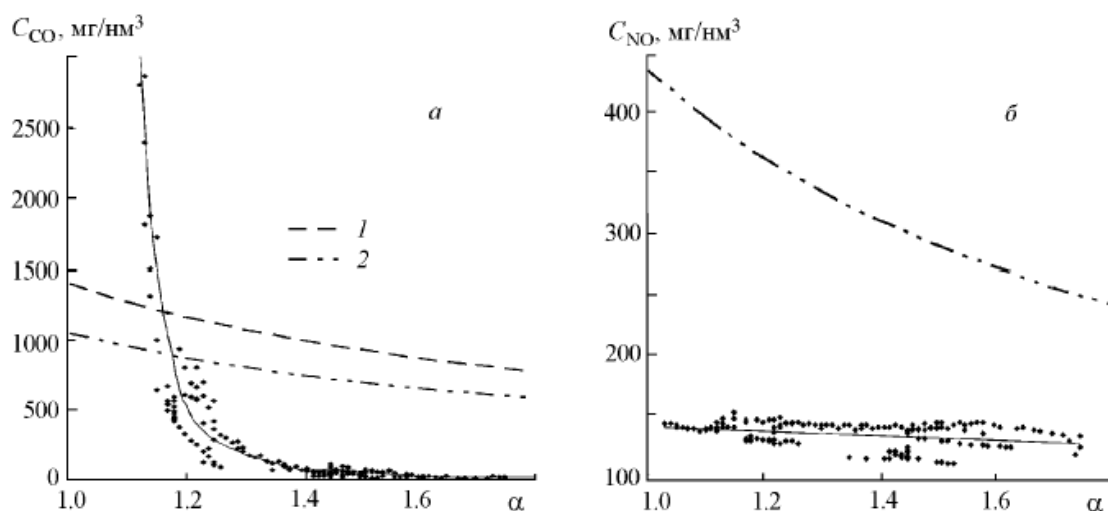


Рис. 9. Концентрация монооксидов углерода (а) и азота (б) в отходящих газах в зависимости от избытка воздуха при сжигании кускового древесного топлива рабочей влажностью  $W^p = 40\%$  при  $d_{out}/D = 0.3$ ,  $\phi = 0.3$ ,  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$  для котлов мощностью 0.3-2.0 МВт (1) и 2.0-25 МВт (2)

Для тепловыделения в топке с  $q_V = 503 \text{ кВт/м}^3$  концентрация СО в отходящих газах существенно увеличивается (рис. 10). Повышенное содержание СО в отходящих газах в данном случае может объясняться недостаточно качественным смешением вторичного воздуха с летучими и продуктами неполного горения, поступающими со слоя топлива. Некоторым подтверждением этого является форма факела в камере сгорания. При  $q_V = 1085 \text{ кВт/м}^3$  светящаяся часть факела в камере сгорания представляет собой вращающийся конусообразный объем (рис. 11, а) и имеет довольно выраженную устойчивую границу. При меньшей доле донного дутья граница пламени перемещается ближе к оси камеры. При  $q_V = 503 \text{ кВт/м}^3$  наблюдается неинтенсивный процесс горения топлива, граница факела неустойчива, пламя медленно движется вокруг оси камеры (рис. 11, б).

Следует заметить, что профили полученных зависимостей идентичны в качественном отношении (резкое падение концентрации СО при увеличении избытка воздуха и экстремальный характер поведения зависимостей  $C_{NO}(\alpha)$ ), полученных в [7].

Обеспечение низкой концентрации монооксида углерода СО в отходящих газах при одновременно невысоких значениях  $\alpha$  и небольшом объеме топки  $V$ , который, кроме непосредственно нормируемого экологического

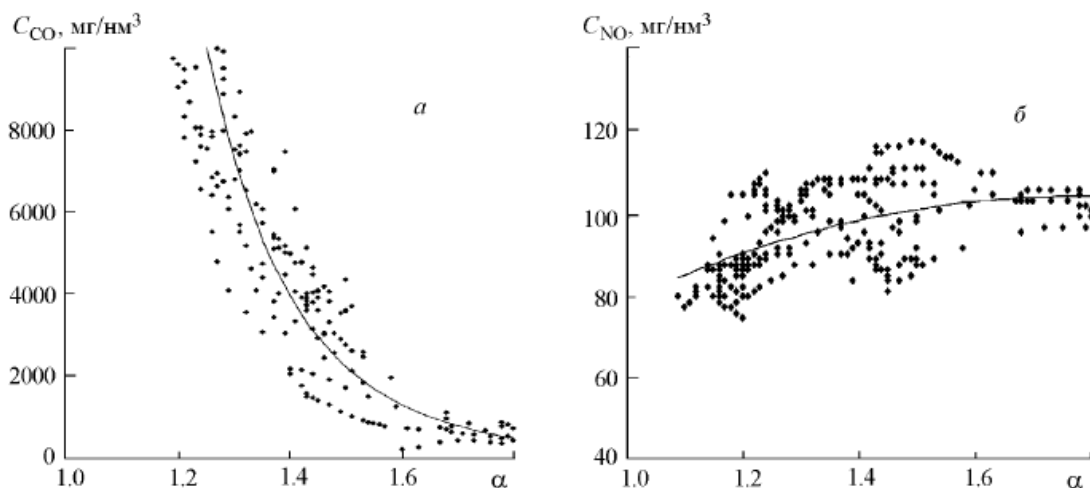


Рис. 10. Концентрация монооксидов углерода (а) и азота (б) в отходящих газах в зависимости от избытка воздуха при сжигании кускового древесного топлива рабочей влажностью  $W^p = 40\%$  при  $d_{out}/D = 0.5$ ,  $\phi = 0.5$  и  $q_v = 503 \text{ кВт/м}^3$

параметра топочного процесса, определяет также величину химического недожога, является одним из качественных показателей работы топочного устройства. Например, в [5] при сжигании углей в слоевых топках котлов паропроизводительностью от 1.0 до 10.0 кг/с рекомендовано использовать  $\alpha = 1.3-1.6$  и  $q_v = 290-470 \text{ кВт/м}^3$  при величине химического недожога 0.1-1.0%, что в пересчете на концентрацию СО в отходящих газах соответствует  $C_{CO} \approx 250-3000 \text{ мг/м}^3$ . Это значительно выше представленных на рис. 7-9 концентраций  $C_{CO}$  в диапазоне  $\alpha = 1.3-1.6$ , определенных для циклонно-слоевой топки при  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$ . Полученные концентрации монооксида углерода примерно соответствуют области концентраций, представленной в [9] и находящейся между значениями  $C_{CO}(\alpha)$ , установленными для автоматических топочных устройств и "улучшенных" автоматических топочных устройств.

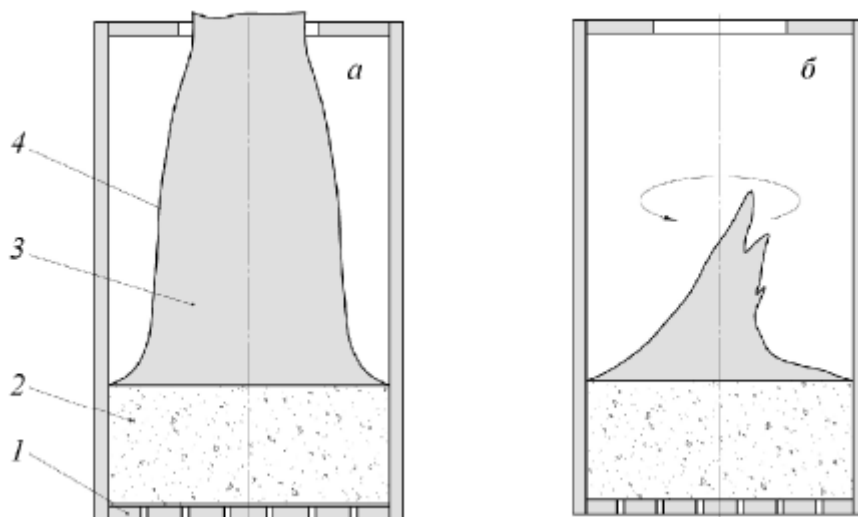


Рис. 11. Схема расположения светящейся части факела в объеме камеры сгорания при  $q_v = 1085 \text{ кВт/м}^3$  (а) и  $q_v = 503 \text{ кВт/м}^3$  (б): 1 — газораспределительная решетка; 2 — слой топлива; 3 — светящаяся часть факела; 4 — граница светящейся части факела

Сведения о снижении концентрации СО в отходящих газах при вихревом сжигании угля и его смеси с древесным топливом приводятся в [10], где эта величина находится на уровне 0.01% (125 мг/м³) при концентрации  $O_2$ , равной 5-6% ( $\alpha = 1.31-1.4$ ).

На рис. 8 и 9 представлены кривые предельных концентраций СО и NO, определенные для котлов различной мощности согласно [11, 12], где установлены нормы предельной концентрации оксидов азота  $NO_x = NO +$

NO<sub>2</sub>, приведенные к диоксиду азота NO<sub>2</sub>. Кривая предельной концентрации NO получена из нормированного значения NO<sub>2</sub> [11, 12] для характерного для дымовых газов котельных установок 5%-го объемного содержания NO<sub>2</sub> в отходящих газах [7]. Из рис. 9 видно, что при сжигании древесного топлива ( $q_V = 1085$  кВт/м<sup>3</sup>) для удовлетворения установленных норм выбросов CO коэффициент избытка воздуха должен быть не менее 1.16 для котлов мощностью 0.3-2.0 МВт и не менее 1.18 для котлов мощностью 2.0-25 МВт (данные значения  $\alpha$  находятся на пересечении линии средней концентрации с кривыми 1—3). Для котлов мощностью 0.1-0.3 МВт кривая предельной концентрации CO лежит выше аналогичных кривых, представленных на рис. 9, а, допустимый коэффициент избытка воздуха в этом случае должен быть не менее  $\alpha \approx 1.07$ . В этом случае концентрация NO меньше допустимой нормы во всем диапазоне  $\alpha$ . При сжигании торфобрикета для выполнения норм по предельным концентрациям CO избыток воздуха должен быть  $\alpha \approx 1.17$ -1.23 при мощности 0.1-25 МВт (рис. 8, а), однако допустимые значения средней концентрации NO в этом случае достигаются только для котлов мощностью 0.1-0.3 МВт при  $\alpha < 1.27$  (рис. 8, б).

### Выводы

1. Радиальное распределение температуры в циклонно-слоевой камере сгорания характеризуется значительной неизотермичностью. Неравномерность температуры несколько уменьшается при увеличении в топливе мелких фракций, а также при уменьшении тепловыделения в топке. В двух измеренных сечениях по высоте камеры температура различается несущественно. При уменьшении доли донного дутья наблюдается небольшое уменьшение температуры лишь непосредственно около цилиндрической стенки камеры.

2. В нижнем сечении камеры догорания также имеет место неизотермичность в радиальном распределении температуры. В верхнем сечении при  $d_{out}/D = 0.5$  профиль температуры достаточно близок к равномерному. При  $d_{out}/D = 0.3$  профиль температуры неравномерный в обоих сечениях по высоте камеры догорания.

3. При сжигании щепы рабочей влажностью более  $W^p = 50$ -55% наблюдается неустойчивый режим горения. При сжигании смеси щепа-фрезерный торф с  $W^p = 45\%$  неустойчивый режим горения имеет место при массовом содержании торфа в смеси более 65%.

4. Характер зависимости  $C_{CO}(\alpha)$  одинаков для кускового древесного топлива и дробленого торфобрикета, а также для различных долей донного дутья. Количественные значения концентрации CO при  $d/D_{out} = 0.5$  для различных топлив и значений  $\phi$  примерно одинаковы. Для пережима  $d/D_{out} = 0.3$  при уменьшении доли донного дутья концентрация CO в отходящих газах несколько снижается. При тепловом напряжении топочного объема  $q_V = 503$  кВт/м<sup>3</sup> концентрация CO существенно возрастает.

5. При сжигании древесины концентрация NO несколько снижается с уменьшением доли донного дутья. В исследованном интервале  $\alpha$  зависимость  $C_{NO}(\alpha)$  носит экстремальный характер при  $q_V = 1085$  кВт/м<sup>3</sup> и  $\phi = 0.5$  как для кусковой древесины, так и для дробленого торфобрикета. Для  $\phi = 0.3$  данная зависимость приобретает экстремальный характер при сжигании дробленого торфобрикета. Концентрация NO в отходящих газах при сжигании дробленого торфобрикета значительно выше, чем при сжигании кусковой древесины.

6. Сравнение установленных концентраций CO и NO с нормативами [11, 12] свидетельствует о том, что при сжигании древесного топлива и торфобрикета по циклонно-слоевой технологии в зависимости от мощности котельного агрегата применяющийся в диапазоне 0.1-25 МВт избыток воздуха на выходе топки можно снизить до значений  $\alpha = 1.07$ -1.23, удовлетворяя при этом предельной концентрации, принятой для CO. В свою очередь это позволяет увеличить КПД котла до 2-4% по сравнению с отмеченными выше значениями  $\alpha = 1.3$ -1.6, рекомендованными в [5].

7. Сжигание торфобрикета по рассматриваемой технологии при условии соответствия содержания МО предельным нормам возможно для котлов мощностью 0.1-0.3 МВт при  $\alpha < 1.27$ . При более высокой мощности: 2-25 МВт потребуются дополнительные мероприятия, направленные на снижение эмиссии МО<sub>x</sub>, такие как сжигание торфобрикета в смеси с древесным топливом с целью снижения содержания топливного азота в исходном топливе. Кроме того, необходимы мероприятия по исключению зашлаковывания газораспределительной решетки, поскольку, как отмечалось выше, при сжигании торфобрикета наблюдалось спекание золы. В данном случае отсутствие спекания будет способствовать сжиганию торфобрикета в смеси с древесным топливом, поскольку температура слоя снижается в результате взаимодействия углерода коксового остатка с влагой древесного топлива.

### Обозначения

$C_{CO}$  — концентрация монооксида углерода в отходящих газах, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{NO}$  — концентрация монооксида азота в отходящих газах, мг/м<sup>3</sup>;  $D$  — диаметр камеры сгорания (догорания), мм;  $d_{in}$  — диаметр отверстий ввода тангенциального воздуха, мм;  $d_{out}$  — диаметр пережима, мм;  $f_{in}$  — площадь сечения ввода тангенциального воздуха, м<sup>2</sup>;  $f_{out}$  — площадь сечения пережима, м<sup>2</sup>;  $H_1 = 350$  мм — высота камеры сгорания;  $H_2 = 200$  мм — вы-

сота камеры догорания;  $H_3 = 100$  мм — высота пережима;  $h_b$  — высота слоя топлива, мм;  $h_1$  — расстояние от верхней стенки камеры сгорания до плоскости измерения, мм;  $h_2$  — расстояние от нижней стенки камеры догорания до плоскости измерения, мм;  $q_V$  — тепловое напряжение топочного объема, кВт/м<sup>3</sup>;  $t_1$  — температура начала деформации золы, °С;  $t_2$  — температура начала размягчения золы, °С;  $t_3$  — температура начала жидкоплавкого состояния золы, °С;  $V$  — объем топочной камеры, м<sup>3</sup>;  $V_n$  — скорость на выходе из сопел, м/с;  $W^p$  — рабочая влажность топлива (смеси);  $\alpha$  — избыток воздуха в отходящих газах;  $\phi$  — доля донного дутья (первичного воздуха). Индексы: *in* — вход; *out* — выход; *b* — слой; *n* — сопло; *p* — рабочий; *n* — низкий.

### **Библиографический список**

1. Щуренко В. П., Пузырев Е. М., Сеначин П. К. Моделирование и разработка низкотемпературных вихревых топочных устройств//Ползуновский вестник. 2004. № 1. С. 152-156.
2. Щуренко В. П. Разработка вихревых низкотемпературных топок и технологических схем огневой утилизации растительных отходов: Дис. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2004.
3. Теплицкий Ю. С., Пицуха Е. А., Белонович Д. Г. К расчету активной теплоизоляции//ИФЖ. 2012. Т. 85, № 4. С. 681-688.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов: Нормативный метод. 2-е изд., перераб./Под ред. Н. В. Кузнецова и др. М.: Энергия, 1973.
5. Тепловой расчет котельных агрегатов: Нормативный метод. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998.
6. Циклонные топки/Под общей ред. Г. Ф. Кнорре, М. А. Наджарова. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958.
7. Росляков П. В., Ионкин И. Л., Плешанов К. А. Эффективное сжигание топлив с контролируемым химическим не-дожогом//Теплоэнергетика. 2009. № 1. С. 20-23.
8. Шатиль А. А. Топочные процессы и устройства: исследование и расчет. СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1997.
9. Nussbaumer T. Combustion and co-combustion of biomass: Fundamentals, technologies, and primary measures for emission reduction//Energy & Fuels. 2003. No. 17. Pp. 1510-1521.
10. Афанасьев Ю. О., Козлова Г. С., Богомолов А. Р., Медяник В. С. Испытание циклонного реактора для сжигания высокосольного топлива//Теплоэнергетика. 2011. № 12. С. 47-52.
11. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1626.1-2006. Установки котельные. Установки, работающие на газообразном, жидком и твердом топливе. Нормы выбросов загрязняющих веществ.
12. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1626.1-2006. Установки котельные. Установки, работающие на биомассе. Нормы выбросов загрязняющих веществ.

**Муромцев Д.Ю.**

### **ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЕМКИМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

*Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов,  
(e-mail: postmaster@nauka.tstu.ru)*

Задачи повышения энергетической эффективности и внедрения энергосберегающих технологий в промышленное производство в настоящее время являются весьма актуальными. Одним из возможных подходов к решению данных задач является разработка и практическое применение информационно-управляющих систем (ИУС), осуществляющих оптимальное управление (ОУ) энергоемкими технологическими объектами. Внедрение ИУС позволяет снизить затраты энергоресурсов, обеспечить требуемое качество выпускаемой продукции, минимизировать материальные затраты, сократить уровень загрязнения окружающей среды и т.д. На современном этапе развития технологии практически ни одно производство не обходится без систем управления, которые позволяют решать все более сложные задачи по мере совершенствования информационных технологий и вычислительной техники [1].

Технологические объекты, применяемые в современной промышленности, весьма разнообразны по назначению и конструктивному исполнению. При проектировании и разработке ИУС энергоемкими технологическими объектами необходимо учитывать следующие факторы:

- многочисленность и распределенность контролируемых и регулируемых параметров объекта;
- наличие нескольких независимых управляющих воздействий, которые могут различаться типом энергоснабжителя;

– сложность критерия оптимальности, который должен обеспечивать минимизацию затрат энергоресурсов, требуемое качество конечного продукта и производительность технологического объекта.

Формализация и математическая постановка задачи оптимального управления (ЗОУ) является одним из первых и очень важных этапов разработки ИУС. Постановка ЗОУ во многом определяет дальнейшее направление проектирования ИУС, особенно в части разработки ее алгоритмического обеспечения.

Математическая постановка ЗОУ динамическими режимами многомерного объекта в общем виде может быть сформулирована следующим образом:

Заданы:

– модель динамики объекта в виде уравнения состояния

$$\frac{d\mathbf{Z}(t)}{dt} = f_1(\mathbf{Z}(t), \mathbf{U}(t), \mathbf{W}(t), t), t \in [t_0, t_k] \quad (1)$$

и уравнения наблюдения

$$\mathbf{Y}(t) = f_2(\mathbf{Z}(t), \mathbf{V}(t), t); \quad (2)$$

– условия изменения вектора фазовых координат

$$\mathbf{Z}(t_0) = \mathbf{Z}^0 \rightarrow \mathbf{Z}(t_k) = \mathbf{Z}^k; \quad (3)$$

– ограничения, накладываемые на компоненты вектора управляющих воздействий в каждый момент времени,

$$\forall t \in [t_0, t_k]: \mathbf{U}(t) \in [\mathbf{U}^H, \mathbf{U}^B]; \quad (4)$$

– минимизируемый функционал

$$J = \int_{t_0}^{t_k} f_3(\mathbf{Z}(t), \mathbf{U}(t), t) dt \rightarrow \min. \quad (5)$$

В данной задаче:  $\mathbf{Z}(t) = (Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_n(t))^T$  –  $n$ -мерный вектор фазовых координат;  $\mathbf{U}(t) = (U_1(t), U_2(t), \dots, U_m(t))^T$  –  $m$ -мерный вектор управляющих воздействий;  $\mathbf{W}(t) = (W_1(t), W_2(t), \dots, W_p(t))^T$  –  $p$ -мерный вектор возмущающих воздействий в канале управления;  $[t_0, t_k]$  – временной интервал управления;  $\mathbf{Y}(t) = (Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_o(t))^T$  –  $o$ -мерный вектор выходных переменных;  $\mathbf{V}(t) = (V_1(t), V_2(t), \dots, V_q(t))^T$  –  $q$ -мерный вектор возмущающих воздействий в канале измерения;  $\mathbf{Z}^0 = (Z_1^0, Z_2^0, \dots, Z_n^0)^T$ ,  $\mathbf{Z}^k = (Z_1^k, Z_2^k, \dots, Z_n^k)^T$  – начальное и конечное значение вектора  $\mathbf{Z}(t)$ ;  $\mathbf{U}^H = (U_1^H, U_2^H, \dots, U_m^H)^T$ ,  $\mathbf{U}^B = (U_1^B, U_2^B, \dots, U_m^B)^T$  – границы изменения вектора управляющих воздействий;  $J$  – минимизируемый функционал;  $f_1, f_2, f_3$  – векторные функции.

Требуется для задаваемого массива исходных данных ЗОУ  $R$  определить значения компонентов вектора  $\mathbf{U}^*(t)$ , при которых для модели (1)-(2), с учетом условий (3) и ограничений (4), достигается минимум функционала (5). Массив исходных данных  $R$  должен включать: параметры модели динамики объекта (параметры функций  $f_1, f_2$ ); границы временного интервала управления  $[t_0, t_k]$ ; начальное  $\mathbf{Z}^0$  и конечное  $\mathbf{Z}^k$  значения вектора фазовых координат; границы изменения вектора управляющих воздействий  $\mathbf{U}^H, \mathbf{U}^B$ ; характеристики возмущающих воздействий в каналах управления и измерения.

Важным этапом проектирования ИУС является идентификация математической модели динамики объекта управления. Одним из возможных вариантов для использования в ИУС являются модели в виде систем дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, при помощи которых можно моделировать многомерные объекты управления, в том числе нелинейные. В ряде случаев для решения задачи идентификации модели динамики технологический объект можно условно разделить на несколько зон, в каждой из которых выделяются фазовые координаты и управляющие воздействия, характерные только для этой зоны, а взаимное влияние зон друг на друга рассматривается как возмущающие воздействия.

Упрощенная схема  $\eta$ -зонного объекта показана на рис. 1.

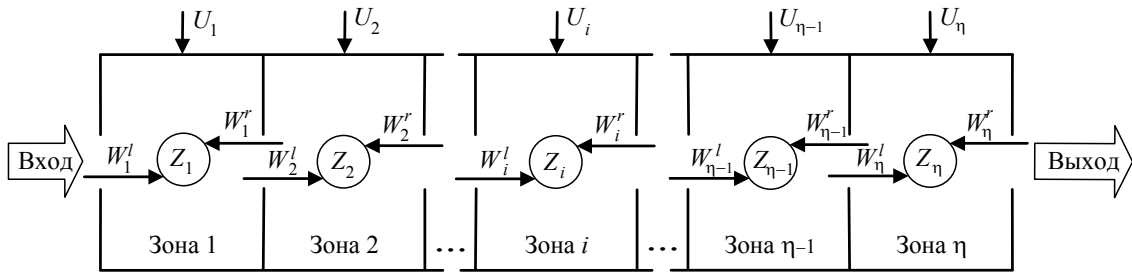


Рис. 1. Упрощенная схема  $\eta$ -зонного объекта

На схеме рис. 1 используются следующие обозначения:  $Z_i, U_i, i = \overline{1, \eta}$  – векторы фазовых координат и управляющих воздействий  $i$ -й зоны;  $W_i^l, W_i^r$  – возмущающие воздействия со стороны соседних зон (слева и справа). Каждая зона объекта, описывается системой дифференциальных уравнений с разрывной правой частью:

$$\dot{Z}_i = \begin{cases} A_{i,1} Z_{i,1}(t) + B_{i,1} U_{i,1}(t) + C_{i,1}^l W_{i,1}^l(t) + C_{i,1}^r W_{i,1}^r(t), & Z_{i,1} \in [Z_{i,1}^0, Z_{i,1}^k]; \\ A_{i,2} Z_{i,2}(t) + B_{i,2} U_{i,2}(t) + C_{i,2}^l W_{i,2}^l(t) + C_{i,2}^r W_{i,2}^r(t), & Z_{i,2} \in [Z_{i,2}^0, Z_{i,2}^k]; \\ \dots & \dots \\ A_{i,s_i} Z_{i,s_i}(t) + B_{i,s_i} U_{i,s_i}(t) + C_{i,s_i}^l W_{i,s_i}^l(t) + C_{i,s_i}^r W_{i,s_i}^r(t), & Z_{i,s_i} \in [Z_{i,s_i}^0, Z_{i,s_i}^k], \end{cases} \quad (6)$$

где  $A_{i,j}, B_{i,j}, C_{i,j}^l, C_{i,j}^r, i = \overline{1, \eta}, j = \overline{1, s_i}$  – матрицы параметров для  $j$ -й стадии  $i$ -й зоны;  $Z_{i,j}^0, Z_{i,j}^k$  – границы  $j$ -й стадии  $i$ -й зоны;  $\eta$  – количество зон;  $s_i$  – количество стадий в модели  $i$ -й зоны.

Динамика всего объекта в целом описывается моделью, включающей множество моделей зон  $\mathbf{M} = \{M_1, M_2, \dots, M_\eta\}$ , где  $M_i, i = \overline{1, \eta}$  – модель  $i$ -й зоны вида (6).

Разработка алгоритмического обеспечения для ИУС энергоемкими технологическими объектами, в большинстве случаев, представляет собой сложное научно-техническое исследование, поскольку в состав алгоритмического обеспечения могут включаться достаточно сложные методы и алгоритмы (идентификации моделей; анализа и синтеза ОУ; имитационного моделирования; принятия решений в условиях неопределенности и т.д.). Одним из наиболее эффективных подходов к разработке алгоритмического обеспечения ИУС является подход, основанный на методах представления и решения задач энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования [2], а также на совместном применении принципа максимума Понтрягина [3] и метода синтезирующих переменных [4].

В качестве алгоритмов оперативного синтеза энергосберегающих управляющих воздействий возможно применение алгоритмов [5-7]: помехоустойчивого управления с оптимальной фильтрацией и прогнозирующей моделью; аналитического конструирования оптимальной программы управления; интеллектуального управления на основе нечеткой логики; робастного управления; адаптивного управления и др.

Рассмотрим практический пример построения ИУС динамическими режимами многосекционных вальцеленточных сушильных установок (СВЛ). СВЛ применяются для сушки пастообразных материалов и представляют собой типичные многомерные энергоемкие объекты, имеющие несколько фазовых координат (температуры в центре каждой секции) и управляющих воздействий (степень открытия кранов подачи пара в паровые калориферы, установленные в каждой секции СВЛ). Структурная схема ИУС СВЛ представлена на рис. 2.

Система включает четыре модуля, базу знаний [8, 9], базу данных [10] и подсистему графического интерфейса пользователя. Модули ИУС имеют следующее функциональное назначение: модуль анализа ЗОУ обеспечивает исследование области существования решения ЗОУ, определение возможных видов функций ОУ и получение соотношений для расчета их параметров; модуль имитационного моделирования осуществляет имитирование влияния шумов и смены состояния функционирования объекта, планирование эксперимента и получение статистических данных по заданному количеству опытов; модуль идентификации состояния функционирования позволяет идентифицировать текущее значение переменной состояния функционирования СВЛ; модуль синтеза ОУ осуществляет выбор и реализацию алгоритма синтеза управляющих воздействий в зависимости от текущего состояния функционирования СВЛ [11].



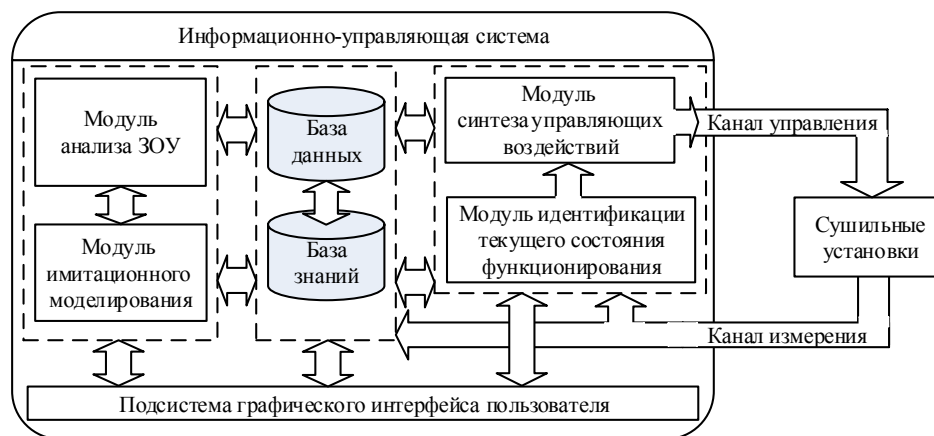


Рис. 2. Структурная схема ИУС СВЛ

ИУС СВЛ внедрена на ОАО «Пигмент» (г. Тамбов) и применяется для управления динамическими режимами процессов сушки органических красителей, входящих в состав типографской краски. Схема технической реализации ИУС СВЛ на предприятии показана на рис. 3.

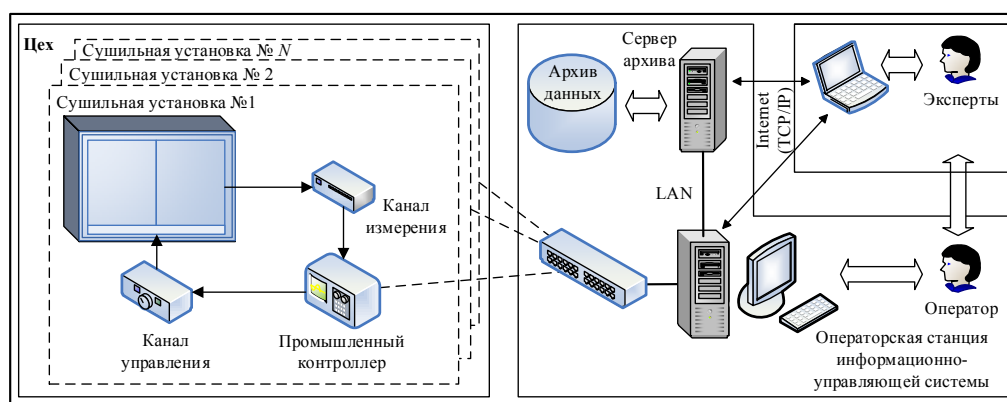


Рис. 3. Схема технической реализации ИУС СВЛ на предприятии

В качестве примера рассмотрим результаты работы ИУС для управления четвертой секцией пятисекционной СВЛ в виде графиков управляющего воздействия и первой фазовой координаты (рис. 4). Экономия энергоресурсов при оптимальном управлении для четвертой секции составила 6,2% по сравнению с традиционным, при этом было обеспечено требуемое качество выпускаемой продукции.

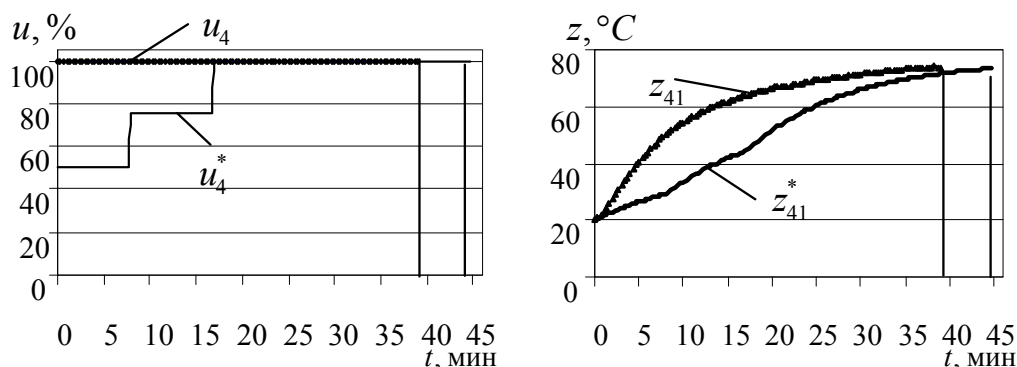


Рис. 4. Графики управляющего воздействия и фазовой координаты при энергосберегающем ( $u_4^*$ ,  $z_{41}^*$ ) и традиционном ( $u_4$ ,  $z_{41}$ ) управлении

Внедрение и практическое применение ИУС СВЛ обеспечило снижение затрат энергоресурсов в динамических режимах процессов сушки органических красителей на 5...15%.

Рассмотрим практический пример построения ИУС динамическими режимами барабанных сушильных установок (БСУ). В качестве управляющих воздействий рассматриваются: степень открытия паровой головки и мощность вытяжного вентилятора. Фазовыми координатами являются: температуры выходного материала, отводимого выпара и воздуха в сушилке; содержание кислорода в воздухе сушилки.

Структурная схема разработанной ИУС БСУ показана на рис. 5.

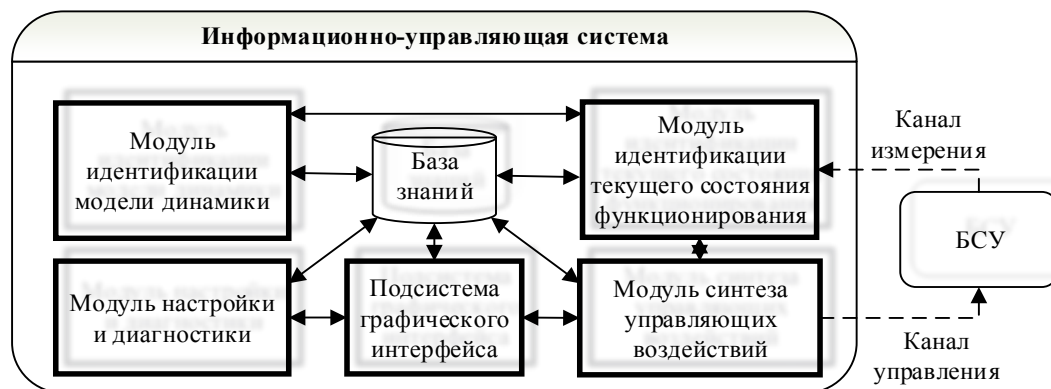


Рис. 5. Структурная схема ИУС БСУ

Модули ИУС БСУ имеют следующее функциональное назначение: модуль идентификации модели динамики обеспечивает решение задачи параметрической идентификации модели динамики БСУ; модуль идентификации текущего состояния функционирования определяет значения автоматически измеряемых параметров, влияющих на изменение состояния функционирования объекта; модуль синтеза управляющих воздействий определяет вид и параметры функции ОУ и реализует алгоритмы оперативного синтеза оптимальных управляющих воздействий; модуль настройки и диагностики позволяет технологу производить изменение и дополнение базы знаний системы. База знаний содержит процедурные знания о функциях, необходимых для синтеза конечной системы уравнений, решение которой определяет параметры функций ОУ для текущего состояния функционирования сушильной установки [12].

Устройства согласования с объектом, каналы управления и измерения (показанные на рис. 5 пунктирными линиями) реализованы в рамках существующей системы управления производством. Программная реализация модулей ИУС БСУ осуществлялась в рамках существующей системы управления производством при помощи ресурсов SCADA-системы Siemens WinCC.

ИУС БСУ внедрена на ОАО «Талвис» (Тамбовская область) и применяется для управления динамическими режимами процессов сушки послеспиртовой барды. Внедрение ИУС обеспечило снижение затрат энергоресурсов в динамических режимах процессов сушки на 5...10%.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

### Библиографический список

1. Грибков, А.Н. Информационно-управляющие системы многомерными технологическими объектами: теория и практика: монография / А.Н. Грибков, Д.Ю. Муромцев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 164 с.
2. Муромцев, Ю.Л. Моделирование и оптимизация сложных систем при изменениях состояния функционирования / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин, О.В. Попова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. – 164 с.
3. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.В. Мищенко. – М.: Физматгиз, 1969. – 384 с.
4. Муромцев, Ю.Л. Метод синтезирующих переменных при оптимальном управлении линейными объектами / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин, Е.В. Сатина // Приборостроение. Изв. вузов. – 1993. – №11–12. – С. 19-25.
5. Методологические аспекты построения программно-аналитического комплекса проектирования систем энергосберегающего управления / Д.Ю. Муромцев, А.Н. Грибков, А.А. Чуриков, И.И. Пасечников // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т.21. – №4. – С 542-547.
6. Муромцев, Д.Ю. Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами: Монография / Д.Ю. Муромцев. – Тамбов; М.; СПб.; Баку; Вена: Издательство «Нобелистика», 2005. – 202 с.

7. Грибков, А.Н. Теоретические основы оптимального управления многомерными технологическими объектами: монография / А.Н. Грибков. – М.: Изд-во МИНЦ, 2014. – 138 с.
8. Грибков, А.Н. Программное обеспечение информационно-управляющей системы сушильной установки / А.Н. Грибков // Программные продукты и системы. – 2009. – №4. – С. 152-153.
9. Муромцев, Д.Ю. База знаний интеллектуальной информационно-управляющей системы многомерным объектом / Д.Ю. Муромцев, А.Н. Грибков, И.А. Куркин // Информационно-управляющие системы. – 2015. – № 5. – С. 60-64.
10. Грибков, А.Н. Разработка базы данных информационно-управляющей системы многосекционными сушильными установками / А.Н. Грибков // Фундаментальные и прикладные исследования в системе образования: сб. тр. VII-й Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2009. – С. 207-209.
11. Грибков, А.Н. Информационно-управляющая система динамическими режимами в многосекционных сушильных установках / А.Н. Грибков // Информатика и системы управления. – 2009. – №2(20). – С. 123 – 129.
12. Грибков, А.Н. Информационно-управляющая система динамическими режимами сушильной установки / А.Н. Грибков, И.А. Куркин // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тез. докл. 2-й Междунар. конф. с элементами научной школы, Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2015. – С. 77-78.

*Leticia García-Cruz<sup>1</sup>, Vicente Montiel<sup>1,2</sup>, Jesús Iniesta<sup>1,2</sup>*

# SMART CARBON MATERIALS FOR ELECTROCHEMICAL SENSING APPLICATIONS

<sup>1</sup>*Department of Physical Chemistry of Alicante University, Ctra.  
San Vicente del Raspeig s/n, 03690 Alicante, Spain*

<sup>2</sup>*Institute of Electrochemistry of Alicante University, Ctra.  
San Vicente del Raspeig s/n, 03690 Alicante, Spain*

**Abstract:** This work explores the immobilization of nickel nanoparticles on various carbon supports and their application as electrocatalysts in alkaline medium. The electrocatalysts based on carbon supporters either carbon black (CB) or nanoporous carbons (PS), the later obtained from the carbonization of polymer precursor, are prepared with different nickel loading and then electrochemically characterized by cyclic voltammetry technique. The results point out the importance of controlling the dispersion of the nickel phase within the carbon matrix for a full exploitation of the electroactive area of the metal. The easy preparation and performance lead to the possibility of scaling up multiple sensing applications based on these novel nickel-doped carbon electrocatalysts.

## 1. Introduction.

The use of non-precious metals are receiving special attention due to their high electrocatalytic activity towards the electrooxidation of small organic molecules. In this regard, copper, cobalt, or nickel, to cite a few examples, are the most interesting alternative to costly platinum electrodes. Beyond its low price and mass produced material, nickel shows inherent catalytic properties in a wide number of processes, such as organic electrosynthesis<sup>1-4</sup>, degradation of hazardous organic matter<sup>5</sup>, energy conversion in alkaline fuel cells<sup>6-7</sup>, biosensing<sup>8-9</sup> and electroanalysis<sup>10-12</sup>, among other applications.

It is well known that the nanoparticulate systems provide an improved catalytic performance as compared with massive systems due mainly to their high surface to volume ratio, although their performance is greatly affected by size, shape, nature and bulk/surface composition of the nanoparticles. While focusing on improving catalytic performance of the electrocatalysts and on electroanalytical applications, metal nanoparticles are generally supported onto inert surfaces in order to increase their dispersion and improve their distribution in an overall surface. There are multiple materials that can be used as nanoparticles support such as ceramics or zeolites; however, carbon materials are presented as the best option as metal nanoparticles support. It is a consequence of significant properties that carbon materials exhibit: i) a high electrical conductivity, ii) high surface area, iii) appropriate structural properties, and iv) an excellent porosity and pore size distribution. The presence of proper functional groups on carbon materials surface allows the optimum anchoring or interactions of metal nanoparticles, improving the lifetime of the catalysts and favoring the dispersion of the active components, and consequently, the exposition of mostly total metal active area which could lead to speed up the electrode processes.

A diversity of carbon as an electrode material stands from its bulk and surface properties, particularly the structural polymorphism, chemical stability, rich surface chemistry and electronic conductivity. Some carbon materials present electronic properties close to those of metallic electrodes. Nevertheless, their properties are quite different among various members of the carbon family, as depend on the spatial arrangement of the carbon atoms. The efficiency of an electrode material is dictated by electron transfer rate, stability, adsorption or redox potential. Therefore, it is important to bear in mind the main structural and physicochemical differences of most widely used carbons in electrochemical applications which derive from the flexible coordination chemistry of carbon atoms and their unique ability to bind other heteroatoms, or other carbon atoms, resulting in a wide spectrum of materials and allotropic forms. In this sense, the allotropic forms of graphite, carbon nanotubes, graphenes, ordered porous carbon, carbon nanocoils, or nanofibers, among others, correspond to several examples of carbon materials employed for the design of novel electrodes for electrochemical sensing applications.

The most commonly carbon material used as catalysts support are carbon black (CB), being the Vulcan XC-72R the most representative, and activated carbons (AC). Findings demonstrate that the immobilization and high dispersion of the active species on highly nanoporous carbons offers important advantages in terms of electrode stability and activity, together with conversion, current efficiency and stereoselectivity of the electrooxidation of alcohols, to cite one example. Regarding nanoporous carbon preparation, it was found that pyrolysis at high temperatures of organic salt precursor, e.g. polystyrene sulfonic acid-co-maleic acid salts at 800 °C resulted in formation of new carbon materials with well-developed nanoporosity and metal species dispersed on the surface<sup>13</sup>. During pyrolysis in the presence of metallic salts new forms of carbon can also be created. The nature of the metal in the precursor has an important influence on the carbon porosity of the final product<sup>14</sup>. In this way, if these cations are transition metals, such as nickel, they should remain in the final carbon product in the form of well dispersed metal clusters with sizes ranging between atomic and a few nanometers in diameter. Moreover, it is worth noting that the metal content of the transition metal-carbon based materials can be easily controlled through a cation-exchange treatments followed by washing with aqueous solution<sup>15</sup>. Whatever, such materials could be used as catalysts support in electrochemical field besides as sorption materials, e.g. of sulphur compounds.

In this communication, we shortly revise the synthesis and the electrocatalytic performance of nickel nanoparticles (NiNPs) immobilized on various carbon surfaces as possible alternative to platinum electrode materials for the electrooxidation of alcohols in fuel cells field, and electroorganic synthesis under alkaline conditions besides as electroactive materials for low cost, simple and disposable materials for sensing applications.

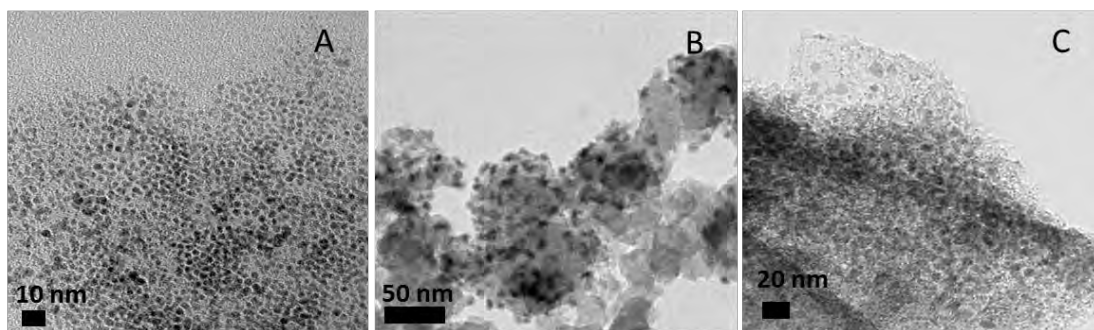
## 2. Experimental

For this communication, the nickel based electrodes were prepared from catalytic ink containing Ni-doped carbon active materials. Specifically, the catalytic inks consisted of an alcohol dispersion of electrodes materials ranging between 20-40 wt.% and Nafion binder in order to facilitate the cohesion between the anodic carbonaceous film on the carbon support, Toray paper (T)<sup>16</sup>. Properly, the electrodes materials were either NiCB as an ethanol solution containing synthesized (NiNPs by reducing of a  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  salt using  $\text{NaBH}_4$  as reducing agent, and carbon black<sup>16</sup>, or PSNi as an isopropanol solution containing Ni-loaded nanoporous carbons, from the polystyrene sulfonic acid co-maleic acid sodium salt carbon precursor carbonized in nitrogen at 800 °C<sup>17</sup>. Nickel based electrode materials are named NiCB-x and PSNi-x, where x denotes the nickel content in wt.% with respect to carbon. The nickel loading ranged between 0.0024-0.1 mg Ni per  $\text{cm}^2$ . The different anodes were prepared by spraying (air brushing technique) the catalytic ink onto a  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  Toray paper surface supported on a hot metallic plate at 90 °C for evaporating solvent. Transmission electron microscopy (TEM) was performed on the unsupported and supported NiNP samples (NiCB and PSNi). All anodes were topographically characterized using scanning electron microscopy (SEM) and the  $\text{N}_2$  adsorption isotherms were measured at -196 °C to calculate the specific surface area, SBET, the total pore volume,  $V_T$ , and the pore volume and pore size distributions of nanoporous carbon materials employed. Electrochemical characterisation was performed using three-electrode electrochemical cell configuration in a deoxygenated 1.0 M NaOH solution. The different nickel based electrodes were used as working electrodes, Pt wire as counter electrode, and  $\text{AgCl}/\text{Ag}$  (3.5 M KCl) as reference electrode via Luggin probe. Before electrochemical characterisation, the anodes were activated by cycling the anode between -0.5 and +0.6 V at  $100 \text{ mVs}^{-1}$ .

## 3. Results and discussion

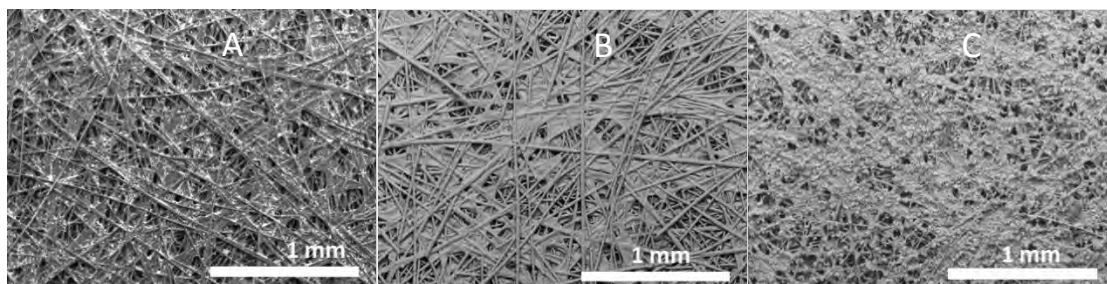
Figure 1 shows some representative TEM images of the unsupported NiPs (figure 1A), carbon black supported NiPs (Ni/CB, figure 1B), and Ni-doped nanoporous carbon (PSNi, figure 1C) prepared in this work. The NiNPs show a quasi-spherical morphology and a particle size of about 2 nm, which is in accordance with previous work reporting the preparation of NiNPs using a similar method with  $\text{NaBH}_4$  as reducing agent<sup>18-19</sup>. In addition, good particle dispersion on the carbon surface is observed, although a certain, but low degree of agglomeration is also detected.

PSNielelectrocatalyst was prepared with different nickel loading of 0.24 and 6.7 wt.%. The nickel content in the carbon matrix was adjusted by extensive washing with 1 M HCl. SEM images of PSNi samples indicate non metallic aggregation on the surface, as expected due to the small particle size of the NiNPs incorporated into the carbon matrix (results not shown). The energy dispersion X-ray spectroscopy (EDX) mapping of the nanoporous polymer-derived carbons confirms the uniform distribution of nickel species within the carbon matrix in the bulk particles (results not shown). An increase of metal loading do not modify the way in which nickel particles are distributed in carbon surfaces. Moreover, not all nickel particles are exposed on the outside surface, suggesting nickel species are inside carbon porosity.



**Figure 1.** Representative TEM images of the prepared nickel electrocatalysts: (A) unsupported NiNPs; (B) Ni/CB-20; (C) PSNi-6.7.

SEM images of different Ni electrodes (figure 2) depict that NiNPs are heterogeneously deposited on the Toray substrate (figure 2A). In contrast, spraying the NiCB (figure 2B) and PSNi (figure 2C) inks rendered a uniform coverage of the substrate. More specifically, NiCB allows an ideal loading with all the Toray fibers homogeneously covered by the catalytic ink. However, PSNi film is less homogeneously deposited than that of NiCB ink, which can be attributed to the particle size and/or the less hydrophobic nature of these nanoporous carbons. With all that, it can be concluded that the dispersion of the metal nanoparticles on the carbon black surface minimizes their agglomeration during spraying for the anodes preparation.



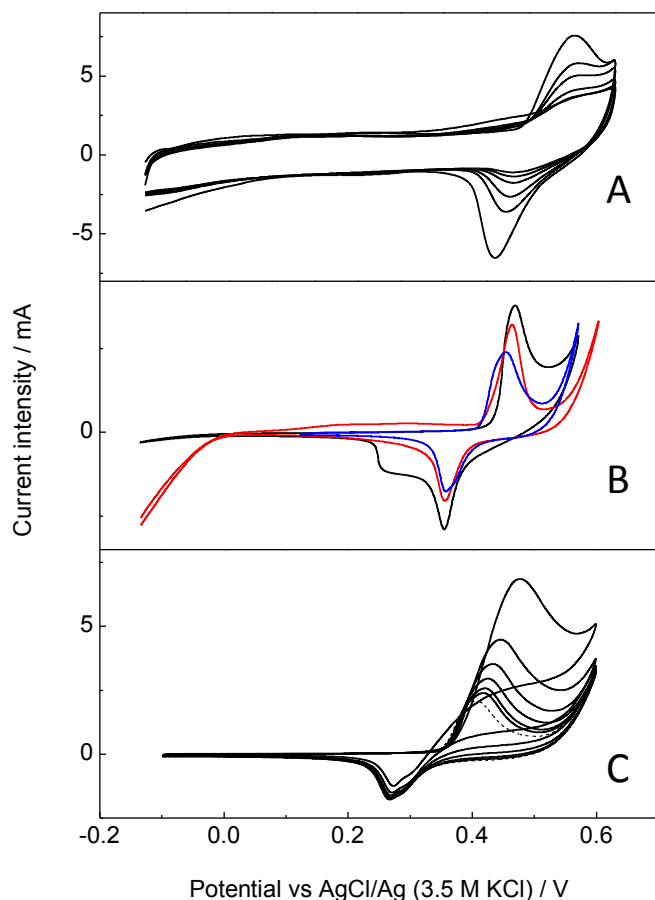
**Figure 2.** SEM micrographs of the anodes NiNPs/T (A), Ni/CB-20/T (B), and PSNi-6.7/T (C).

$N_2$  isotherms at  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  indicate the main physicochemical features of the Ni-doped nanoporous carbons obtained from the pyrolysis of the organic polymer precursor, which present a high textural development with a predominantly microporous structure ( $V_{\text{TOTAL}}$  in  $\text{cm}^3\text{ g}^{-1}$  of 0.49 and 0.62 for PSNi-6.7 and PSNi-0.4, respectively, being the volume corresponding to microspores of  $0.20\text{ cm}^3\text{ g}^{-1}$  in case of 6.7 wt.% nickel loading, and  $0.30\text{ cm}^3\text{ g}^{-1}$  for 0.24 wt.% nickel loading). It seems that the carbonization of transition metal based salts of polystyrene sulfonic acid co-maleic acid results in formation of porous materials, due to the expansion of the matrix during carbonization in the presence of the metals undergoing reduction and oxidation reactions<sup>13, 17, 20</sup>. Thereby it is important to note that the final pore structure is strongly dependent on the nature of the metal cation incorporated to the polymer precursor. As expected, the acidic washing leads to a decrement of metal content and an increase in the textural properties in terms of better accessibility of a higher fraction of pores<sup>13, 17</sup> [ENREF 17](#), especially of the micropores. This fact puts in evidence that effectively the nickel species are incorporated within carbon porosity as well revealed SEM analysis (results not shown). Moreover, due to the fine dispersion of the metal precursor in the organic polymer precursor (easily controlled by cation-exchange in solution), nickel species end up homogeneously distributed within the carbon matrix after carbonization, which would be also in accordance with SEM images obtained (results not shown). As far as the porosity of carbon

materials is concerned, it is worth noting carbon support must demand a good developed meso- and macroporosity in order to reactants flow and access to the active sites of the catalytic layer.

Regarding electrochemical characterization, the voltammograms shown in figure 3 exhibit the electrochemical response of the NiNPs, NiCB and PSNi catalytic inks deposited onto Toray paper in a 1.0 M NaOH solution. From them, it can be observed the expected redox couples associated to the formation of the pair  $\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{NiOOH}$ <sup>21</sup>. Such Ni(III) species is the responsible to catalyze redox reactions, concretely the oxidation of organic compounds or biomolecules that take place at the same potential in which NiOOH is formed. Figure 3 A depicts as current intensity values increase with cycles number, denoting a growth of NiOOH film onto electrode surface. The activation of both Ni-doped carbon composite, i.e. NiCB and PSNi active materials, follow a similar trend to Ni massive electrode<sup>22</sup>, suggesting that the dispersion of the NiNPs on the carbon black and on nanoporous carbon obtained from polymeric precursor do not modify Ni electrochemical features (figure 3B). Benefit from immobilization of metal nanoparticles in carbon surfaces in terms of optimization of the electrocatalytic activity of nickel is also reflected on the voltammograms shown in figure 3. In this regard, electrochemical profile of NiCB/T and PSNi/T electrodes display current intensity values of the same order of magnitude as those of the NiNP/T anode, despite Ni content is estimated to be more than 10 times lower than in the former. Comparatively, NiCB shows higher current intensity value than that PSNi for the same nickel loading of  $0.067 \text{ mg cm}^{-2}$ , which is in agreement with the fact of surface of the nickel particles are less exposed in case of PSNi electrocatalysts and also the better dispersion of nickel supported on carbon black as compared to that on the polymer-derived carbon confirmed by the EDX analysis, with fewer aggregation events of Ni particles observed on the anode surface of NiCB-6.7 when compared to PSNi-6.7.

To sum up, our findings demonstrate that the immobilization with high dispersion of the Ni-active species on highly nanoporous carbons can offer important advantages in terms of electrode stability, conversion, and current efficiency. Such electrode materials are employed in electrochemical reactions, for instance, electrooxidation of alcohols<sup>12, 16</sup>-where an increase of current intensity is clearly observed with alcohol concentration- and also likely for detection of glucose and lactate, as similarly studied in<sup>23</sup>.



**Figure 3.** Cyclic voltammetry response of the anode built on Ni-doped nanoporous carbons PSNi-0.24/T in 1 M NaOH at scan rate  $100 \text{ mV s}^{-1}$ . Scans shown: 1st, 2nd, 3rd, 10th, 20th and 100th. Geometric area of the electrode:  $0.5 \times 0.7 \text{ cm}^2$ . (B) Cyclic voltammetry response of NiNPs/T (black line), NiCB-6.7 with nickel loading of  $0.067 \text{ mg cm}^{-2}$  (red line), and PSNi-6.7 with nickel loading of  $0.067 \text{ mg cm}^{-2}$  (blue line) in 1.0 M NaOH. Scan rate  $10 \text{ mV s}^{-1}$ . Third scan represented. (C) Cyclic voltammetry response of PSNi-6.7 in 1 M NaOH (dashed line) and with propargyl alcohol concentrations of 1, 2, 5, 10, 20 and 50 mM as a model primary alcohol (solid lines). Scan rate  $10 \text{ mV s}^{-1}$ .



#### 4. Conclusions

This communication has been focused on the preparation and description of the structural properties of different nickel/carbon electrodes and on the study of their electrocatalytic activity in alkaline medium. As supports, a nanoporous carbon obtained from the pyrolysis of an organic salt (polystyrene sulfonic acid-co maleic acid) and carbon black Vulcan XC-72R are used. Both synthetic routes have led to an excellent dispersion of nickel metallic species in different carbon supports, although distribution and exposition of metal species depend strongly on the carbon matrix just like revealed SEM images. In addition, benefits from immobilization of metal nanoparticles in carbon surfaces in terms of optimization of the electrocatalytic activity of metal have been clearly demonstrated from electrochemical profiles obtained in 1 M NaOH. Therefore, it is relied on establishing novel methodologies and synthetic routes for preparing carbon electrocatalysts with a determinant Ni loading for several fields, being the most outstanding sensing applications, fuel cell and organic electrosynthesis. Finally, the carbon materials exhibit a high biocompatibility that along with their developed surface area allow also the immobilization of biomolecules in case for biosensor preparation.

#### 5. References

1. Amjad, M.; Pletcher, D.; Smith, C., Oxidation of alcohols at a nickel anode in alkaline tert-butanol-water mixtures. *Journal of the Electrochemical Society* **1977**, *124* (2), 203-206.
2. Kaulen, J.; Schafer, H. J., Oxidation of primary alcohols to carboxylic-acids at the nickel-hydroxide electrode. *Synthesis-Stuttgart* **1979**, (7), 513-516.
3. Kaulen, J.; Schäfer, H.-J., Oxidation of alcohols by electrochemically regenerated nickel oxide hydroxide. Selective oxidation of hydroxysteroids. *Tetrahedron* **1982**, *38* (22), 3299-3308.
4. Vijayabarathi, T.; Vijayarani, K.; Noel, M., Evaluation of porous nickel hydroxide electrode for the oxidation of aliphatic and aromatic primary alcohols. *Indian Journal of Chemical Technology* **2010**, *17* (6), 411-418.
5. Wu, T.-N., Electrocatalytic oxidation of methyl tert-butyl ether (MTBE) in aqueous solution at a nickel electrode. *Chemosphere* **2007**, *69* (2), 271-278.
6. Motheo, A. J.; Tremiliosi, G.; Gonzalez, E. R.; Kokoh, K. B.; Leger, J. M.; Lamy, C., Electrooxidation of benzyl alcohol and benzaldehyde on a nickel oxy-hydroxide electrode in a filter-press type cell. *Journal of Applied Electrochemistry* **2006**, *36* (9), 1035-1041.
7. Antolini, E.; Gonzalez, E. R., Alkaline direct alcohol fuel cells. *Journal of Power Sources* **2010**, *195* (11), 3431-3450.
8. Sattarahmady N, H. H., Moosavi-Movahedi AA., An electrochemical acetylcholine biosensor based on nanoshells of hollow nickel microspheres-carbon microparticles-Nafion nanocomposite. *Biosensors and Bioelectronics* **2010**, *25*, 2329-2335.
10. Toghiani KE, X. L., Phillips MA, Compton RG, The nonenzymatic determination of glucose using an electrolytically fabricated nickel microparticle modified boron-doped diamond electrode or nickel foil electrode. *Sensors and Actuators B: Chemical* **2010**, *147*, 642-652.
11. Singh, B.; Laffir, F.; Dickinson, C.; McCormac, T.; Dempsey, E., Carbon Supported Cobalt and Nickel Based Nanomaterials for Direct Uric Acid Determination. *Electroanalysis* **2011**, *23* (1), 79-89.
12. Ayoub, H.; Griveau, S.; Lair, V.; Brunswick, P.; Cassir, M.; Bedioui, F., Electrochemical Characterization of Nickel Electrodes in Phosphate and Carbonate Electrolytes in View of Assessing a Medical Diagnostic Device for the Detection of Early Diabetes. *Electroanalysis* **2010**, *22* (21), 2483-2490.
13. Choudhry, N. A.; Banks, C. E., Electrolytically fabricated nickel microrods on screen printed graphite electrodes: Electro-catalytic oxidation of alcohols. *Analytical Methods* **2011**, *3* (1), 74-77.
14. Hines, D.; Bagreev, A.; Bandoz, T. J., Surface properties of porous carbon obtained from polystyrene sulfonic acid-based organic salts. *Langmuir* **2004**, *20* (8), 3388-3397.
15. Konno, H.; Matsuura, R.; Yamasaki, M.; Habazaki, H., Microstructure of cobalt dispersed carbon sphere prepared from chelate resin. *Synthetic Metals* **2001**, *125* (2), 167-170.
16. Schwarz, J. A.; Putyera, K.; Jagiello, J.; Bandoz, Microporous carbon@ contg. metal component, suitable for storing light gases - e.g. hydrogen@ or methane, prep'd. by carbonising acrylline aromatic sulphonate or non-porous polymeric salt containing a metal. US Patent 5,837,741, 1998.
17. Garcia-Cruz, L.; Saez, A.; Ania, C. O.; Solla-Gullon, J.; Thiemann, T.; Iniesta, J.; Montiel, V., Electrocatalytic activity of Ni-doped nanoporous carbons in the electrooxidation of propargyl alcohol. *Carbon* **2014**, *73*, 291-302.
18. Ania, C. O.; Bandoz, T. J., Metal-loaded polystyrene-based activated carbons as dibenzothiophene removal media via reactive adsorption. *Carbon* **2006**, *44* (12), 2404-2412.
19. Wu, Z. G.; Munoz, M.; Montero, O., The synthesis of nickel nanoparticles by hydrazine reduction. *Advanced Powder Technology* **2010**, *21* (2), 165-168.
20. Li, Z.; Han, C.; Shen, J., Reduction of Ni<sup>2+</sup> hydrazine in solution for the preparation of nickel nano-particles. *Journal of Materials Science* **2006**, *41* (11), 3473-3480.
21. Ania, C. O.; Bandoz, T. J., Highly mesoporous carbons obtained using a dynamic template method. *Microporous and Mesoporous Materials* **2006**, *89* (1-3), 315-324.
22. Van der Ven, A.; Morgan, D.; Meng, Y. S.; Ceder, G., Phase stability of nickel hydroxides and oxyhydroxides. *Journal of the Electrochemical Society* **2006**, *153* (2), A210-A215.

23. Garcia-Cruz, L.; Iniesta, J.; Thiemann, T.; Montiel, V., Surprising electrooxidation of propargyl alcohol to (Z)-3-(2-propynoxy)-2-propenoic acid at a NiOOH electrode in alkaline medium. *Electrochemistry Communications* **2012**,22, 200-202.
24. Abdel Hameed, R. M., Amperometric glucose sensor based on nickel nanoparticles/carbon Vulcan XC-72R. *Biosensors and Bioelectronics* **2013**,47, 248-257.

*Vincenzo Bianco, Angelo Musaio, Elena Mishchenko*

## **BOOSTING ENERGY EFFICIENCY EDUCATION IN MASTER COURSES FOR RUSSIAN AND ARMENIAN UNIVERSITIES.THE CASE OF THE MARUEEB PROJECT**

*Università degli Studi di Genova, Tambov State Technical University  
(vincenzo.bianco@unige.it, musaio@unige.it, int@tstu.ru)*

**Abstract.** The present paper aims at reporting the concept and first results of MARUEEB project. This project focuses on the establishment of master courses on energy efficiency in buildings in 4 Russian universities and 2 Armenian universities. In this two countries the problem of energy efficiency of buildings is of relevant importance, since Russia has to optimize the utilization and exploitation of its huge energy resources, whereas Armenia has to reduce its energy dependence on third countries and manage the scarcity of energy resources. In both the countries buildings represent the ideal sector for the implementation of energy efficiency measures, since it has a high potential both in terms of refurbishing and new builds. To this aim it is necessary to train a new generation of engineers aware of the latest techniques to improve energy efficiency, as well as trained to perform both technical and financial evaluations. The upcoming master courses will be developed according to the principles of Bologna Process, therefore modern criteria for the designing of study courses will be employed.

*Keywords: energy efficiency; buildings; Bologna Process; sustainable development*

### **1. Introduction**

Sustainability is a major global issue and as such one of the keydrivers in the education of designers and engineers, who will become the sustainability practitioners of the future [1]. Within the complex topic of sustainability, energy efficiency has an paramount role.

Energy efficiency is one of the most important issue of this period, high on the agenda of all the policy makers. This is due that the worldwide demand for energy is growing, whereas the resources are limited. For such a reason there is a global trend aiming at supporting the implementation of energy efficiency measures, which are seen as the most convenient “source of energy” [2]. In particular, it is agreed that an enormous potential for energy efficiency is available in the building sector [2].

This estimated potential has attracted the interest of many companies worldwide, especially in counties (e.g. EU) where regulations on energy efficiency are in place, since energy efficiency represents an enormous opportunity for business development. This pushed the demand of energy specialist on the job market and universities have been called to train and educate the future energy specialists.

Each institution has approached the problem from different point of view, because the theme of energy is strongly multidisciplinary and it can be considered from various engineering aspects, such as:

- Design of plants & components
- Energy management
- Energy planning

These aspects can be found both in civil (e.g. buildings) and industrial applications. In a master course focused on energy engineering with an industrial or civil direction, reasonably, one of the three aspects can be deeply developed, whereas the other two can be just introduced.

The development of the first two topics allow to furnish a background on specific issues and thematic, such as design of heating plants, cogeneration, etc. whereas the third theme, energy planning, gives a more holistic view of the problem of energy engineering.

Anyhow, as reported in [3], it is vitally important to incorporate know-how and good practices that have already been successfully applied around the world, since graduates are likely to work in more than one country during their working lives.



Moreover Disterheft et al. [4] highlighted that universities are urged to invest more in education for sustainable development staff training and to open up for new governance models, if they indeed wish to be key players insustainability.

In the designing energy related study program it is of fundamental importance to propose a proper balance between theoretical and practical input [5]. This is fundamental at both bachelor and master level courses. The issue is to guarantee the appropriate level of engineering education, energy related issues and proposition of practical approaches (e.g. case studies, energy games, etc.).

The present paper aims at introducing the MARUEEB project, developed in the Erasmus+ Key Action 2, which is focused on the establishment of master courses on energy efficiency in buildings at Russian and Armenian higher education institutions.

The project groups two countries which have two opposite problems in terms of energy management. Namely, Russian Federation needs to manage the abundance of energy resources in order to limit their wasting, whereas Armenia must face with the scarcity of local energy resources.

Despite the two problems seem to be far from each other, they have a similar solution, namely to improve the level of energy efficiency. The reduction of energy consumption can guarantee to Russian Federation more resources available for the energy export, which is one of leading sector of its economy, whereas, by saving energy, Armenia can reduce its dependence on third countries and save money to invest in other initiatives. Therefore the support to energy efficiency initiatives can promote a virtuous circle.

Table 1. Consortium members of MARUEEB project

| <b>Russian and Armenian HEIs</b>                                                                                                                                                                                                        | <b>EU HEIs</b>                                | <b>Stakeholders</b>                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Ural Federal University (RU)                                                                                                                                                                                                            | University of Genoa (IT)                      | Engineering Academy of Armenia (AM)               |
| St. Petersburg State Polytechnic University (RU)                                                                                                                                                                                        | Seconda Università degli Studi di Napoli (IT) | Ministry of Education and Science of Armenia (AM) |
| Tambov State Technical University (RU)                                                                                                                                                                                                  | Slovak University of Technology (SK)          | TICASS (IT)                                       |
| Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (RU)                                                                                                                                                                    | Technical University of Iasi (RO)             | EUCEET (BE)                                       |
| National Polytechnic University of Armenia (AM)                                                                                                                                                                                         | Kaunas University of Technology (LT)          | AE Consulting (AM)                                |
| American University of Armenia (AM)                                                                                                                                                                                                     |                                               | Atomstroykomplex LLC (RU)                         |
|   Co-funded by the<br>Erasmus+ Programme<br>of the European Union |                                               | Center of Construction Expertise R&D (RU)         |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                               | Uralproektdubrava (RU)                            |

MARUEEB focused on the buildings, since they offer higher opportunities for implementing energy efficiency measures on both old and new buildings. This is also highlighted by policy makers of Armenia and Russian Federation. In order to guarantee a proper implementation of MARUEEB, a balanced consortium of Russian, Armenian and European universities and stakeholders have been set up, as reported in Table 1.

## 2. Bologna Process

Bologna Process started in 1999 in Bologna, where the ministries of education of 29 countries met and agreed on five objects:

- 1- Harmonization of study titles
- 2- Adoption of a three cycle system for the higher education (e.g. bachelor, master, doctoral degrees)
- 3- Introduction of a credit system
- 4- Support to students and professors mobility
- 5- Introduction of quality assurance measures of the study courses

As pointed out in Fabricius et al. [6], since 1999, a main aim of the Bologna Process has been to

improve actual opportunities for mobility for educational purposes in order to promote transnational European higher education in the contiguous European Higher Education Area (see [www.ehea.info](http://www.ehea.info)). According to Watcher [7], the original Bologna declaration represented a sharp break with past practice. It was concerned with a movement away from “convertability” between essentially diverse national educational systems toward a “harmonization drive” which instead sought to eliminate diversity.

Russian Federation joined Bologna Process in 2003 [8], whereas Armenia joined in 2005 [9]. As observed in [9], within the Bologna Process, a number of reforms are being implemented. The reforms affect Armenian higher education areas such as establishing a credits scoring system, adoption of a system of comparative degrees, mobility of students, and a promotion of European cooperation in quality assurance, etc. [9]. A similar process has been initiated in Russian Federation, but the full implementation of Bologna Process is far from being reached both in Russia and Armenia.

Figure 1 reports the main changes introduced by Bologna Process, which can be summarized as a change of paradigm in the design of study courses, from a “staff centered approach” to a “student centered approach”.

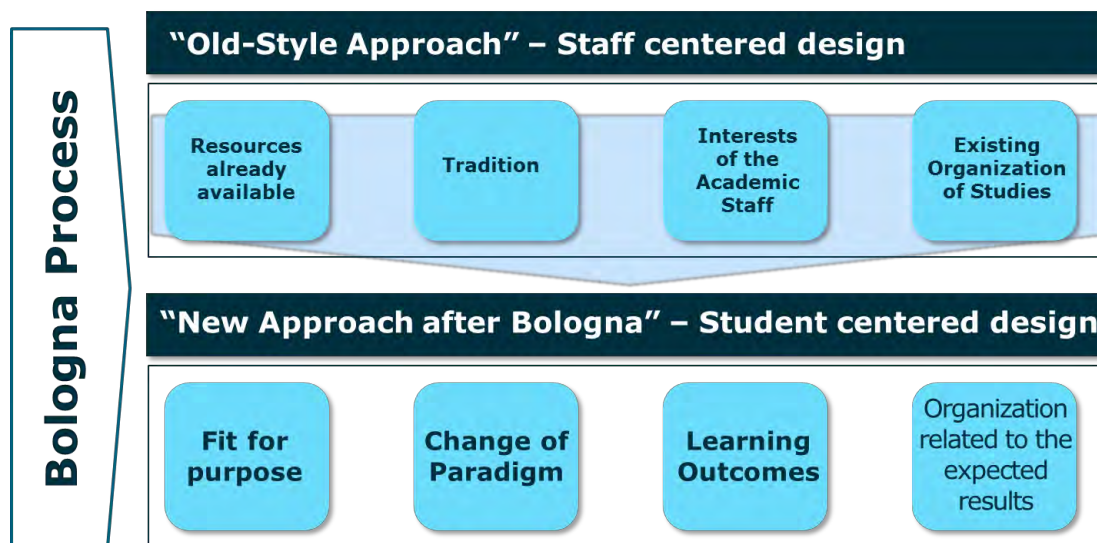


Figure 1. Main changes introduced by Bologna Process

This simple statement implies a change of mindset of academicians in the design of study courses and a re-organization of teaching activities at the universities.

In particular “student centered approach” means that study courses have to be designed and conceived according to the students’ needs (e.g. simplicity in finding a job) and not based on the interest of the academic staff or on the resources available in the higher education institutions.

This means that for the academic staff a continuous update and interaction with external stakeholders is necessary, in order to keep the courses updated, thus to satisfy the students’ needs.

On the other hand, this also calls for the mobilization of resources by the higher education institutions, who should support this continuous process.

MARUEEB project is supporting Russian and Armenian academicians in this change of mindset, in order to develop master courses fully compliant with Bologna Process. To this aim the conceptual framework described and discussed in the next session has been taken into account.

### 3. MARUEEB Conceptual Framework

In order to deploy six master courses, four in Russian universities and two in Armenian universities, focused on the topic of energy efficiency in buildings, a conceptual framework has been established.

The framework consists into four phases, namely stakeholders engagement, programme handbook developments, didactical support and running of the master courses. Figure 2 reports a schematic of the framework.

Phase 1 is represented by the “Stakeholders Engagement”, which means identification, classification and involvement of the stakeholders in the design and development of the master courses. Most of the stakeholders are represented by companies and institutions involved all along the buildings value chain, namely design companies, construction companies, energy service companies, technical offices of local authorities, etc.

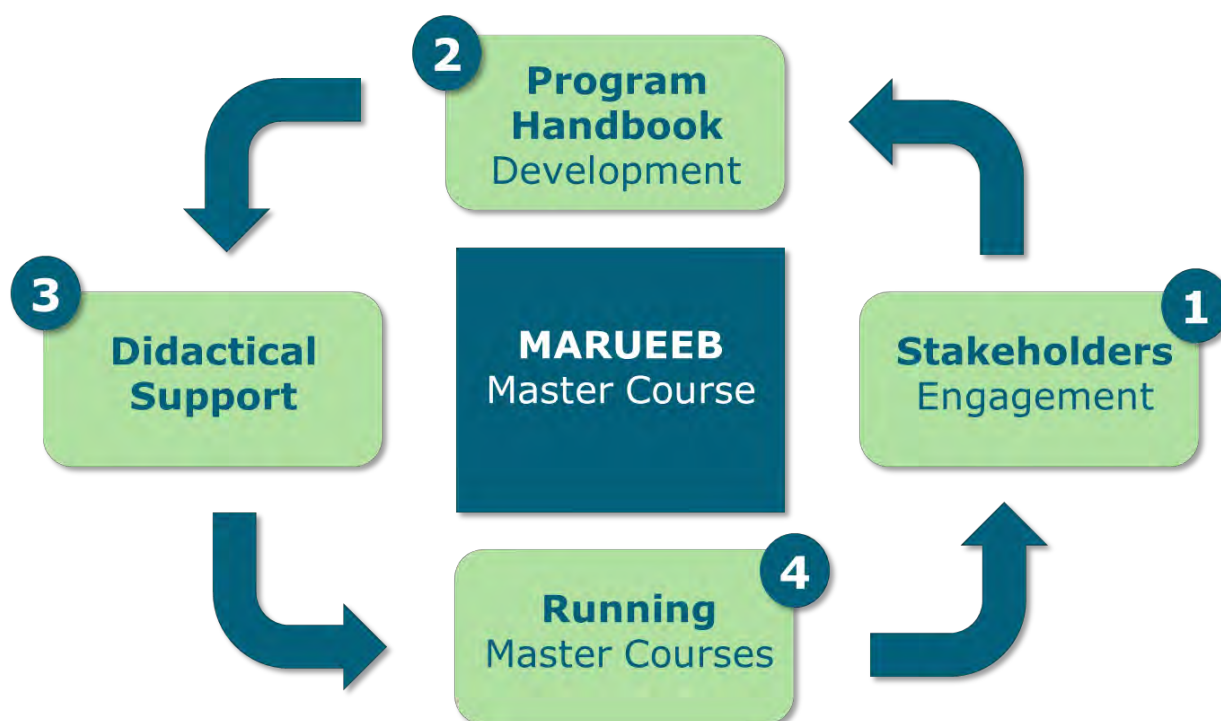


Figure 2. Schematic of the MARUEEB working framework

They represent the expected employers of the graduates from the upcoming master courses, therefore it is fundamental their involvement for the definition of the *expected competences* that the future graduates should possess.

The *engagement* has been performed by organizing roundtables with direct interaction among the universities, public institutions and companies, which, in turn, expressed their opinions on the competencies to develop within the master programs.

Another level of engagement, more analytical, has been represented by the organization of an online survey with closed form questions, in order to get precise indications on the knowledge to develop. This interaction is fundamental to design courses with a close link to the job market.

Once that a clear idea of the competences to develop has been achieved by means of the interaction with the stakeholders, the phase 2, consisting in the development of the program handbooks, can be started.

The most important passage of this phase is the formulation of the *Program Learning Outcomes* (PLOs) and *Module Learning Outcomes* (MLOs), which means to translate the *competences* into measurable outcomes to be achieved by the students.

PLOs are the outcomes that students should achieve once they finish the master course, whereas MLOs are achieved by obtaining a positive evaluation at the end of each single module. The mark represents the extent at which MLOs are achieved (i.e. the level of achievement).

Phase 3 is related to the development of didactical support for the implementation of master courses. It is divided into three main tasks, namely re-training of local teaching staff, development of teaching material and setting up of didactical laboratories.

As highlighted in [3], it is of fundamental importance to propose approaches to the implementation of energy efficiency measures already in use in other countries and EU is one of the leader in terms of regulations and implementations of energy efficiency measures, as demonstrated by the emanation of the Energy Efficiency Directive and of the Energy Performance Buildings Directive. For this reason, it is necessary a re-training of the Russian and Armenian teaching staff on these topics, so that they can transfer this knowledge to their students.

The development of teaching material (e.g. *teaching aids*) consists in the preparation of notes on specific topics in order to complement the contents which are found in internationally recognized textbooks, as well as to propose specific case studies to be used during practical sessions or as homework to develop in groups. Finally, the setting-up of didactical laboratories is fundamental to balance the theoretical and practical knowledge, as mentioned in [5]. The laboratories will be composed of experimental facilities (e.g. infra-red cameras, special loops for heating/cooling, etc.) as well as software facilities to perform energy simulations of buildings (e.g. TRNSYS, EnergyPLUS, etc.).

After developing the didactical support, all the necessary instruments are ready to run the master courses (Phase 4), according to the developed program handbooks. During this phase, an internationalization activity has been envisaged with guest lectures of European professors for the Russian and Armenian students. In this way the students will be exposed to different teaching methodologies, so that they will be called to develop different learning methodologies and to relate to people with different cultural backgrounds. This is believed to be a relevant issue, since it replicates situations generally found in working places.

From the analysis of Figure 2 it can be noticed that the considered process is a sort of circle, therefore it is continuous. In fact, every couple of years or when a relevant change/event occurs, it is necessary to update the competences and, therefore, re-calibrate the program handbooks and didactical supports. This is necessary for pursuing a virtuous implementation of the Bologna Process.

#### 4. Conclusion

The present paper proposed an introduction to MARUEEB project and its conceptual framework. The project is aimed at the implementation of six master programs on the energy efficiency in buildings in four Russian and two Armenian universities. Both Russian and Armenia are Bologna signatures countries, but the implementation of the Bologna Process is far from being reached.

MARUEEB project is focused on the support for the implementation of the process by developing master programs on energy efficiency in buildings.

To concretely support Russian and Armenian universities, a conceptual framework has been established and it is in course of implementation. In particular, phase 1 has been successfully completed, phase 2 is almost finished, whereas phase 3 is in course of implementation.

It is authors' opinion that MARUEEB project will strengthen the transition towards the EHEA of Russia and Armenia and it will represent a model for similar initiatives.

#### Acknowledgments

Authors acknowledge the support of the MARUEEB project 561890-EPP-1-2015-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP, dealing with *"Master Degree in Innovative Technologies in Energy Efficient Buildings for Russian & Armenian Universities and Stakeholders"*, funded with support from the European Commission, Erasmus+ Program.

This content reported in this paper reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use, which may be made of the information contained therein.

#### References

1. Lockrey S, Johnson KB. Designing pedagogy with emerging sustainable technologies. *Journal of Cleaner Production* 61 (2013) 70-79
2. IEA, 2016. Energy Efficiency Market Report
3. Sucic B, Lah P, Petelin Visocnik B. An education and training program for energy managers in Slovenia - Current status, lessons learned and future challenges. *Journal of Cleaner Production* 142 (2017) 3360-3369
4. Disterheft A, Caeiro S, Azeiteiro UM, Filho WL. Sustainable universities - a study of critical success factors for participatory approaches. *Journal of Cleaner Production* 106 (2015) 283-291
5. Acikgoz C. Renewable energy education in Turkey. *Renewable Energy* 36 (2) (2011) 608-611
6. Fabricius AH, Mortensen J, Haberland H. The lure of internationalization: paradoxical discourses of transnational student mobility, linguistic diversity and cross-cultural exchange. *Higher Education* 73(2017)577-595
7. Watcher B. The Bologna Process: developments and prospects. *European Journal of Education*, 39(3)(2004) 265-273
8. Khoreshok AA, Zhironkin SA, Tyulenev MA, Barysheva GA, Blumenstein VY, Hellmer MC, Potyagailov SV. Innovative Technics of Managing Engineers' Global Competencies. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 142 (2016) 012122
9. Martirosyan N. An examination of factors contributing to student satisfaction in Armenian higher education. *International Journal of Educational Management* 29(2) (2015) 177-191

## ADVANCED EXPERIMENTAL FLOW STUDIES IN AN ELASTIC Y-MODEL

**Summary.** To determine the causes and history of atherosclerosis it is necessary to understand the hemodynamic parameters of blood circulation. Hemodynamic parameters play an important role in the formation of atherosclerotic plaques, especially near bends and bifurcations where the flow separates from the wall. Here the flow is laminar and non-axial with eddies, secondary flow, flow separation and stagnation points. Stenosis is found predominantly in flow separation areas. Therefore, it is important to separately study the following flow parameters: steady and pulsatile flow, wall elasticity and non-Newtonian flow behavior of blood. A simplified silicon elastic Y-model simulating the human carotid artery was used for the analysis of these parameters. This model can be used for numerical studies as well. The local axial velocity at steady and pulsatile flow was determined with a one-component Laser-Doppler-Anemometer (LDA). Pulsatile flow was generated by a piston pump. A glycerin-water solution was used to simulate the Newtonian flow behavior of blood. A Separan water solution was used to simulate the non-Newtonian flow behavior. Pulsatile flow creates higher and lower shear rates so called oscillating shear rate compare to steady flow depending on the velocity magnitude. The non-Newtonian fluid showed a markedly different flow behavior than the Newtonian fluid especially in areas of flow separation. The elasticity of the model wall also influences the flow behavior. The measurements showed that the characteristics of pulsatile flow and the elasticity of the model wall should be observed concomitantly.

### *Introduction*

Hemodynamic effects are presumed to play an important role in the formation of atherosclerotic plaques. This is especially true at bends and bifurcations where the flow separates from the wall. These effects are determined by the interaction between flow pulsatility, elastic wall motion, wave propagation of velocity and pressure, and the non-Newtonian behavior of blood. Flow separation zones are created and eddies are found and the laminar flow is disturbed. Flow studies are very important for the understanding of the origin of atherosclerosis, its diagnosis and treatment.

Many numerical studies have been carried out using Newtonian fluid through rigid and elastic models. Some authors have also studied the influence of non-Newtonian fluid numerically. However, non-Newtonian flow behavior has been largely neglected in bifurcation where flow is disturbed and where secondary flow develops.

#### **Theoretical considerations.**

In the normal circulatory system, flow is pulsatile. The shape of the velocity profile distal to a bifurcation is influenced by the ratio of the tube diameters, the branching angle, the geometry of the bifurcation, the flow rate ratio and non-Newtonian flow behavior. Blood flow through vessels or models can be described with non-dimensional numbers: the average Reynolds number ( $Re$ ) calculated from the flow  $V$  transported through a vessel segment per pulse-second, the vessel diameter  $D$  and kinematic viscosity  $\nu$

$$Re = \frac{4V}{\pi \cdot D \cdot \nu}.$$

The characteristic quantity for pulsatile flow is the Strouhal number. The Strouhal number ( $Sr$ ) represents the ratio of local to convective acceleration

$$Sr = \frac{f \cdot D}{\bar{u}},$$

where  $f$  is the frequency or pulse frequency;  $\bar{u}$  is an average inlet velocity.

The product of the Reynolds number and Strouhal number is the Womersley parameter.

$$\alpha = R \sqrt{\frac{\omega}{\nu}},$$
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f.$$

The Reynolds number for the non-Newtonian fluid could be calculated using a representative viscosity  $\eta_r$ . The representative viscosity is derived from the measured viscosity curve (viscosity over shear rate). The shear rate can be calculated from the flow

$$\dot{\gamma} = \frac{V}{R^3},$$

where  $V$  is flow,  $R$  is tube radius.

## Experimental methods.

### Models

An elastic silicon Y-model was used for the analysis of the parameters (Figure 1). The material used for the model was a silicone rubber with a Young's modulus  $E = 1.1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ . The model was transparent so that the laser beam could pass through the wall without any deflection. It had an equal wall thickness of 1 mm and the material was homogeneous. The inner diameter at the entrance was 10 mm and in the branches, 8 mm.

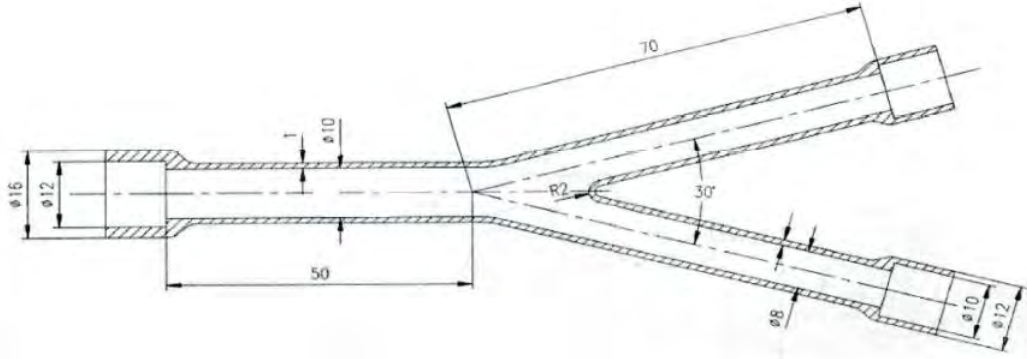


Figure 1. A scheme of Y-bifurcation

### Fluids

In order to simulate blood, a model fluid should meet the following criteria: the flow behavior should be similar to that of blood; it should be transparent so that a laser beam can pass through the medium without being absorbed; and it should have the same refraction index of  $n = 1.41$ , as the model wall. The dynamic viscosity of the Newtonian glycerin-in-water solution was  $\eta = 9.71 \text{ mPas}$  with a density of  $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$ . Such a fluid has the same refraction index as the model wall. Flow characteristics should be equal in the model and *in vivo*. This was achieved by using the Re number and Womersley parameter. The Reynolds number  $Re = 250$  and the average velocity was calculated by using the mass equation.

The non-Newtonian fluid was Separan solution. This fluid has a similar flow behavior to that of human blood. Figure 2 shows the viscosity over shear rate for the fluid compared to human blood. The viscosity measurements were done with viscometer CV100/RV100. The viscosity of the non-Newtonian fluid was constantly controlled during the experiments. No changes in the viscosity were observed. Model flow studies were done for the flow rate ratio  $Q2/Q1 = 0.7$ . That means that 70% of the fluid ( $Q1$ ) is transported in the upper branch  $Q2$ .

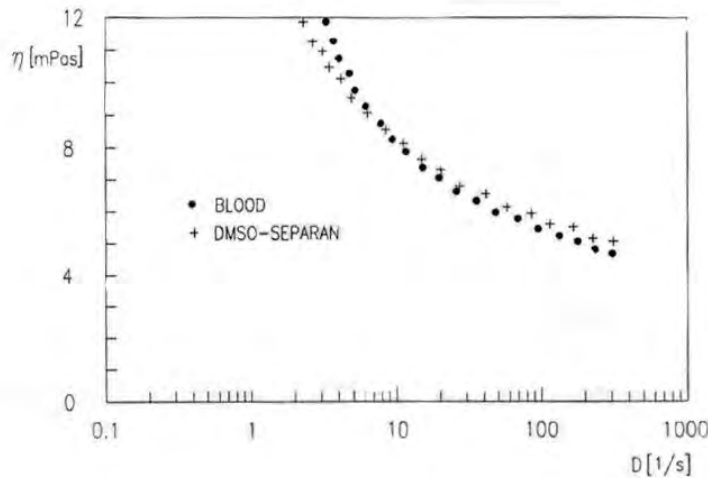


Figure 2. Viscosity over shear rate for the experimental fluid

### Experimental setup

A piston pump was used to achieve a pulse waveform corresponding to that of the human heartbeat. The pulse wave frequency was  $f = 1.045 \text{ Hz}$  and the radius of the inlet tube, 10 mm. The model was mounted on a moving table equipped with a stepping motor so that LDA measurements could be done at several cross-sections. Pressure and flow



were measured 40 mm upstream of the model with inductive flow meters and inductive pressure transducers. The pressure drop was also measured over a distance of 1 m for steady and pulsatile flow, proximal to the model. The model was immersed in a solution of glycerin-water with a refraction index of  $n = 1.41$  so that the laser beam could pass through the model without any refraction. The model was mounted on a X-Y-Z-moving table. Measurements were conducted at  $Re = 250$ . The proportion of flow in the branches Q2/Q3 was 70:30; the diameter of the model inlet tube was  $d = 10$  mm and 8 mm in the branches. Velocity was measured in the Y-model 15 mm upstream of the branches, 0 mm and at 2.5 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm and 25 mm downstream of the bifurcation.

### Numerical Methods

Navier-Stokes equations for incompressible fluid could be used to describe the blood flow in the Y-bifurcation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u - \nu \Delta u + \frac{1}{\rho} \nabla P = f ,$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} ,$$

$$\text{div } u = 0 ,$$

where  $u$  – velocity;  $\nu$  – kinematic viscosity;  $\mu$  – dynamic viscosity;  $\rho$  – density;  $P$  – pressure;  $f$  – external forces;  $t$  – time.

Computational domain  $D$  (Figure 3) consists of parent artery and two branching vessels. According to experimental data, length  $l_{PA}$  of parent artery vary from 24.8 to 38.5 mm. Diameter  $d_{PA}$  of parent artery vary from 2.7 to 4.28 mm. Bifurcation angle  $\alpha$  vary from  $30^\circ$  to  $180^\circ$ . Length of left/right branching artery ( $l_{left} / l_{right}$ ) is  $6.9 \pm 3.1$  mm. /  $6.8 \pm 2.7$  mm. respectively. Diameter of left/right branching arteries ( $d_{left} / d_{right}$ ) is  $2.2 \pm 0.6$  mm. /  $2.1 \pm 0.7$  mm. respectively.

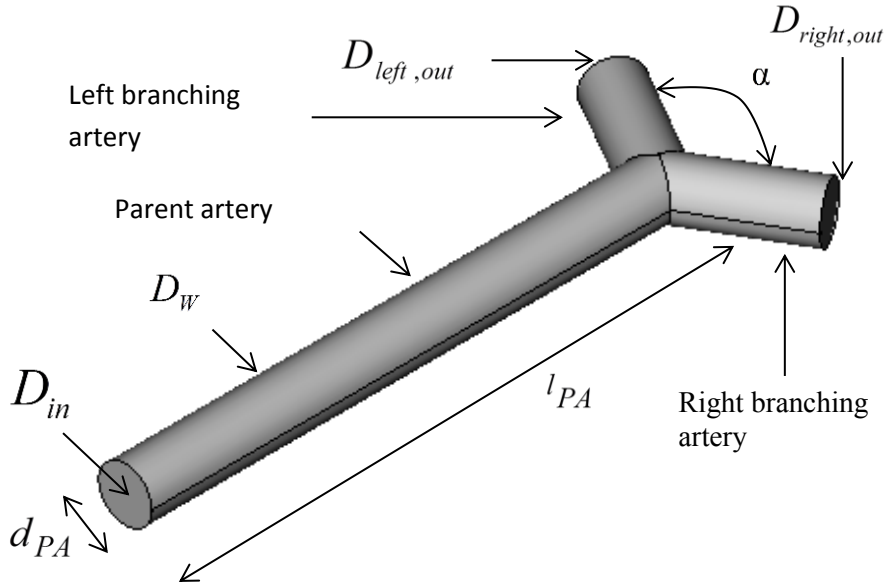


Figure 3. Geometrical 3D model of bifurcation

### Results

Figure 4 shows velocity profiles in branches Q2 and Q3 of the Y-model with a flow rate ratio  $Q2/Q1 = 0.7$  in the planes 0 mm, 5 mm and 10 mm downstream of the bifurcation for a Newtonian fluid. High velocities on the inner part of the model wall can be clearly seen, as well as the flow separation zone in branch Q3. In branch Q2, the velocity is also lower at the outer part of the wall and higher at the inner part of the wall, similar to branch Q2. This occurs at the flow divider where the flow divides and hits the apex. The highest velocities are created at the inner wall. Figures 5 shows the velocity profiles for a non-Newtonian fluid at 0 mm, 5 mm and 10 mm downstream from the bifurcation.

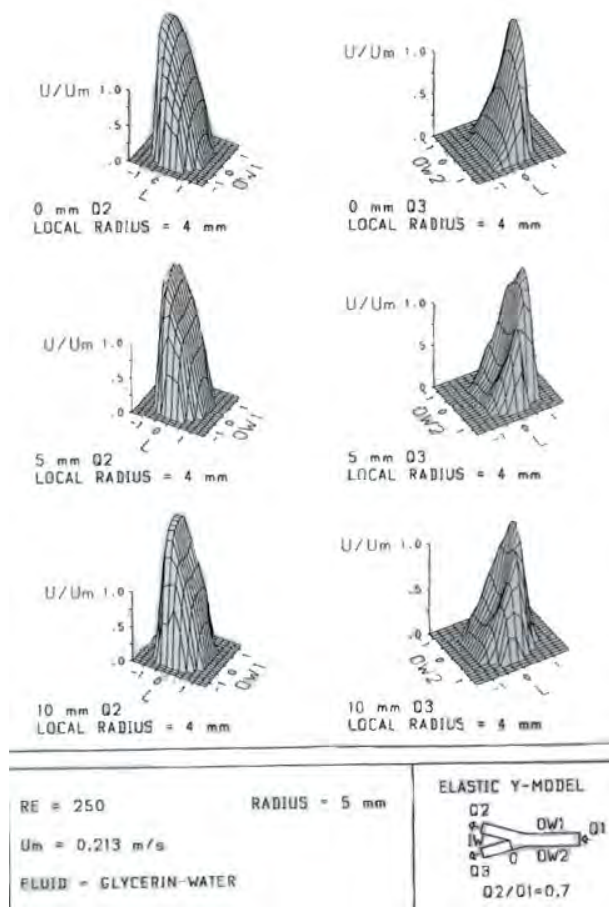


Figure 4. Velocity profiles at different cross-sections for a Newtonian fluid

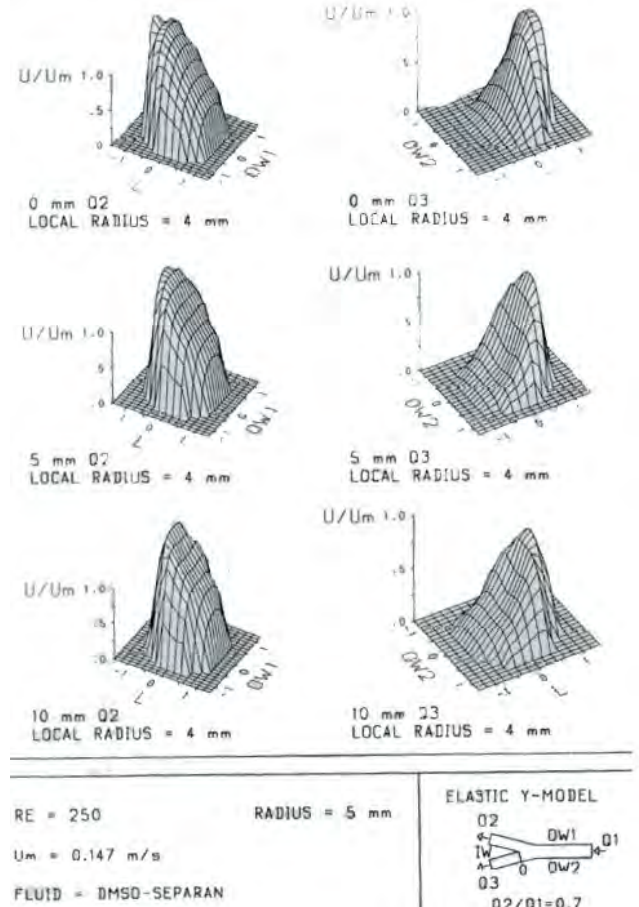


Figure 5. Velocity profiles at different cross-sections for a non-Newtonian fluid

The computational domain  $D$  was constructed to conduct numerical experiments. Parameters of computational domain were:  $l_{PA} = 30$  mm;  $d_{PA} = 3$  mm;  $\alpha = 120^\circ$ ;  $l_{left} = 7$  mm;  $l_{right} = 7$  mm;  $d_{left} = 2$  mm;  $d_{right} = 2$  mm. Blood parameters were:  $\nu = 3.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $\mu = 0.003 \text{ Pa/s}$ ;  $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$ .

For model in gof blood flow through the parent artery a velocity profile was applied according to Poiseuille's law:

$$u = u_{\max} \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right),$$

$$u = u_{\max} \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right),$$

$$r(y, z) = (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2,$$

where  $y_0, z_0$  – coordinate of the center of  $D_{in}$ ;  $u_{mn}$  – mean blood velocity;  $u_{\max}$  – maximum blood velocity.

The free outflow conditions were applied for the outlets:

$$\left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_{D_{left, out}} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_{D_{right, out}} = 0,$$



where  $n$  is an external normal to  $D_{left,out}$ ,  $D_{right,out}$ .

Time period of  $t \in [0; 1]$  c. was modeled with time discretization step  $dt = 0.0001$  s. Computation results is shown in Figure 6.

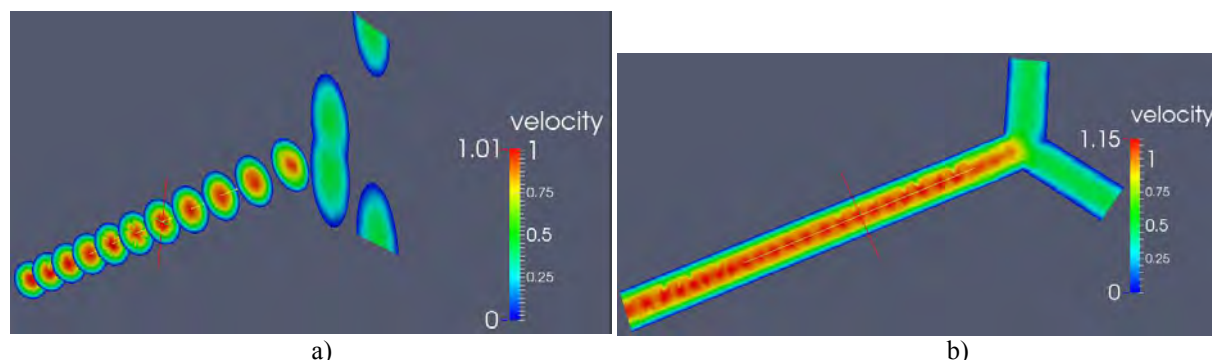


Figure 6. Bifurcation of the cerebral artery: a) slices of the parent artery at  $t = 0.133$  ;  
b) longitudinal slice of the parent artery at  $t = 0.133$

### Discussion

At bifurcations vortices and coherent structures are formed in the branches, depending on the geometry and flow rate ratio. The flow separation zone is influenced by the flow rate ratio, Re number and amplitude. The most important influences on flow behavior are the flow rate ratio, the geometry and the pulse wave form. The flow separation region is smaller where the wall is more elastic. Model wall elasticity and pulse influences the velocity distribution. Here an elastic model with a diameter change of only 4% was used, however it has been demonstrated that even such small diameter changes can create a damping effect and reduce negative velocities. The most significant separation regions can be seen in Figures 4 and 5 at cross-sections 5 mm and 10 mm in Q3. The flow separation region has moved from 0 mm further downstream of the branching point. The largest recirculation zone was localized 5 mm downstream from bifurcation.

### Conclusions

It could be concluded that geometry, wall elasticity, fluid characteristics, velocity and pulse-wave form influence the velocity field. The analysis of this model shows that pulsatile flow creates much higher shear stresses than steady flow. In regions of low shear stress, the non-Newtonian flow, in addition to elasticity, has a significant influence on the flow behavior. Non-Newtonian fluid produces a completely different flow behavior than Newtonian fluid.

*This work was supported by the Russian Science Foundation (RSF project 16-15-10327)*

**Губарев В.Я.**

## СКОРОСТЬ ЗВУКА В ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СРЕДАХ

*ФГБОУ ВО Липецкий государственный технический университет*

Двухфазные газожидкостные потоки широко используются при водовоздушном охлаждении высокотемпературных поверхностей в металлургии и энергетике. Такие потоки получают в водовоздушных форсунках с внутренним смешением и последующим истечением водовоздушного потока из сопел. При расчете таких форсунок возникают проблемы, связанные с определением характера течения (дозвуковое или сверхзвуковое) и профилированием сопел, тем более что избыточное давление в камере смешения непосредственно перед соплом может составлять 5 – 10 бар. Таким образом, возникает вопрос об определении скорости звука в двухфазной газожидкостной среде.

Скорость звука в гомогенной однофазной среде определяется ее изэнтропной упругостью, т.е.

$$C = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s} \quad (1)$$

Для идеальных газов эта формула принимает вид  $C = \sqrt{kRT}$ .

Общепринятый подход к определению скорости звука в двухфазной среде [1,2] основан на представлении ее в виде условной гомогенной среды с средней плотностью и упругостью  $\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s$  (или сжимаемостью  $\left(\frac{\partial \rho}{\partial p}\right)_s$ ).

В.Е.Накоряков [2] используя выражение для средней плотности в виде

$$\rho = \rho_{\text{ж}} \cdot (1 - \varphi) + \rho_{\text{г}} \cdot \varphi \quad (2),$$

где  $\varphi$  – объемное газосодержание, заменив его на массовое газосодержание, продифференцировав плотность по давлению, и снова перейдя к объемному газосодержанию получил известное выражение для скорости звука в двухфазной среде

$$\frac{1}{C^2} = \left( \frac{1-\varphi}{\rho_{\text{ж}} \cdot C_{\text{ж}}^2} + \frac{\varphi}{\rho_{\text{г}} \cdot C_{\text{г}}^2} \right) \cdot (\rho_{\text{ж}} \cdot (1 - \varphi) + \rho_{\text{г}} \cdot \varphi) \quad (3)$$

Вместе с тем дифференцирование исходного уравнения 2 дает

$$\frac{1}{C^2} = \frac{1-\varphi}{C_{\text{ж}}^2} + \frac{\varphi}{C_{\text{г}}^2} \quad (4)$$

Т.е. из одной исходной формулы можно получить два совершенно разных итоговых выражения - на рис. 1 представлена скорость звука, определенная по формулам 3 и 4 для водовоздушной смеси при давлении 1 бар и температуре 20°C, при этом минимальная скорость звука по формуле 3 составляет 23,7 м/с.

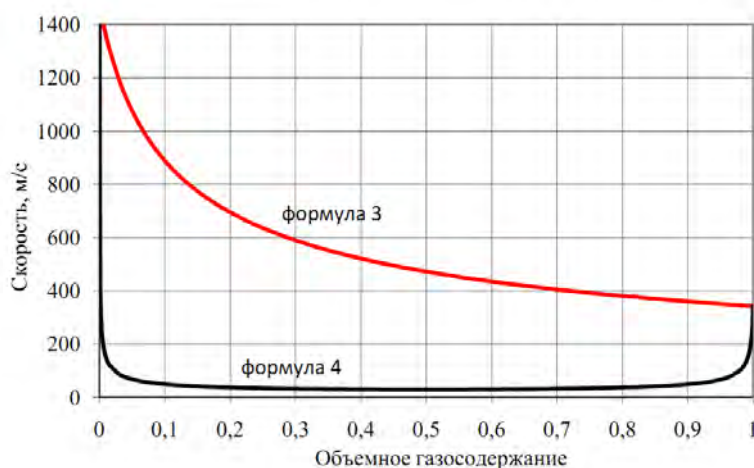


Рис 1. Зависимость скорости звука в водовоздушной среде от объемного газосодержания.  
Давление 1 бар, температура 20°C.

Характерно, что расчетная скорость звука по формуле 3 зависит от плотностей компонентов и средней плотности смеси. На рис. 2 приведены ее зависимости от объемного газосодержания для ксенон-водяной смеси при различных давлениях.

Очевидно, что с ростом давления расчетная скорость звука существенно меняется при неизменных скоростях звука в жидкой и газовой фазе и, при достаточно высоких давлениях, исчезает ее минимум, а характер зависимости расчетной скорости от объемного газосодержания по формуле 3 становится аналогичен зависимости по формуле 4. Кроме того, невозможно объяснить каким образом адиабатная сжимаемость  $\left(\frac{\partial \rho}{\partial p}\right)_s$  смеси

идеального газа и частиц несжимаемой жидкой или твердой фазы может быть во много раз выше сжимаемости идеального газа. Расчет по формуле 3 для водовоздушной смеси при давлении 1 бар дает увеличение сжимаемости до 200 раз относительно идеального газа. Очевидно, что проблема заключается в неприменимости формулы 1 к многофазной среде, так как она относится к сплошной однородной среде с одинаковыми свойствами в каждой точке. При выводе формул 3 и 4 неявно предполагается, что конденсированная фаза раздроблена до почти молекулярного уровня и равномерно распределена в газовой фазе (или газовая фаза равномерно распределена по всему объему жидкости), соответственно, не принимаются во внимание ни реальные размеры капель или газовых пузырей ни их концентрация. Но газожидкостная (или пылегазовая) смесь имеет дискретный характер с конечными размерами частиц или пузырей, разделенных другой фазой.

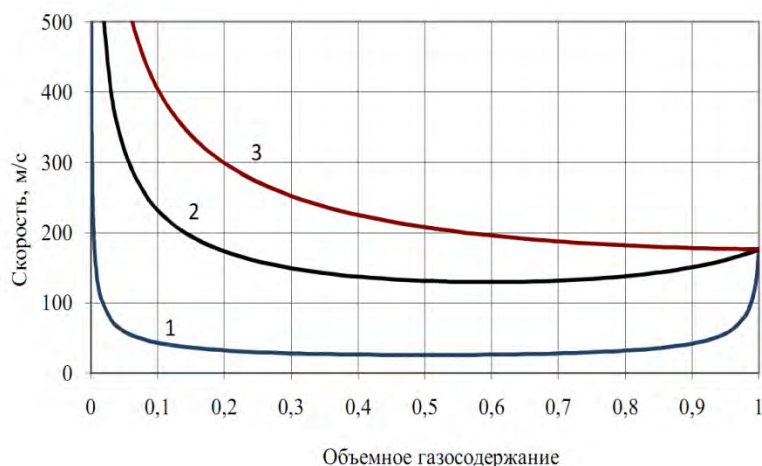


Рис. 2 Зависимость скорости звука в ксенон-водяной среде от объемного газосодержания при температуре 20°C.  
1 – давление 1 бар, 2 – давление 20 бар, 3- давление 100 бар

Следовательно, понятие скорость звука может относиться только к конкретным однофазным объемам смеси, где она представляет собой скорость звука данной фазы. Понятие скорость звука как общая характеристика сплошной среды неприменимо к многофазным системам. О какой скорости звука будет идти речь в системе, состоящей из одного кубометра воздуха и одной капли воды объемом в один литр?

Однако экспериментальные исследования фиксируют значительное снижение «скорости звука» в многофазных системах [3, 5]. В данном случае мы имеем дело со скоростью распространения акустических волн через многофазный слой с дисперсными включениями, которая определяется не только скоростью звука в отдельных фазах но и их взаимодействием с поверхностями раздела фаз.

#### ***Библиографический список***

1. Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г., Шрейбер И.Р. Волновая динамика газо- и парожидкостных сред. М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2015.
3. Покусаев Б.Г. и др. Исследование равновесной скорости звука парожидкостной среды с зернистым слоем с учётом теплофизических свойств засыпки. Известия МГТУ «МАМИ» №2(14), 2012, Т. 4.
4. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Т.2.: Наука, 1987.

# СЕКЦИЯ 1. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

---

Noori A. N.

## LED AS LIGHT SENSOR

*Tambov State Technical University  
(ayat\_nzar@yahoo.com)*

The objective of this Lab activity is to explore the use of LEDs as a photodiode light sensor and the use of NPN and Darlington connected NPN transistors as interface circuits for the light sensor.

When exposed to light photodiodes produce a current that is directly proportional to the intensity of the light. This light generated current flows in the opposite direction to current in a normal diode or LED. As more photons hit the photodiode the current increases causing a voltage across the diode. As the voltage across the diode increases the linearity decreases.

In addition to emitting light, an LED can be used as a photodiode light sensor / detector. This capability may be used in a variety of applications including ambient light level sensor and bidirectional communications. As a photodiode, an LED is sensitive to wavelengths equal to or shorter than the predominant wavelength it emits. A green LED would be sensitive to blue light and to some green light, but not to yellow or red light. For example, a red LED will detect light emitted by a yellow LED and a yellow LED will detect light emitted by a green LED but a green LED will not detect light emitted by a red or yellow LED. All three LEDs will detect “white” light or light from a blue LED. White light contains a blue light component which can be detected by the green LED. Recall that visible light wavelengths can be listed from longest wavelength to shortest wavelength as Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Indigo, and Violet. Violet is the shortest wavelength light with the most energetic photons and red has the longest wavelength light with the least energetic photons of all of the visible colors of light. LED's with clear plastic encapsulation will be more sensitive to broad-spectrum illumination (like general room lighting) than LED's with colored encapsulation (such as those included in the Analog Parts Kit) [1].

*The principle work of the circuit* by convert light emitting diode (LED) to detect the laser beam (green laser) when it falls on the LED.

When the LED biased forward with the circuit it will emits the light, but when biased reverse it will works as detector.

As the light level decreases and LED meets the maximum threshold resistance, the circuit automatically switches on the LED D1.as shown in figure (1)

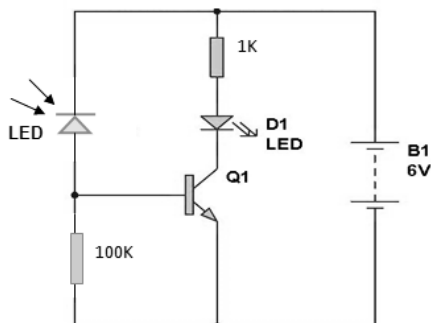


Fig. 1 LED and single common emitter NPN

*Automatic Light detector using variable resistor:* A light detector senses light. As the light level increases and LED meets the lowest threshold resistance, the circuit turns on the LED D1. We can adjust the sensitivity using the preset R-1K.

When laser light is falling on LED, its low resistance drives transistor Q1 into conduction. This keeps transistor Q2 cut-off due to low base bias. The D1-LED does not get power as long as ambient light falls on LED. When laser light falling on LED the resistance becomes low, transistor Q1 stops conducting and transistor Q2 starts conducting to turn on the D1-LED. As shown in fig. 2.

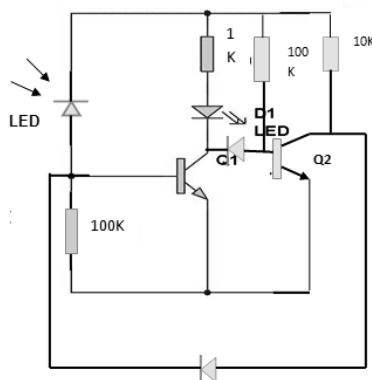


Fig. 2 Automatic Light detector using variable resistor

### References

1. Kevin, McGowan. Semiconductors: From Book to Breadboard: 2012. – 43 c.

### Tarabrina I.V.

### NANOTOXICOLOGY. REVIEW OF CURRENT RESEARCH RESULTS

*Peoples friendship university of Russia  
(i.v.tarabrina4991@ya.ru)*

Intensive development of the nanotechnology in the world contributes to the fact that nanomaterials are not only in the natural environment, but are also largely produced and are actively used in many areas of our lives. Research into the risks connected with the interaction of nanomaterials with the human body and the environment studies the science of nanotoxicology. This direction appeared not so long ago, but with the results carried out for years of work it is already possible to familiarize in open sources.

Toxicity are determined by several factors: size, structure and the way of ingress into the body.

It is proved that when we speak about nanometer scale orders, the properties of the substance change. On the example of graphite we can understand the significance of dimensions. If you grind and spray in the air a graphite pencil rod, the graphite particles will quickly settle out because of its weight. Meanwhile, soot or "technical carbon" has long been used in industry. Such particles, 10-120 nm in size, are not removed by respiratory tract when they sneeze, but sit firmly on the surface of the respiratory tract. And particles smaller than 5 micrometers can freely penetrate into the lungs. Penetrating the cells, they cause their death, which can provoke the development of lung diseases. Nanoparticles enter the body through the gastric, placental, blood-brain barriers. The degree of impact of nanoparticles on the human body depends on the shape of the nanoparticles themselves. A number of authors argue that nanotubes are generally more dangerous than spherical nanoparticles.

Researchers believe that nanoparticles have the property of accumulating in the body, which, as a result, leads to systemic genetic damage and lead to rupture of single- and double-stranded DNA, and also leads to damage to chromosomes

The results of the work of British scientists point to the fact that we still do not know much about the impact of nanomaterials on the human body. Unfortunately, this does not prevent the wide distribution of products with nanoparticles, such as particles of titanium oxide and silver. Researchers state: "It is necessary to develop new requirements for protecting the environment and ensuring human security when using nanomaterials.

Due to the fact that nanoparticles can overcome barriers of animals and human protection, they can be sucked up by the root system of plants and carried anywhere, to the most extreme leaves and shoots. Experiments were also car-

ried out so it was stated that nanoparticles (nanorods of gold 65 nm long and 15 nm in diameter) in the food cycles of organisms of marine ecosystems are primarily absorbed by mollusks and biofilms, which, in turn, are food for the rest of the inhabitants Marine ecosystems.

Nowadays experts from the Inter-Organization Program for the Sound Management of Chemicals (IOMC) and the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) have developed a list of priority nanoparticles for characterizing their Biological action and safety. It includes fullerenes, single and multilayer nanotubes, silver, gold, iron, titanium oxide, aluminum oxide, cerium oxide, silicon dioxide, zinc oxide, dendrimers and nanoclay nanoparticles. In December 2010, polystyrene and soot nanoparticles were excluded from the list, but colloidal gold was added.

Despite the fact that the public recognition of nanotechnology, which includes a set of security measures as an obligatory component, is currently establishing, it is necessary not to dwell on the issues of discovering and studying new forms and sizes of materials. In turn, the use of any product, substance and material should be based on an assessment of the relationship between the intended benefit and the probable harm to solve each specific problem under specific conditions. In particular, for nanomaterials, it is important to continue to develop work on nanotoxicology.

### References

1. Экология наноматериалов : учебное пособие / А. Ю. Годымчук, Г. Г. Савельев, А. П. Зыкова; под ред. Л. Н. Патрикеева и А. А. Ревинной. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 272 с.: ил. — (Нанотехнологии)
2. <http://www.vz.ru/society/2008/2/14/145100.html>
3. <http://nanodigest.ru/>
4. <http://tainy.net/13275-opasny-li-nanotexnologii.html>
5. [http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/opasnost\\_nanomaterialov\\_dlya\\_zdorovya\\_mif\\_ili\\_novaya\\_ugroza\\_](http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/opasnost_nanomaterialov_dlya_zdorovya_mif_ili_novaya_ugroza_) автор статьи Валерий Зайцев, к.б.н., доцент кафедры теоретической и клинической биохимии Волгоградского государственного медицинского университета
6. Nature Nanotechnology 11, 986–994, (2016)
7. News@nature.com (<http://www.nature.com>)
8. PhysOrg.com (<http://www.physorg.com>)
9. The University of Manchester (<http://www.manchester.ac.uk/>)
10. EurekAlert! (<http://www.eurekalert.org/>)

*Авруйская А.А.<sup>1</sup>, Митрасов Ю.Н.<sup>1</sup>, Козлов В.А.<sup>2</sup>*

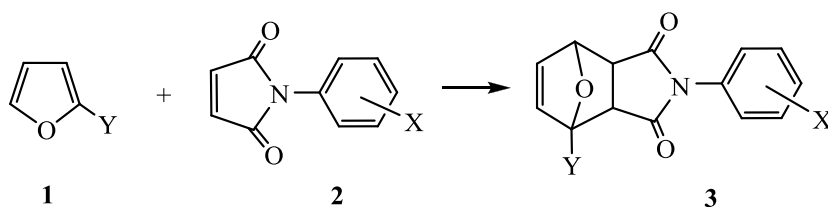
### **АДДУКТЫ ПРОИЗВОДНЫХ ФУРАНА С N-АРИЛМАЛЕИНИМИДАМИ – НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФЛУОРОФОРЫ**

<sup>1</sup>*Чувашский государственный педагогический университет  
им. И.Я. Яковлева.*

<sup>2</sup>*Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова  
(angelkavr@mail.ru, mitrasov\_un@mail.ru, pooh12@yandex.ru)*

В настоящее время на рынке представлен ряд энергосберегающих флуоресцентных систем. Например, флуоресцентные системы освещения с эффективными отражателями, за счет которых снижается энергопотребление материалов для производственных помещений (ангаров, цехов) – на 30-60%, для складских помещений – на 50-75%. Содержание ртути в таких люминесцентных лампах не превышает 5-15 мг, в то время как содержание ртути в лампах ДРЛ отечественного производства может превышать 100 мг. Известно, что ртуть – чрезвычайно опасное химическое вещество (I класса опасности) [1].

Основная задача в этом направлении, состоит в проведении целенаправленного поиска перспективных экологически безопасных флуорофоров. С целью решения данной задачи нами был разработан метод синтеза новых типов органических веществ, проявляющих флуоресцентную активность. Он базируется в применении реакций [4+2]-циклоприсоединения легкодоступных производных фурана (1) с N-арилмалеинимидами (2) [2, 3]:



X = H, CH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, COOH, COOR; Y = CH<sub>2</sub>OH (а), CHO (б), CH<sub>2</sub>OC(O)Ph (в)

При изучении флуоресцентной активности соединений (3) установлено, что аддукты N-арилмалеинимидов с фурфуролом обладают большим квантовым выходом [4]. Поэтому они предложены в качестве красителя для флуоресцентного гистологического выявления амилоида [5].

### Библиографический список

1. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения [Текст]. – Взамен ГОСТ 17.4.1.02-83 ; Введ. с 01.01.85. – Москва: Изд-во стандартов, 2008. – 47 с.
2. Митрасов, Ю. Н. Конденсация нитро- и аминзамещенных фенилмалеинимидов с фурфуриловым спиртом / Ю. Н. Митрасов, А. А. Авруйская, О. В. Кондратьева // Журнал общей химии. – 2015. – № 1 (85). – С. 82-85.
3. Митрасов, Ю. Н. Взаимодействие производных (2,5-дигидро-2,5-диоксо-1 Н-пиррол-1-ил)бензойных кислот с  $\alpha$ -фурилметанолом / Ю. Н. Митрасов, А. А. Авруйская, О. Б. Полякова, О. Е. Иванова // Журнал органической химии. – 2015. – № 8 (51). – С. 1206-1207.
4. Козлов В. А. Фотометрия 4-аза-4-арил-1-гидроксиметил-10-окса-3,5-диоксотрицикло[5,2,1<sup>1,7</sup>,0<sup>2,6</sup>]дец-8-енов // Козлов В. А., Митрасов Ю. Н., Кондратьева О. В., и др. // Материалы седьмой международной научной школы «Наука и инновации – 2012» ISS «SI-2012». – Йошкар-Ола : МарГУ, 2012. – С. 232-235.
5. Пат. 2611408 Российская Федерация МПК G01N33/52. Способ флуоресцентного гистологического выявления амилоида [Текст] / В. А. Козлов, С. П. Сапожников, Ю. Н. Митрасов, А. А. Авруйская, П. Б. Карышев, А. И. Шептухина, О. В. Николаева ; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова» (RU). – № 2015140660/13; заявл. 23.09.2015; опубл. 21.02.2017, Бюл. № 6. – 11 с.

Алтунин К.А. Соколов М.В.

### МЕТОДИКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: costjaaltunin@yandex.ru, msok68@mail.ru).

Определение оптимальных конструктивных параметров процесса резания является наиболее часто решаемой задачей при проектировании технологических процессов в машиностроении. Под оптимальными конструктивными параметрами процесса резания следует понимать нахождение оптимальной конструкции и геометрии режущего инструмента. В настоящее время нет единого подхода к выбору наивыгоднейших геометрических параметров режущей части на стадии проектирования инструментов и технологических процессов, а имеющиеся в справочниках и нормативах рекомендации носят общий характер. Поэтому в настоящее время автоматизация процесса принятия решений инженером-технологом при подборе оптимальных параметров процесса резания является актуальной задачей.

Задача выбора некоторых параметров процесса резания (таких как выбор материала режущей части инструмента и определение его оптимальной геометрии, определение параметров обработки и т. д.) является трудно формализуемой. Трудно формализуемой называется задача, которая не имеет четкого алгоритма решения. В таком случае для осуществления правильного выбора требуются знания эксперта в данной области. Помочь решить подобную трудно формализуемую задачу может создание модели предоставления знаний для исследуемой предметной области и, на ее основе, базы знаний. [1]. База знаний – специальный программно-аппаратный блок, где хранится система знаний о конкретной предметной области.

Создана фреймовая модель базы знаний для наружной токарной обработке ступенчатых валов. В базе знаний представлены следующие структуры фреймов: «Станок», «Условия обработки», «Режущий инструмент», «Режимы резания», «Деталь», «Заготовка», «Материал», «Приспособление». Здесь фрейм представлен в виде класса, атрибуты которого играют роль слотов. Выбор значений слотов осуществляется в соответствии с производственными правилами. В настоящее время база знаний содержит более 90 правил, с помощью которых могут быть сформированы оптимальные конструктивные параметры процесса резания в зависимости от конкретных исходных данных

В работе [2] созданная база знаний используется в качестве основы информационного обеспечения, разрабатываемой системы проектирования процесса резания. База знаний (набор производственных правил) реализована на языке CLIPS 6.3. Пользовательский интерфейс основных блоков системы реализован средствами Delphi. Возникает проблема организации интерфейса для разработанной базы знаний и взаимодействие ее с остальными блоками системы. Данная задача решается путем интеграции CLIPS с использованием динамически подключаемой библиотеки. Это один из основных вариантов, предлагаемых разработчиками. В руководстве пользователя имеется полное описание функций и вариантов их подключения [3]. Применение динамически подключаемой библиотеки лишает возможности использовать все средства CLIPS, ограничивает быстродействие, но существенно упрощает интеграцию и переход на новые версии CLIPS. При этом программисту не требуется знать особенности реализации функций.

Таким образом, разработана модель представления знания для процессов механической обработки металлов и на ее основе фреймовая структура базы знаний. Также предложен способ интеграции системы проектирования процесса резания с базой знаний, созданной с помощью инструмента CLIPS.

### **Библиографический список**

1. Алтуний К.А. Информационное обеспечение интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания. / К.А. Алтуний, М.В. Соколов // Техника и технологии машиностроения: материалы IV междунар. студ. науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – С. 3-7. [Электронный ресурс]. URL: <http://sci-conf.ru/archive/IV/publication.pdf>
2. Концепция создания информационного обеспечения интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / К.А. Алтуний, М.В. Соколов – Тамбов: Студия печати Павла Золотова, 2015. – 112 с.
3. CLIPS Reference Manual, Volume II, Advanced Programming Guide // CLIPS: A tool for building expert systems. URL: <http://clipsrules.sourceforge.net/documentation/v630/apg.htm>. (дата обращения: 19.02.2017).

**Аристов А.А., Кошелев И.Ю., Кузнецова М.С.**

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ МНОГОЗОННЫМИ ТЕПЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

Аппараты с электронагревом применяются во всех отраслях промышленности, в том числе электротехнической, металлургической, химической, машиностроении и др. Значительное число электрических тепловых аппаратов представляют собой нелинейные системы с распределенными параметрами [1]. Типичным примером таких объектов являются многозонные электрические печи (МЗП), которые широко используются в радиоэлектронной промышленности, в частности, для термической обработки заготовок терморезисторов в воздушной среде.

При решении задач управления такие объекты рассматриваются как многомерные. В настоящее время задачи оптимального управления режимами работы многозонных электротермических аппаратов как многомерных нелинейных систем с распределенными параметрами исследованы недостаточно, поэтому решение указанных задач представляет как научный, так и практический интерес.

В качестве примера рассмотрим  $m$ -зонную электрическую печь, упрощенная схема которой приведена на рис. 1; здесь  $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$ ,  $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)^T$  – векторы управления и выходных переменных соответственно. В качестве  $u_i$  обычно используется ток через нагревательные элементы  $i$ -ой зоны, а  $y_i$  – измеряемая температура в центральной части  $i$ -ой зоны.



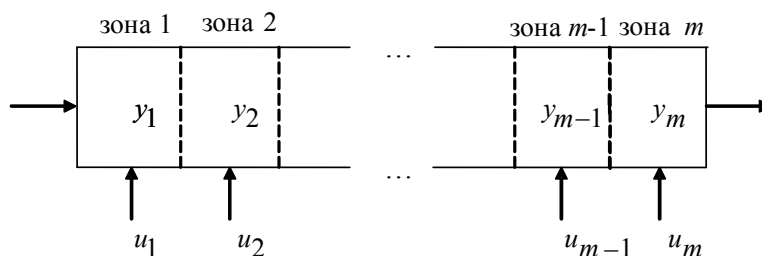


Рис. 1. Упрощенная схема m- зонной электрической печи

В процессе функционирования МЗП выделяются следующие основные режимы работы:

- разогрев зон печи до температур, близких к требуемым по технологическому регламенту;
- выход на заданный режим работы;
- стабилизация задаваемого регламентом температурного режима;
- переход, в случае необходимости, на новый температурный режим;
- остывание печи.

Принципиальной особенностью таких печей как объектов управления является необходимость учета взаимного влияния тепловых режимов в соседних зонах друг на друга, а также распределения температуры по длине печи. В соответствии с принятой в западной литературе классификацией это типичная MIMO (Multi Input Multi Output) – система (см. рис. 2) [2].

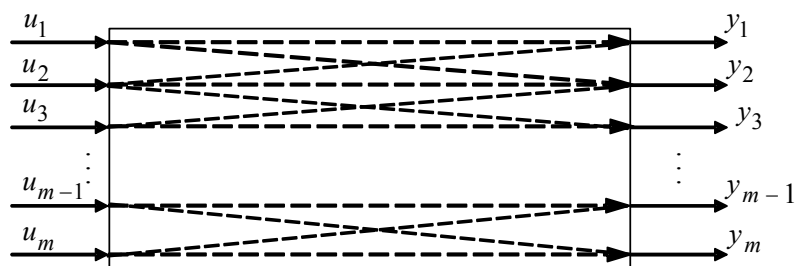


Рис. 2. Схема связей между входными и выходными переменными в MIMO-системе

Другой важной особенностью данного объекта является нелинейность модели динамики для каждой отдельной зоны, связанная с изменением теплофизических свойств материалов от температуры, наличием запаздывания по каналам управления и возмущения, изменением объема загрузки и другими факторами. Такую нелинейность учитывают применением многостадийных моделей, т.е. описанием системы в виде последовательного использования нескольких линейных дифференциальных уравнений. Для этого весь температурный диапазон разбивается на несколько стадий таким образом, чтобы в пределах одной стадии динамика с достаточной точностью описывалась одним линейным дифференциальным уравнением.

В соответствии с этим общая модель должна учитывать многомерность входов и выходов, многостадийность изменения температуры в зонах и неразрывность температурного профиля по длине печи.

Научный руководитель – Тюрин И.В., канд. техн. наук, доцент

#### **Библиографический список**

1. Альтгаузен А.П. Применение электронагрева и повышение его эффективности. — М.: Энергоатомиздат, 1987. - 128 с.
2. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребе, М.Э. Сальгадо. — М.: БИНОМ, Лаборатория знаний. 2004. - 911 с.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ МНОГОЗОННЫХ ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВОК**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

Многозонные печи с электронагревом широко используются в радиоэлектронной промышленности, например, для термической обработки заготовок терморезисторов. Такие печи являются типичными объектами с распределенными параметрами и имеют ряд особенностей. К ним прежде всего относятся большие затраты энергии, высокие требования к поддержанию пространственно-временных температурных режимов, сильные связи между переменными состояниями в соседних участках печи, значительное число управляющих и возмущающих воздействий, жесткие ограничения на изменения составляющих вектора фазовых координат, вероятность выхода из строя отдельных нагревательных элементов в процессе эксплуатации печи. Кроме того, на температуры зон печи накладываются ограничения, вытекающие из технических требований и технологического регламента, в том числе, связанные с протеканием химических реакций [1].

Для решения задач оптимального управления (ЗОУ) функционированием печей требуются математические модели, адекватно описывающие протекающие в них динамические процессы. Так как многозонные печи являются тепловыми объектами с распределенными параметрами, то модель динамики должна отражать изменение температуры во времени в каждой точке печи.

Задача идентификации является одним из главных этапов при проектировании систем автоматического управления динамическими тепловыми объектами. Серьезные трудности при решении указанной задачи, возникают в связи нелинейностей моделей и значительным влиянием возмущающих воздействий [2].

Для получения модели динамики объекта с распределенными параметрами в основном используются три подхода. Первый связан с получением аналитического решения модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных. Второй предусматривает замену системы с распределенными параметрами несколькими объектами с сосредоточенными параметрами с последующей оценкой их параметров дифференциальными уравнениями ограниченной размерности по экспериментальным данным. Третий подход основан на методах численного решения задачи теплообмена, например, с использованием метода конечных элементов.

Достоинством аналитических методов идентификации является высокая точность получаемых моделей, однако их затруднительно использовать в микропроцессорных системах, реализующие оптимальное управление в реальном масштабе времени.

Математические модели, построенные на основе экспериментально полученных данных о температурных режимах объекта удобно использовать в бортовых микроконтроллерах, однако в данном случае получаемая модель не учитывает всех особенностей конкретного теплового объекта, например, конфигурацию поля температур во всем объекте.

Это особенно актуально в случае объектов, имеющих несколько рабочих зон, так как крутизна характеристики температурного перехода при перемещении заготовок изделий из одной рабочей зоны в другую, непосредственно сказывается на качестве выпускаемой продукции. При использовании для решения задачи идентификации методов численного решения, получаемое распределение температур затруднительно использовать для синтеза ОУ в реальном времени, однако достоинствами таких методов является универсальность и наглядность получаемых результатов. Кроме того, в настоящее время существует множество пакетов прикладных программ, позволяющих проводить моделирование различных процессов на персональной ЭВМ, таких как ANSYS, NASTRAN, ADINA и аналогичных им.

Для получения модели объекта, удовлетворяющей требуемой точности и легко реализуемой для контроллера микропроцессорного ОУ, предлагается использовать методы второго подхода решения задачи идентификации для тех пространственных участков объекта, где легко получить экспериментальные данные, и третий подход для определения вида модели в оставшихся областях пространства.

Научный руководитель – Тюрин И.В., канд. техн. наук, доцент

### ***Библиографический список***

1. Цыганков В.Н. Электрофизические свойства оксидных материалов для термодатчиков на основе систем  $\text{GeO}_2 - \text{CoO}$  ( $\text{CoO}$ ,  $\text{NiO}$ ) / Цыганков В.Н., Сафонов В.В., Козлов А.И., Олеск А.О. // Ученые записки МИТХТ. Выпуск 8. Москва, изд. МИТХТ им. М.В. Ломоносова. С. 63 - 65.
2. Муромцев Д.Ю., Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Синтез энергосберегающего управления многостадийными процессами комбинированным методом. //Автоматика и телемеханика.- 2002.- №3 - с.169-178.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СВЛ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Тамбовский государственный технический университет  
(sartemova@yandex.ru, tria@rambler.ru, 670@yahoo.ru, ahmedsalahzeini@gmail.com)

Экономия энергоресурсов в процессах сушки неразрывно связана с технологической задачей получения высушенного материала требуемого качества. Поэтому предлагается модели процессов сушки представлять на множестве состояний функционирования (МСФ). Что даст возможность в дальнейшем использовать ее для решения задач ресурсосбережения без ограничения на производительность и качество получаемого продукта.

В качестве частей системы оптимального управления, которые независимо друг от друга могут изменять свои состояния функционирования, в нашем случае можно выделить непосредственно СВЛ, напряжение питания сети, давление пара, неоднородность (удельная поверхность) материала, температуру в камерах сушиллки и температуру окружающей среды.

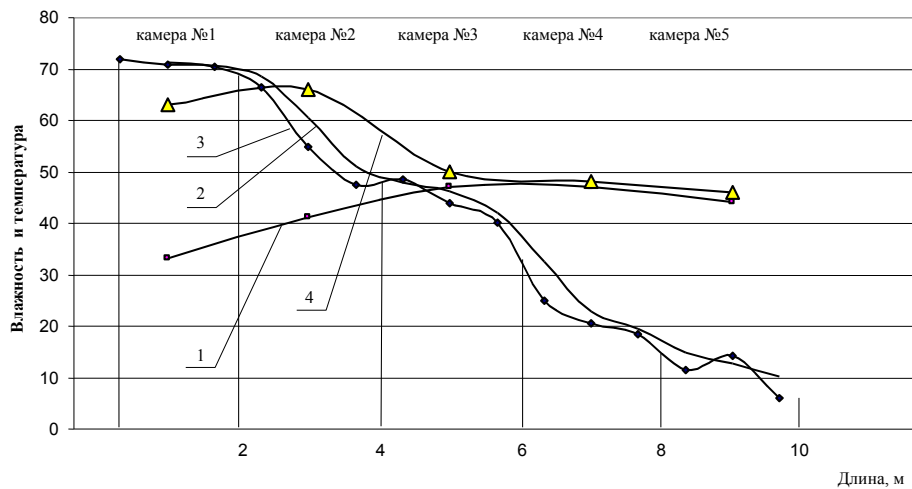


Рис.1. Кинетика процесса сушки в СВЛ №6 отделения №2 цеха №15: 1 – изменение температуры высушиваемого материала по длине сушилки; 2 – полиномиальная (усредненная) кинетическая кривая процесса сушки; 3 – кинетическая кривая процесса сушки; 4 – изменение температуры сушильного агента по камерам сушилки.

Обозначим множества состояний частей вида  $W_1$  для СВЛ;  $W_2$  – напряжение в сети,  $W_3$  – давление пара,  $W_4$  – неоднородность материала,  $W_5$  – температура в камерах сушилки,  $W_6$  – температура окружающей среды. Множество  $W_1$  с учетом особенностей физических процессов тепломассопереноса при работе сушилки содержит пять элементов, соответствующие пяти участкам кинетики сушки (рис. 1).

Таким образом  $W_1 = \{w_{1,1}, w_{1,2}, w_{1,3}, w_{1,4}, w_{1,5}\}$ . Напряжение питания сети может колебаться в значительных пределах (до 60 В). На основе статистических данных можно выделить три основных состояния  $w_{2,1} = 320$  В,  $w_{2,2} = 350$  В и  $w_{2,3} = 380$  В, т.е.  $W_2 = \{w_{2,1}, w_{2,2}, w_{2,3}\}$ . СВЛ рассчитана на давление пара в 3 атм., однако реально оно может меняться от 0,5 до 5,6 атм. На основании проведенных замеров давления пара можно выделить пять основных состояний  $w_{3,1} = 0,5$  атм.,  $w_{3,2} = 1$  атм.,  $w_{3,3} = 3$  атм.,  $w_{3,4} = 4$  атм.,  $w_{3,5} = 5,6$  атм., т.е.  $W_3 = \{w_{3,1}, w_{3,2}, w_{3,3}, w_{3,4}, w_{3,5}\}$ . Неоднородность материала зависит от степени износа формовочных вальцов и может принимать следующие значения  $w_{4,1} = 2$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>,  $w_{4,2} = 3$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>,  $w_{4,3} = 5$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>,  $w_{4,4} = 6,5$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>,  $w_{4,5} = 7$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>, т.е.  $W_4 = \{w_{4,1}, w_{4,2}, w_{4,3}, w_{4,4}, w_{4,5}\}$ .

Температура в камерах СВЛ:

Для 1 камеры:  $w_{5,1,1} < 50^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,1,2} = 50^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,1,3} = 55^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,1,4} = 60^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,1,5} = 80^{\circ}\text{C}$ . Для 2-5 камер:  $w_{5,2-5,1} < 60^{\circ}\text{C}$  &  $w_{5,2-5,1} > 100^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,2-5,2} = 60-100^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,2-5,3} = 70-95^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,2-5,4} = 80-90^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{5,2-5,5} = 90^{\circ}\text{C}$ .  $W_5 = \{w_{5,1}, w_{5,2}, w_{5,3}, w_{5,4}, w_{5,5}\}$ .

Температура окружающей среды зависит от сезона и в среднем летом она равна  $w_{6,1} = 20^{\circ}\text{C}$ , осенью и весной  $w_{6,2} = 15^{\circ}\text{C}$ , а зимой  $w_{6,3} = 12^{\circ}\text{C}$  тогда  $W_6 = \{w_{6,1}, w_{6,2}, w_{6,3}\}$ . Значение переменной состояния функционирования  $h$  системы определяются состояниями ее частей, т.е.  $h_v = (w_{1\alpha}, w_{2\beta}, w_{3\eta}, w_{4\sigma}, w_{5\xi}, w_{6\zeta})$ . Будем считать, что произошло изменение состояния  $h$ , если изменилось состояние одной из ее компонент. В этом случае МСФ –  $H$  системы можно представить декартовым произведением множеств  $W_i$ ,  $H = W_1 \times W_2 \times W_3 \times W_4 \times W_5 \times W_6$ . Учитывая состав множеств  $W_i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  общее число состояний функционирования системы оптимального управления составляет более 3,5 млн.

### Библиографический список

1. Лыков, М.В. Сушка в химической промышленности / М.В. Лыков. – М.: Химия, 1970. – 432 с.

*Артёмов С.В., Артёмов А.А., Зайни А., Алабеди Х.*

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ МАГНИТОПРОВОДА

*Тамбовский государственный технический университет  
(sartemova@yandex.ru, tria@rambler.ru, 670@yahoo.ru, ahmedsalahzeini@gmail.com)*

Задача энергосберегающего управления энергоемкими процессами нагрева в технологическом оборудовании заключается в создании системы управления с использованием простых и дешевых микропроцессорных устройств, способных в реальном времени синтезировать оптимальное управляющее воздействие по критерию затраты энергии. Применение подобных систем в промышленности позволит не только сократить энергозатраты на 5-30%, но и в ряде случаев продлить срок эксплуатации технологического оборудования, а также повысить качество выпускаемой продукции.

Предложен подход энергосберегающего управления технологической установкой термообработки магнитопроводов ТОМ-1.

При разработке системы энергосберегающего управления были проанализированы все возможные состояния функционирования, встречающиеся в реальных производственных условиях. В результате для процесса разогрева печи от  $18^{\circ}\text{C}$  до  $850^{\circ}\text{C}$  получена трех - "зонная" модель следующего вида:

$$\begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \vdots \\ \dot{z} \\ \dot{z} \end{pmatrix} = \begin{cases} \begin{pmatrix} 0 & a_1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ b_1 \end{pmatrix} u(t), z_1 \in [18; 355]; \\ \dots \\ a_2 z(t) + b_2 u(t), z \in [355; 550]; \\ a_3 z(t) + b_3 u(t), z \in [550; 850]. \end{cases}$$

Приведенная модель получена для одного типоразмера заготовки магнитопровода. Массив реквизитов для задачи оптимального управления представлен тремя составляющими

$$\begin{matrix} a_i & b_i & u_n & t_0 & t_k & z_0 & z_k \\ h_1: R_1 = ( & 1, & 0.045, & 0.350, & 0, & 6, & 18, & 355); \\ h_2: R_2 = ( & -0.1306, & 0.2692, & 0.350, & 6, & 19, & 355, & 550); \\ h_3: R_3 = ( & -0.014, & 0.0556, & 0.350, & 19, & 41, & 550, & 850), \end{matrix}$$

В результате решения задачи получены оптимальная программа управления:

$$\tilde{u}^*(\bullet) = \begin{cases} \tilde{u}_1^*(t) = 122,04 - 7,96t, & t \in [0;13,1), \\ \tilde{u}_2^*(t) = \begin{cases} 175 + 150,2e^{0,1306(t-13,1)}, & t \in [13,1;14,3), \\ 350, & t \in [14,3;19), \end{cases} \\ \tilde{u}_3^*(t) = \begin{cases} 175 + 139,6e^{0,014(t-19)}, & t \in [19;35,1), \\ 350, & t \in [35,1;52]; \end{cases} \end{cases}$$

здесь функция  $\tilde{u}_1^*(t)$  принадлежит области первого вида задачи двойного интегратора для технологической установки ТОМ-1, а  $\tilde{u}_2^*(t)$  и  $\tilde{u}_3^*(t)$  - области седьмого вида аperiodического звена.

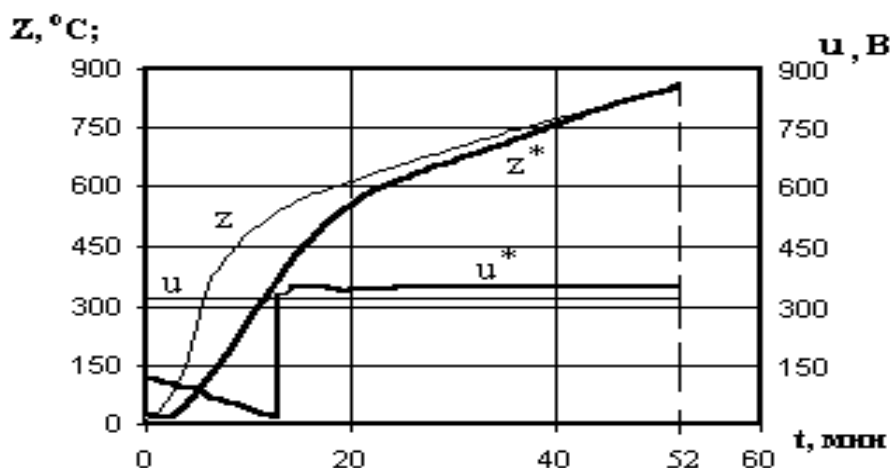


Рис. 1. Температурные зависимости и управляющие воздействия при оптимальном и традиционном управлении процессом нагрева технологической установке ТОМ-1.

Полученная программа снижает энергозатраты на 13% для технологической установки ТОМ-1 по сравнению с традиционным нагревом при  $u = \text{const}$ , значения  $u^*$  и  $z^*$  приведены на рис. 1.

### Библиографический список

1. Chernyshov, N.G. Energy saving system for technological equipment heating control / N.G. Chernyshov, S.V. Artemova // Allerton Press, Inc., New York // Automatic Control and Computer Sciences. – 2001. – № 2.

**Афанасьев А.Д., Юрченко С.П., Анохин В.В.**

### ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ВХОДНОГО ТРАФИКА В АВИАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», Россия, Воронеж  
(e-mail: usy\_2001@mail.ru, 73ok@rambler.ru, anoxin-81@mail.ru)

В интересах повышения пропускной способности воздушного пространства авиационная связь играет все более важную роль, используя сочетание речевой связи и передачи данных в авиационных информационно-телекоммуникационных сетях.

Для проектирования и построения авиационной информационно-телекоммуникационной сети необходимо иметь адекватную модель входного сетевого трафика, который в свою очередь является мультисервисным (речь, передача данных, видео и т.д.), составляющие которого предъявляют свои требования к качеству обслуживания.

Также необходимо отметить, что поступление заявок на установление телефонных соединений и обмен речевой информацией часто описывают пуассоновской моделью, а мультисервисный трафик обладает самоподобными свойствами [1].

Одной из наиболее известных моделей самоподобного трафика является модель, основанная на фрактальном броуновском движении (ФБД). Данный процесс однозначно определяется автокорреляционной функцией [2]:

$$r(s, t) = \frac{1}{2} [|s|^{2H} + |t|^{2H} - |s - t|^{2H}], \quad (1)$$

где  $H$  – параметр Херста,  $s, t$  – временные отсчеты. Параметр Хэрста  $H$  ( $0 < H < 1$ ) является характеристикой самоподобного процесса и определяет степень долговременности зависимости этого процесса.

Основываясь на многочисленных исследованиях, для каждого типа трафика получены свойственные ему значения коэффициента Хэрста [1]: интернет трафик – 0,7-0,9; трафик обмена файлов – 0,85-0,95; трафик электронной почты – 0,75; трафик видео вещания – 0,75-0,8; трафик видеоконференцсвязи – 0,55-0,6; трафик одно-ранговой сети – 0,6-0,7.

Загруженность буферных устройств в информационно-телекоммуникационной сети описывают моделью Норрса [3]:

$$N(t) = mt + \sqrt{am} B_H(t), \quad (2)$$

где  $m$  – средняя интенсивность потока;  $a$  – дисперсия поступающего потока;  $B_H(t)$  – фрактальное броуновское движение.

Задача моделирования загруженности буферного устройства с ФБД входным трафиком может быть решена дискретной гауссовской аппроксимацией ФБД с использованием быстрого преобразования Фурье.

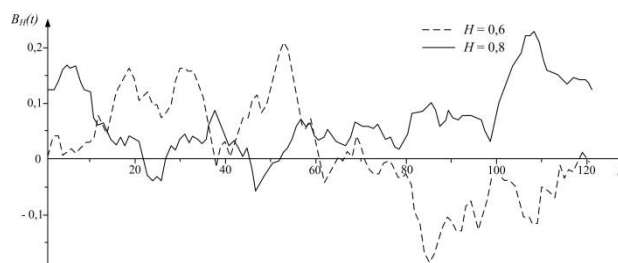


Рис. 1 Результаты моделирования фрактального броуновского движения для различных значений коэффициента Хэрста.

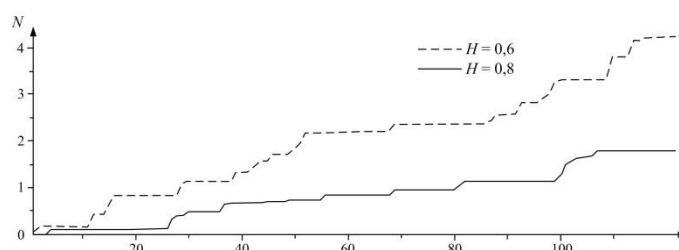


Рис. 2. Результаты моделирования зависимости длины очереди в буферном устройстве для различных значений коэффициента Хэрста.

Использование данных моделей на этапе проектирования авиационной информационно-телекоммуникационной сети позволит адекватно описать ее входной поток, определить значения показателей качества обслуживания для различных ее вариантов и выбрать вариант, удовлетворяющий требуемым характеристикам связи.

#### Библиографический список

1. Recommendation ITU-T Q.3925 (03/2012). Traffic flow types for testing quality of service parameters on model networks. Switzerland. Geneva, 2012. – 14 с.

2. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения / С.Н. Степанов – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 808 с.
3. Norros I. A storage model with self-similar input // Queueing Systems. – 1994. – V. 16. – N. 3–4. P. 387-396.

**Белов И.Н., Максимов Ю.П.**

**ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ MATLAB  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ  
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ ПОДСТАНЦИИ**

*Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых,  
Россия, Владимир, (iluhabelov2255@gmail.com).*

В качестве объекта исследования была принята подстанция понижающего типа, к которой подходят две воздушные линии 110 кВ. Для автоматизированного расчета молниезащиты подстанции в работе используется программное обеспечение в среде MATLAB, с помощью которого выполняется выбор вариантов для решения поставленной задачи.

Для определения габаритных размеров подстанции необходимо знать все габаритные размеры элементов подстанции. Габарит проезда вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий, габариты основных элементов подстанции (трансформаторов и выключателей), наименьшее расстояние от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (подстанций) в свету для напряжения 110 кВ, расстояния: между проводами разных фаз; между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по горизонтали при обслуживании одной цепи и неотключенной другой, от токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора, между токоведущими частями и зданиями или сооружениями; от токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой 1,6 м, до габаритов транспортируемого оборудования; от неогражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов – все эти факторы были учтены при суммировании расстояния между оборудованием, а также габаритами самого оборудования для получения точных габаритов подстанции.

В качестве следующего шага выполняется расчет молниеотводов и определение зоны защиты. Защита представлена двумя вариантами: одиночным и несколькими с совместной зоной защиты молниеотводами. Для определения границ зоны защиты используются формулы, уточненные по результатам опыта эксплуатации.

Для выполнения молниезащиты при помощи одного молниеотвода находятся вершина конуса защиты и радиус основания конуса защиты на уровне земли. Далее рассчитываются радиусы конуса защиты с целью определения степени защищенности высокого оборудования. В итоге оказалось, что, расположив одиночный молниеотвод высотой 25 метров в середине подстанции, можно обеспечить защиту всего оборудования, находящегося на подстанции.

Для выполнения защиты при помощи нескольких молниеотводов число последних было выбрано в количестве трех. Близко расположенные молниеотводы способствуют взаимному усилению защитного действия и образуют многократный молниеотвод. Его зона защиты определяется попарными зонами защиты его ближайших молниеотводов. При этом считается что внутренние зоны защищены также надежно, как и зона одиночного молниеотвода. Очертания стержневой части зоны защиты выполняются по расчетным формулам, используемым для построения зоны защиты одиночного молниеотводов. Совместная зона ограничивается ломаной кривой, которую можно построить по трем точкам.

В результате, вариант установки трех молниеотводов оказался предпочтительней с точки зрения надежности защиты подстанции от прямых ударов молнии, но экономически этот вариант менее выгоден.

**Библиографический список**

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы. - БХВ-Петербург, 2013.
2. Хилилов Ф.Х. Защита сетей 6-35кВ от перенапряжений Энергоатомиздат, С.Пб. 2002.
3. Илларионов Техника высоких напряжений Энергоиздат, 1982.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ ИНВЕРТОРА

Липецкий государственный технический университет  
(rus.belocopytov@yandex.ru, mesherek@stu.lipetsk.ru)

Актуальность темы энергосбережения [1] объясняется тем, что электропривода в промышленных условиях потребляют до 90% всей электроэнергии. Вопросы по реализации требуемых показателей качества производственных процессов в настоящее время в большинстве случаев возлагаются на системы управления электроприводов.

Классической схемой для работы электродвигателя постоянного тока является схема ТП-ДПТ. Одним из недостатков системы ТП-ДПТ является наличие зоны прерывистых токов. Данное явление вызвано тем, что по мере увеличения угла  $\alpha$  среднее значение напряжения на обмотке якоря уменьшается [2].

Идея заключается в том, что в цепь с двигателем и выпрямителем включается инвертор. Инвертор подключен к питающей сети через трансформатор и включен последовательно с выпрямителем и двигателем. Задачей инвертора является смещения вектора напряжения на угол, который позволит уменьшить зону прерывистых токов. Среди наиболее распространенных и отлаженных в производстве преобразователей можно выделить двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ), выполненные на основе автономных инверторов напряжения (АИН) или тока (АИТ) [3]. Данная математическая модель (рис.1) реализована в Matlab Simulink.

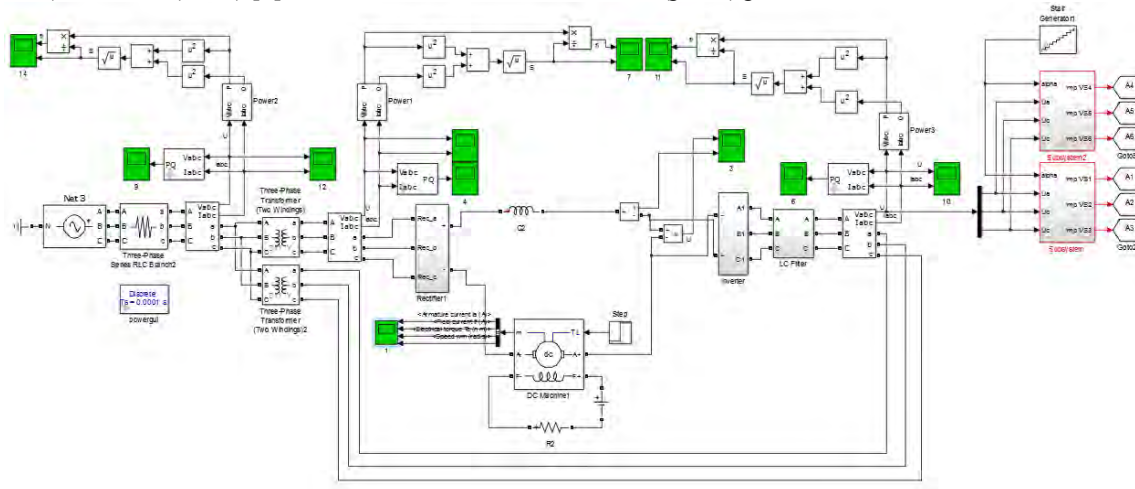


Рис. 1. Математическая модель

Результаты моделирования приведены на рис.2.

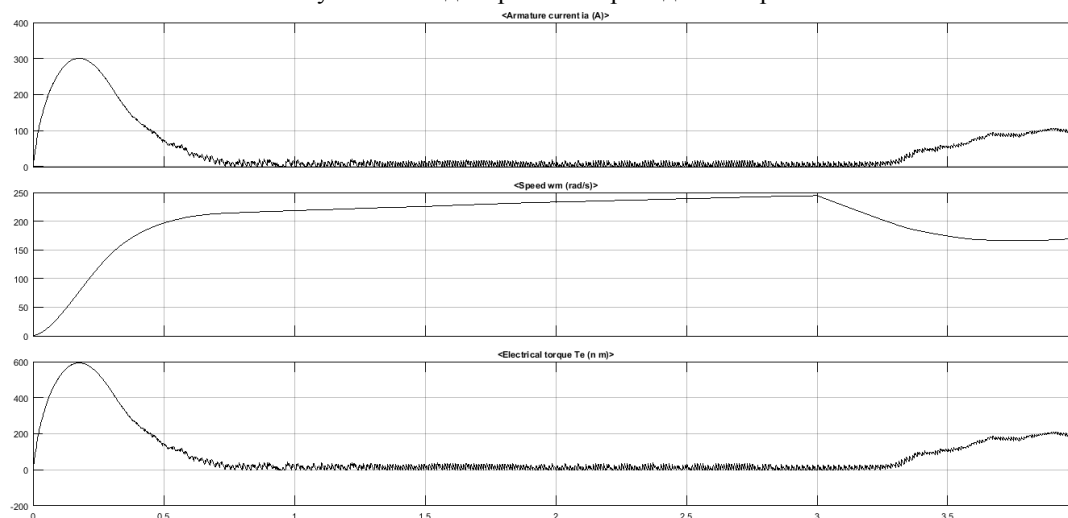


Рис. 2 Результаты моделирования



### *Библиографический список*

1. Мещеряков В. Н., Байков Д. В. Энергосберегающий асинхронный электропривод на базе матричного преобразователя частоты // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2015. №2, [Т.2]. С.35-39. URL: <http://electrical-engineering.ru/issues/2015/2015-2.pdf> (дата обращения: 16.10.2016)
2. Мещеряков В. Н., Белокопытов Р. Н., Евсеев А. М. Уменьшение зоны прерывистых токов с помощью инвертора // Материалы докладов II Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве». Казань, 8-9.12.2016. – 2016. – Т.3 – с. 12-14.
3. Мещеряков В. Н., Копаев Ю.П., Ласточкин Д.В. Анализ инверторов тока и напряжения с системами релейного управления // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2016. – №2. – С. 13-18.

*Белоусов А.С.*

### **АНАЛИЗ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РАЗМАТЫВАТЕЛЯ**

*Липецкий государственный технический университет  
011bas962@gmail.com*

В данной работе была рассмотрена структура агрегата продольной резки №1 ПДС ПАО «НЛМК» и его системы управления. Агрегаты продольной резки были пущены в эксплуатацию более сорока лет назад и требуют ремонта и обновления. Электроприводы агрегата содержат двигатели постоянного тока и тиристорные преобразователи, система управления агрегатом построена на автоматах JSP и подвержена моральному и материальному износу.

Основным требованием, предъявляемым к данному агрегату, считается наличие возможности широкого регулирования скорости вращения двигателей. Именно оно побудило использовать двигатели постоянного тока. Однако у них присутствуют следующие недостатки:

- износ щеточно-коллекторного аппарата;
- износ подшипников;
- громоздкая система управления тиристорным преобразователем;
- моральное и материальное устаревание оборудования.

Эти неисправности и обуславливают необходимость дальнейшей полной замены на асинхронные двигатели с частотным управлением.

К системе автоматического управления агрегатом продольной резки предъявляют такие требования как: четкость функционирования, надежность передачи данных, простота обслуживания и небольшие габариты аппаратуры.

В рамках модернизации мною была предложена замена электроприводов, в частности электропривода разматывателя, на асинхронные электроприводы с преобразователем частоты и векторной системой управления, а также замена действующей системы управления агрегатом. По требованиям унификации оборудования в работе рассматривается установка продукции фирмы Siemens.

В качестве основы АСУТП входной части агрегата, к которой относится разматыватель, применим ПЛК семейства SIMATIC S7, оснащенный станциями распределенной периферии ET-200. Была выбрана серия S7-400 и центральный процессор CPU 414-2. Каждая станция распределенной периферии комплектуется интерфейсными модулями IM 153, блоком питания и различным количеством сигнальных модулей серии S7-300, порядок их установки в корзину может быть произвольным. Так же была выявлена необходимость использования функционального модуля FM458-1 DP и нескольких модулей расширения. Связь между устройствами системы управления и контроллерами привода будет осуществлять по сети PROFIBUS. Для всего требуемого оборудования были определены заказные номера.

В качестве преобразователя частоты был выбран Sinamics S120, поскольку данный тип способен обеспечивать рекуперацию энергии в сеть. В данном преобразователе имеет место разделение силовой части и платы управления, которые соединяются через системный интерфейс DRIVE-CLiQ. Считается возможным установить по одному такому преобразователю на каждый технологический участок агрегата, то есть осуществить разделение силовой части преобразователя на модуль питания Smart и нескольких двигательных модулей в виде инверторов.

Для преобразователя Sinamics S120 была составлена таблица параметризации, разработана схема подключения модулей, а также было проведено математическое моделирование работы выбранного асинхронного двигателя раз-

матывателя с векторной системой управления, результаты которого выведены на рисунке 1. В рамках моделирования были разработаны блоки расчета задания по скорости и расчета текущего момента нагрузки.

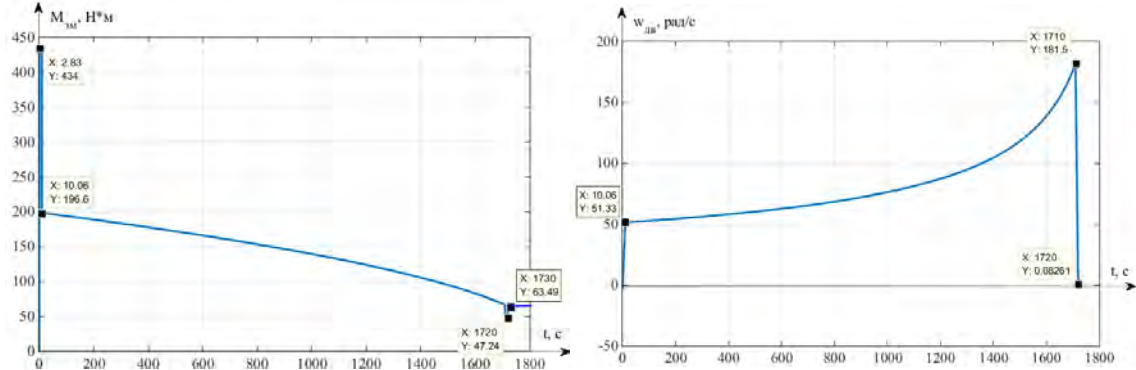


Рис.1 – Графики изменения момента и скорости

### Библиографический список

- Мещяряков, В.Н. Взаимного положения векторов тока статора и магнитного потока асинхронного двигателя при векторном управлении [Текст] / В.Н. Мещяряков, П.Н. Левин – Известия высших учебных заведений. Электромеханика №1, 2006. – 25-27 с.
- Продукты SIMATIC для комплексной автоматизации. – М.: SIEMENS, 2014. – 194 с.

Беляев И.Д.

### ПРОТОКОЛ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ ITU-R BT.656

Московский институт электронной техники  
(ilya.belyaev.95@list.ru)

В настоящее время используются различные протоколы для передачи видеоданных, одним из которых является ITU-R BT.656.

Протокол ITU-R BT.656[1], описывает алгоритм передачи видео для потокового несжатого PAL или NTSC TV стандартной четкости (625 или 525 строк) сигналов. Данный протокол опирается на цифровые параметры кодирования видео 4:2:2, которые используют цветовое пространство Y-Cb-Cr и частоту дискретизации 13,5 МГц для пикселей.

Структура дискретизации[2] сигнала представляет собой соотношение между тремя частями X:a:b(например, 4:2:2)(рис.1), описывающими число выборок яркостных и цветоразностных сигналов. Этими частями являются:

X — частота дискретизации яркостного канала, выраженная коэффициентом базовой частоты (ширина макропикселя);

a — число выборок цветоразностных сигналов (Cb) в горизонтальном направлении в первой строке;

b — число (дополнительных) выборок цветоразностных сигналов (Cr) во второй строке.



Рис.1 Структура дискретизации сигнала

Стандарт может быть реализован для передачи либо 8-битных значений (стандарт в области потребительской электроники) или 10-битных значений (иногда используется в студийных условиях).

### **Библиографический список**

1. <https://www.intersil.com/content/dam/Intersil/documents/an97/an9728.pdf> - Протокол ITU-R BT.656.
2. [http://industriya-kino-i-video.vipsekret.ru/a\\_industriya-kino-i-video&tsvetovaya-subdiskretizatsiya&2.htm](http://industriya-kino-i-video.vipsekret.ru/a_industriya-kino-i-video&tsvetovaya-subdiskretizatsiya&2.htm) - Цветовая субдискретизация

**Бухтияров Е. С.<sup>1</sup>, Ушаков И. В.<sup>1,2</sup>**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «SMART GRID» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов (e-mail: 007evgen93@mail.ru)

<sup>2</sup>Научно-исследовательский технологический университет «МИСЦ», Россия,  
Москва (e-mail: ushakoviv@mail.ru)

Технология Smart Grid[1] – представляет собой систему, оптимизирующую энергозатраты и позволяющую перераспределять энергоресурсы. Для электроснабжения это модернизированные сети, которые используют информационные и коммуникационные технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющие автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, устойчивость производства. В данной работе будут рассмотрены перспективы использования технологии Smart Grid в России и мире, а также проблемы ее внедрения в существующие и будущие системы электроснабжения. Задачи решаемые внедрением технологии Smart Grid[2]: эффективное использование имеющейся энергии; интегрирование и распределение электроэнергии из альтернативных источников; автоматическое диагностирование и решение возникающих проблем; оптимизация поставок электричества; сокращение затрат энергоресурсов; снижение потерь в сетях энергоснабжения; сокращение выбросов в атмосферу углекислого газа.

В России Smart Grid в своем развитии значительно отстает от западных стран (ЕС, США) [3]. Это связано с тем, что в нашей стране данную технологию стали использовать значительно позже, но от этого ее долгосрочные перспективы не уступают другим странам. По данным ФСК, построение энергосистемы с интеллектуальной сетью позволит уменьшить потери в российских электрических сетях всех классов напряжения на 25 %, что даст экономию порядка 34-35 млрд. кВт\*ч в год. Такой объем энергии в течение года вырабатывается несколькими электростанциями суммарной мощностью 7.5 ГВт. По ориентировочным оценкам академических институтов за счет модернизации сети можно уменьшить потребность в новых мощностях на 22 ГВт и приблизительно на 35 млрд. долларов снизить объем капиталовложений в развитие распределительных и магистральных сетей за счет увеличения пропускной способности сетей по новым технологиям.

В России уже разработаны первые опытные образцы интеллектуального измерительного оборудования подстанций - измерительные высоковольтные трансформаторы с цифровым выходом (ОАО «Раменский электротехнический завод «Энергия»), комплекс приборов учета электроэнергии и телемеханики работающих в единой системе цифрового обмена (ЗАО «ИТЦ «Континуум+»). По мнению специалистов, система интеллектуальных сетей способна снизить потери до 40% [4]. Если исходить из ежегодных потерь в сетях ФСК на уровне 20 млрд. кВт\*ч и среднем тарифе на покупку потерь в 0,45 руб. то потребители смогут сэкономить до 3,6 млрд. руб. Но чтобы добиться реальной экономии систему надо распространить и на распределительные сети.

К общим трудностям при внедрении системы можно отнести недостаточное понимание необходимости коренных перемен в сфере электроэнергетики, различие интересов разных компаний, сложность объединения оборудования разных производителей в общую систему. Данная программа требует колоссальных денежных ресурсов, которые окупаются в течение длительного периода времени. Необходимо разъяснять потребителям их возможности по экономии средств за счет использования электроэнергии по более низкой цене, например, в ночное время.

### **Выводы**

1. Государственные интересы РФ требуют увеличения финансирования технологии Smart Grid, а также создание соответствующей нормативно-правовой базы.

2. Перспективы развития Smart Grid в РФ значительны как с точки зрения снижения затрат на производство и транспортировку энергии, так и с точки зрения экономии энергоресурсов.

### **Библиографический список**

1. C.-H. Lo, N. Ansari, "The progressive smart grid system from both power and communications aspects", Communications Surveys Tutorials IEEE, vol. 14, no. 3, pp. 799-821, 2012.
2. M. Yigit, V. C. Gungor, G. Tuna, M. Rangoussi, E. Fadel, "Power line communication technologies for smart grid applications: A review of advances and challenges", Computer Networks, vol. 70, pp. 366-383, 2014.
3. C. Caione, D. Brunelli, L. Benini, "Compressive Sensing Optimization for Signal Ensembles in WSNs", IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 10, no. 1, pp. 382-392, Feb. 2014.
4. C. Caione, D. Brunelli, L. Benini, "Compressive Sensing Optimization for Signal Ensembles in WSNs", IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 10, no. 1, pp. 382-392, Feb. 2014.

**Ванин В.А., Фидаров В.Х., Колодин А.Н.**

### **ОПТИМИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ ШАГОВОГО ГИДРОПРИВОДА**

*Тамбовский государственный технический университет  
(fidval@mail.ru)*

В металлорежущих станках, предназначенных для изготовления винтовых поверхностей, зубчатых и червячных колес необходимо обеспечить жесткую, точную и регулируемую взаимосвязь между скоростями движений двух и более их исполнительных органов, несущих инструмент и заготовку. В подавляющем количестве подобных станков эта взаимосвязь обеспечивается посредством механических кинематических связей между исполнительными органами станка. В станках крупных типоразмеров такие кинематические цепи имеют значительную протяженность, состоят из большого количества звеньев (валов, зубчатых передач, муфт), трудоемки в проектировании, изготовлении и эксплуатации.

Выполненные исследования показали, что механические связи в станках со сложными формообразующими движениями можно заменить гидравлическими связями на основе гидравлических шаговых гидроприводов, что позволяет существенно упростить кинематику и снизить металлоемкость станка. Кроме того, такие приводы можно строить по модульному принципу, что существенно сокращает время на проектирование и изготовление кинематики станка, значительно снижает металлоемкость станка [1].

Структурно шаговый гидропривод состоит из трех функционально и конструктивно завершенных модулей: источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего (коммутирующего) устройства (генератор гидравлических импульсов) и силового гидравлического шагового двигателя.

На рис. 1 представлена структурная схема резьбонарезного станка для нарезания цилиндрических червяков чашечным (обкаточным) резцом (долбяком), построенная на основе гидравлического шагового привода. Для нарезания червяка на станке необходимо реализовать два сложных движения формообразования: 1.  $\Phi_v(B_1B_2)$ -согласованное вращения заготовки 6 -  $B_1$  и чашечного резца 7 -  $B_2$  для получения профиля винтовой нарезки червяка; 2.  $\Phi_v(P_3B_4)$ - перемещение резца 7 вдоль оси заготовки 6 -  $P_3$  согласованное с дополнительным вращением резца -  $B_4$  для обработки заготовки по всей длине.

Заготовка 6 приводится во вращение  $B_1$  от двигателя Д через звено настройки  $i_v$ . Вращения резца  $B_2$ ,  $B_4$  и его перемещение  $P_3$  осуществляются от шаговых гидродвигателей соответственно 2, 12 и 9. Согласование скоростей движений  $B_1$  и  $B_2$ , входящих в состав сложного движения формообразования  $\Phi_v(B_1B_2)$  и движений  $P_3$  и  $B_4$ , входящих в состав сложного движения формообразования  $\Phi_v(P_3B_4)$  осуществляется посредством генераторов гидравлических импульсов (ГГИ) 4, 5 и 8, которые управляют частотой вращения валов шаговых гидродвигателей 2, 9 и 12. Золотниковые распределительные втулки ГГИ 4 и 5 приводятся во вращение от зубчатого колеса 3, а ГГИ 8 - от зубчатого колеса 10. Так как резец одновременно участвует в двух вращательных движениях  $B_2$  и  $B_4$ , то для суммирования этих движений используется дифференциал 15 с червячной парой 13.

Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки 1 по трубопроводу 14.

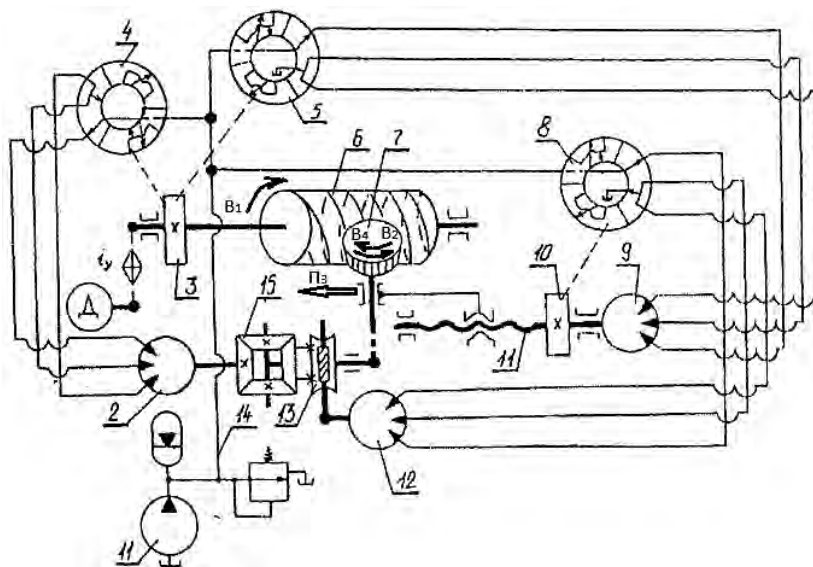


Рис. 1. Структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими внутренними связями для нарезания цилиндрических червяков обкаточным резцом

#### **Библиографический список**

1. Ванин, В. А. Резьбообрабатывающие станки с гидравлическими формообразующими связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей переменного шага/В. А. Ванин, А. Н. Колонин, А. А. Родина//Вестник машиностроения. -2014. -№ 7. -С. 37 -45.

**Васильев В.А., Мосин А.И., Чистилин Д.А.**

#### **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
(vashome60@mail.ru)*

Анализ вооруженных конфликтов последних десятилетий показывает, что эффективность боевых действий авиации в значительной степени зависит от уровня автоматизации процессов управления войсками. Особенностью процесса выработки и принятия решений на боевое управление авиацией является необходимость учета многочисленных факторов, характеризующих различные цели принятия решения. При этом могут возникать условия неопределенности в оценке обстановки, затрудняющие работу должностных лиц (ДЛ) боевых расчетов пунктов управления авиацией (ПУА) в процессе выработки решения.

Таким образом, актуальными остаются вопросы информационного обеспечения принятия решений на ПУА, как в процессе подготовки к боевым действиям, так и в процессе их проведения. Эти вопросы являются не только ключевыми для организации функционирования ПУА, но и системозадающими в процессе разработки специального математического и программного обеспечения (СМПО) комплексов средств автоматизации ПУА.

В рамках работы решение указанной проблемы увязывается с достижением цели оперативного, непрерывного, устойчивого и согласованного управления приданными группами авиационной поддержки тактических

воинских формирований для любых условий функционирования ПУА. При этом цель выражается требуемым результатом целенаправленной деятельности системы управления [1].

Для исследования процесса принятия решения на ПУА разработана функциональная модель этого процесса в виде последовательности процедур преобразования исходного множества возможных решений  $N$  по достижению цели  $Y_0$  в оптимальное  $u^*$ . Основным элементом модели является модель проблемной ситуации (совокупность решаемой проблемы и анализируемой ситуации), используемая для выделения наилучшего решения  $u^* \in N$  (или для сужения множества  $N$ ). Модель представлена совокупностью

$$Z = \langle N, A, G, Y_0, W, \Psi, R, Q \rangle, \quad (1)$$

где  $A$  – множество значений влияющих на операцию управления факторов (определенных и неопределенных);  $G$  – множество исходов операции управления авиацией;  $Y$  – вектор существенных характеристик результатов управления;  $W$  – показатель эффективности управления;  $\Psi$  – оператор соответствия «результат – показатель»  $\Psi: Y \rightarrow W$ ;  $R$  – критерий эффективности управления;  $Q$  – остальная информация о проблемной ситуации.

С помощью модели (1) решались следующие задачи [2]:

- формирование множества  $N$  допустимых решений;
- выделение подмножества  $\mu \subset A$  существенных факторов, определяющих условия управления;
- формирование показателя эффективности управления  $W$ ;
- построение критерия эффективности  $R$ .

Результатом является методика количественной оценки показателя эффективности управления  $W$  авиацией, соответствующего предъявляемым требованиям и учитывающего влияние на процесс управления неопределенного фактора – преднамеренных помех. За меру влияния неопределенного фактора принималось случайное время задержки информации в канале связи.

Для решения обратной задачи – определения наилучшего решения  $u^*$  в условиях неопределенности, обеспечивающего достижение цели  $Y_0$  управления, разработана математическая модель управления авиацией, устанавливающая связь принятого критерия  $R$  эффективности с влияющим фактором.

Программная реализация результатов работы в СМПО комплексов средств автоматизации ПУА позволит повысить обоснованность решения по выбору позиции ПУА в условиях сложной помеховой обстановки.

#### **Библиографический список**

1. Рябчук, В.Д. Теория управления боем (научно-исследовательский и методологические аспекты) / В.Д. Рябчук. - Минск: ВА РБ, 2001. - 105 с.
2. Васильев, В.А., Чистилин, Д.А., Линник, Е.А., Стафеев, М.А. Модель оценки эффективности управления авиацией в интересах тактических воинских формирований в условиях воздействия преднамеренных помех / В.А. Васильев, Д.А. Чистилин, Е.А. Линник, М.А. Стафеев, // Теория и техника радиосвязи, 2016. № 2. С.17-20.

**Габидуллин И. Р.<sup>1</sup>, Ушаков И. В.<sup>1,2</sup>**

#### **СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет,  
<sup>2</sup>Научно-исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, Москва

Согласно статистическим данным, затраты на электроэнергию на предприятиях составляют до 30% всех издержек. Как правило, это связано с использованием устаревшего оборудования, высокой степени его износа и как следствие, высоким потреблением электроэнергии. Таким образом, из-за ряда проблем, эффективность систем электроснабжения снижается, растут потери, повышаются расходы предприятия. С развитием компьютерных технологий была разработана система Smart Grid – автоматизированная система «умного» управления потоками электроэнергии, их распределения с целью уменьшения потерь и увеличения энергоэффективности всей системы. Благодаря использованию электроники, то есть различных датчиков, электронных счетчиков, удастся значительно повысить энергоэффективность. В настоящее время широко используется следующая аппаратура:

- Средства управления освещением, диммеры, выключатели с задержкой времени позволяют регулировать степень освещения. В связи с этим они продлевают срок службы ламп. Диммеры лучше всего подходят для офисных помещений, так как главным преимуществом этих устройств является плавная регулировка освещения, поэтому зрение при переходе даже с яркого света на приглушенное, не напрягается;

- Датчики движения позволяют сократить затраты на освещение. В случае использования датчиков движения свет будет загораться только в случае, если в помещении кто-то есть, и выключаться когда помещение покидают;

- Использование счетчиков автоматического учета электроэнергии. В настоящее время на рынке электрооборудования существуют автоматизированные системы технологического учета электроэнергии (АСТУЭ). К примеру, для цеха, на каждый электроприёмник устанавливается датчик электропотребления. Информация со всех датчиков попадает в центральную информационную систему учёта предприятия. АСТУЭ могут устанавливаться и на производстве и в офисных помещениях. Использование таких систем дает ряд преимуществ.

АСТУЭ информирует об энергопотреблении станка, помещения или цеха за любой период. Появляется возможность мониторинга электропотребления в режиме реального времени каждого электроприёмника в отдельности, а так же всей электрической сети. АСТУЭ так же позволяет рационально распределять нагрузку между потребителями. При возникновении внештатной ситуации, видно в каком месте произошел сбой, за счет этого можно оперативно устранить неисправность. Как следствие, АСТУЭ помогает значительно сэкономить электроэнергию, уменьшить плату за коммунальные услуги, а также продлить срок службы оборудования.

### ***Библиографический список***

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Smart Grid за рубежом как концепция инновационного развития электроэнергетики // Энергоэксперт. 2010. № 2. С. 24-30.
2. Шакарян Ю. Г., Новиков Н. Л. Технологическая платформа Smart Grid (основные средства) // Энергоэксперт. 2009. № 4.
3. Ворошилов И. Как сэкономить 80% электроэнергии на предприятии. [Электронный ресурс] Источник: <http://www.gd.ru/articles/3158-red-neskolko-sposobov-ekonomii-elektroenergii> (дата обращения: 13.02.2017).

***Гаврилин В.А. Каракеян В.И. Рябышенков А.С.***

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

*Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»*

*(gavrilinyacheslav@gmail.com, zelikar@mail.ru, ryabyshenkov@mail.ru )*

По мере роста степени интеграции изделий микроэлектроники повышается чувствительность производства к точности и стабильности параметров технологической среды чистых помещений (ЧП). Необходимость адекватного контроля чистоты воздуха и параметров микроклимата как основных характеристик ЧП приводит к задачам исследования и уточнения закономерностей ряда физико-химических и аэродинамических процессов при функционировании системы кондиционирования и фильтрации воздуха (СКФВ).

Эта система является подсистемой наукоемкой природно-технической геосистемы, поэтому ее эффективность находится в тесной взаимосвязи как с состоянием наружного воздуха, так и с ее конструктивно-технологическими особенностями, определяющими тепло- массообменные, аэродинамические и энергетические процессы. Существенное влияние на эффективность эксплуатации системы оказывают структура и организация основной технологии и организацией труда персонала.

Основным критерием для научно-обоснованного формирования технологических требований к ЧП являются выход годных изделий, приемлемый уровень которого может быть обеспечен при соответствующем классе чистоты внутрипроизводственной среды.

Согласно ГОСТ Р ИСО 14644-1 основным классификационным критерием класса чистоты служит счетная концентрация микрочастиц размером 0,1 и 5 мкм в 1 м<sup>3</sup> воздуха. При производстве интегральных микросхем с наноразмерами в ЧП высоких классов это условие обязательное, но недостаточное, т. к. технологиче-

ский процесс становится весьма чувствительным к стабильности параметров микроклимата: температуры, относительной влажности и скорости воздуха. Задача должна решаться комплексно, т. к. невыполнение хотя бы одного условия соблюдение остальных теряет смысл.

В связи с этим следует обратить внимание на аспекты эффективности функционирования СКФВ ЧП, определяющими технологический микроклимат в комплексе. Успешность решения задачи зависит от свойств наружного воздуха, структурно-технологической схемы кондиционирования и фильтрации воздуха, аэро- и гидродинамических процессов, компоновки технологического оборудования и организации труда персонала.

СКФВ для чистых производств, как правило, выполняются по одной генеральной схеме из последовательно установленных аппаратов и отдельных элементов, образующих подсистемы различного функционального назначения: от забора наружного воздуха до обеспечения рациональной аэродинамики, тонкой фильтрации и прецизионной доводки тепло-влажностных параметров в соответствии с заданным классом помещения. Обеспечение указанных условий в ЧП требует значительных затрат энергии, доминирующая часть которых идет на обработку воздуха при его кондиционировании и фильтрации.

СКФВ ЧП представляет собой техническую систему с одновременным и скоординированным функционированием множества подсистем и элементов при постоянном мониторинге параметров воздуха как технологической среды [1]. В то же время СКФВ – это термодинамическая система, включающая совокупность подсистем и элементов, находящихся в механическом и химическом взаимодействиях друг с другом и с окружающей внешней средой. Поэтому установление связи ее технико-экономических характеристик с термодинамическими параметрами должно базироваться на научно – обоснованном анализе всей последовательности происходящих энергетических превращений в соответствии с законами термодинамики [2].

Таким образом, задача повышения эффективности СКФВ ЧП состоит в оценке существующего уровня использования энергии, определении источников и размера ее потерь и выработка рекомендаций по совершенствованию процесса воздухоподготовки в направлении снижения энергозатрат.

#### ***Библиографический список***

1. Рябышенков А.С. Системный анализ функционирования чистых помещений для микроэлектроники// Научно-технический журнал. Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА, том 21. 2016. №3. -С.218-223.
2. Рябышенков А.С., Захаров А.Н., Гаврилин В.А. Эксергетический анализ рециркуляционной системы кондиционирования и фильтрации воздуха в чистых помещениях // Актуальные проблемы повышения эффективности производств микроэлектроники / Под ред. В.И. Каракеяна.–М.: МИЭТ, 2016. С. 28-34.

***Гаджиев А.Ф., Стафеев М.А.***

#### **РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», Россия, Воронеж  
(e-mail: gaf-83@inbox.ru, stafeev\_m@mail.ru)*

Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов свидетельствует о необходимости применения армейской авиации для решения следующих задач: авиационной поддержки общевойсковых формирований, ведения тактической воздушной разведки, высадки и огневой поддержки тактических воздушных десантов, постановки мин и выполнения других задач. При этом прослеживается тенденция возрастания ее роли в вооруженной борьбе, что, несомненно, оказало существенное влияние на необходимость пересмотра организационно-штатных структур авиационных формирований армейской авиации, в частности создания новых тактических авиационных соединений, практика подготовки которых показывает необходимость базирования на аэродромах, позволяющих обеспечить полеты (перелеты) как вертолетов, так и самолетов.

Совокупность средств РТО, развернутых на аэродромах, вертодромах, посадочных площадках, авиационных полигонов, радионавигационных пунктах, составляет систему РТО [1].



Система РТО строится по принципу комплексного применения средств РТО различного назначения и диапазонов волн силами и средствами подразделений связи и РТО, входящих в состав авиационных формирований армейской авиации.

Одним из основных организационных моментов при построении системы РТО является максимальное соответствие системы РТО задачам, стоящим перед авиационными формированиями армейской авиации и ее боевым возможностям. Кроме того, существует необходимость создания в мирное время системы РТО, способной обеспечить потребности управления ВС в любых условиях [2].

Исходя из боевых возможностей авиационных формирований армейской авиации система РТО может включать в себя: радиолокационную систему посадки; автоматический радиопеленгатор; приводные аэродромные радиостанции; радиолокационную станцию; радиотехническую систему ближней навигации; радиомаячную систему посадки; средства руководства полетами; светотехническое оборудование; кодово-неоновый светомаяк.

Проанализировав возможности подразделений связи и РТО авиационных формирований армейской авиации по развертыванию системы РТО можно сформулировать следующие особенности:

на аэродроме базирования - отсутствуют приводные радиомаркерные пункты со второго направления посадки, стартовый командный пункт со второго направления посадки, радиолокационная станция метрового диапазона;

на вертолетных площадках - отсутствует приводной радиомаркерный пункт со второго направления посадки, стартовый командный пункт для организации управления полетами руководителем, автоматический радиопеленгатор.

Таким образом, для повышения эффективности системы РТО полетов авиационных формирований армейской авиации и повышения безопасности полетов необходимо построить систему РТО по следующим вариантам:

1. Стационарный вариант – для оборудования аэродромов базирования авиационных формирований армейской авиации – дооснастить их приводными радиостанциями в качестве приводных радиомаркерных пунктов с двух направлений посадки, стартовыми командными пунктами на аэродромах со второго направления посадки, РЛС метрового диапазона для использования ее руководителем полетов в процессе управления воздушным движением в районе аэродрома.

2. Мобильный вариант - для оборудования вертолетных площадок авиационных формирований армейской авиации – дооснастить их приводными радиостанциями в качестве приводных радиомаркерных пунктов с двух направлений посадки, стартовыми командными пунктами, автоматическими радиопеленгаторами и кодово-неоновыми светомаяками для обеспечения привода ВС на площадки в сложных метеорологических условиях, днем и ночью, и их светосигнального обозначения.

#### ***Библиографический список***

1. Реутов А.П., Черняков М.В., Замуруев С.Н. Автоматизированные информационные системы. Методы построения и исследования. — М. Радиотехника, 2010. — 324 с.
2. Федеральные авиационные правила. Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации. — М. Росавиа, 2006. — 150 с.

***Гравшин В.Г., Перевозчикова Д.С., Глушков В.А.***

#### **АНАЛИЗ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА**

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова  
(Vladimir.Glushkov@gmail.com)*

Рассмотрим типичную вольт-амперную (ВАХ) характеристику водородно-кислородного топливного элемента (ТЭ) (рис. 1).

Прежде всего следует отметить, практически изменяемое значение ЭДС меньше  $E_0 = 1,23$  В. В низкотемпературных (до 373 К) топливных элементах ЭДС обычно равна 1,05 - 1,1 В. Это объясняется тем, что на кислородном электроде установлению обратимого потенциала препятствуют параллельно протекающие реакции. Только ускорив основную реакцию, например, путем повышения температуры выше 423 К, влияние побочных реакций можно резко уменьшить, и ЭДС тогда приблизится к своему термодинамическому значению. Но повысить температуру не всегда можно, так как это связано со своими большими трудностями.

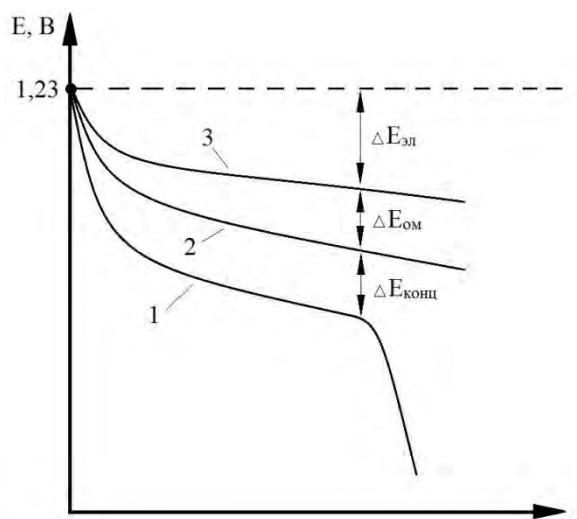


Рис. 1. ВАХ водородно-кислородного ТЭ:  
1 – с учетом всех потерь напряжения; 2 – без концентрационных потерь;  
3 – без омических и концентрационных потерь

При включении тока возникают омические потери  $\Delta E_{\text{ом}}$ , прямо пропорциональные плотности тока. При небольшой плотности тока преобладают потери, обусловленные замедленностью электрохимических реакций. При малых токах скорость подачи активных веществ вполне достаточна для поддержания высокой концентрации их возле электродов. Но по мере увеличения плотности тока доля концентрационных потерь возрастает и при очень больших токах наблюдается падение напряжения из-за полного истощения активного вещества около какого-либо электрода. Все подходящее к электроду активное вещество (кислород или водород) мгновенно реагирует, и ток достигает своего предельного в данных условиях значения.

Таким образом, из ВАХ ТЭ нельзя сделать заключение, какая доля потерь попадает на тот или иной электрод. Падение напряжения характеризует только сумму всех потерь, а они распределяются чаще всего неравномерно, поэтому при разработке топливного элемента, для улучшения его характеристик, необходимо знать, какой электрод обуславливает большие потери.

#### Библиографический список

1. Вольт-амперная характеристика топливного элемента [StudFiles]. – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/1001188/page:4/> (дата обращения 25.03.2017).
2. Коровин Н.В. «Электрохимическая энергетика» – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264с.
3. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 280 с.

\*Работа выполнена под руководством канд. тех. наук, доцента В.А. Глушкова.

Кузина Е.С., Графская С.А.

#### СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ

Тамбовский государственный технический университет  
([tambov\\_kate@mail.ru](mailto:tambov_kate@mail.ru), [frolova.sv123@mail.ru](mailto:frolova.sv123@mail.ru))

Стремительное развитие автомобильных электронных систем делает реальной идею беспилотного автомобиля. Для реализации функций автоматического управления система включает в себя следующие входные устройства: лидар, радары, видеокамера, датчик оценки положения, инерционный датчик движения, GPS приемник. Но любой измерительный прибор обладает некоторой погрешностью, на него может оказывать влияние большое количество внешних и внутренних воздействий, что приводит к тому, что ин-

формация с него оказывается зашумленной. Для решения этой проблемы можно использовать фильтрацию в пространстве состояния (ФПС).

Для фильтрации используется алгоритм обработки данных, который снижает действие помех. В данном случае задается априорная информация о характере системы, связи переменных и на основании этого строится более точная оценка [1].

Фильтрация ПС использует динамическую модель системы, известные управляющие данные и множество последовательных измерений для формирования оптимальной оценки состояния [1, 2].

Поскольку движение происходит в горизонтальной плоскости, при оценке процесса относительного перемещения использовались полярные координаты:  $D$  – дальность до опасного объекта, изменяющаяся со скоростью  $V_r$ ;  $\varphi$  – его азимутальный угол.

Для упрощения системы оценки для канала дальности и угла формировались отдельно.

Модели измерения имеют вид:

$$\mathbf{Z}^{(i)}_k = \mathbf{H}^{(i)} \cdot \mathbf{X}^{(i)}_k + \mathbf{N}^{(i)}_k,$$

где  $k$  – дискретное время:  $k = 0 \dots M$ ;  $\mathbf{Z}^{(i)}_k$  – отсчеты соответствующих процессов;  $\mathbf{N}^{(i)}_k$  – дискретный белый шум;  $\mathbf{X}^{(i)}_k$  – переменные, описывающие динамику системы (полярные координаты);  $\mathbf{H}^{(i)}$  – матрица, определяющая отношение между измерениями и состоянием системы;  $i = 1, 2$ .

Модель состояния измеряемого вектора имеет вид:

$$\mathbf{X}^{(i)}_k = \Phi^{(i)}_{k/k-1} \mathbf{X}^{(i)}_{k-1} + \mathbf{N}^{(i)}_k, \quad \mathbf{X}^{(i)}_0,$$

где  $\Phi^{(i)}_{k/k-1}$  – переходная матрица (для полярных координат);  $\mathbf{X}^{(i)}_0$  – начальные данные.

На основе выражений для модели изменения координат и модели состояния можно получить уточненную оценку координат цели  $\mathbf{X}^{(i)}_k$ , оценить величину ошибки, с которой эта оценка получена.

Рекуррентные уравнения для такой оценки имеют вид:

$$\hat{\mathbf{X}}^{(i)}_k = \Phi^{(i)}_{k/k-1} \hat{\mathbf{X}}^{(i)}_{k-1} + \mathbf{K}^{(i)}_k [\mathbf{Z}^{(i)}_k - \mathbf{H}^{(i)} \Phi^{(i)}_{k/k-1} \hat{\mathbf{X}}^{(i)}_{k-1}], \quad \hat{\mathbf{X}}^{(i)}_0;$$

где  $\mathbf{K}^{(i)}_k$  – матрица коэффициентов усиления, рассчитываемая на основе уравнений [1, 3].

Применение ФПС является возможным вариантом решения задачи снижения действия помех и ошибок в дискретных системах слежения, а также повышения точности и надежности оценок координат и параметров движения сопутствующих автомобилей, прогноза параметров их движения и степени их опасности.

На рис.1 показан пример изменения коэффициента опасности встречного автомобиля  $K$  при его маневрировании в пределах своей полосы.

Система автоматического управления реализована в опытных автомобилях. Проект по созданию российского автопилота стартовал в начале 2012 года по инициативе компании РобоСи-Ви. В настоящее время производится тестирование системы на малогабаритной модели, в которой реализованы функции прокладки маршрута, трогания с места, маневрирования, торможения при возникновении препятствия (**транспортное средство, люди**).

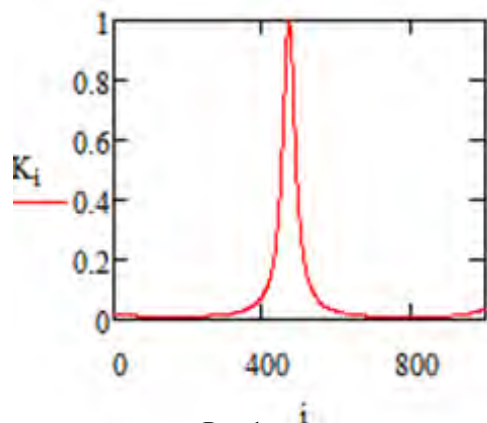


Рис.1

### Библиографический список

1. Пудовкин, А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк//Радиотехника.–2013.–М., № 9, С 55 – 59.
3. Панасюк, Ю.Н. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов. / Ю.Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, И.В. Князев // Радиотехника. – 2013. – М., №9, С 60 – 63.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Тамбовский государственный технический университет  
(tambov\_kate@mail.ru, frolova.svl23@mail.ru)

В течение нескольких лет весь мир может полностью перейти на использование беспилотных автомобилей, поэтому в настоящее время ведутся интенсивные исследования путей создания соответствующих информационно-управляющих систем [1]. В связи с этим представляет интерес синтез систем оценки координат и параметров движения наиболее опасных подвижных и неподвижных объектов, окружающих данный автомобиль.

На рисунке 1 представлена ситуация движения рассматриваемого автомобиля А и соучастующего в движении автомобиля Б.

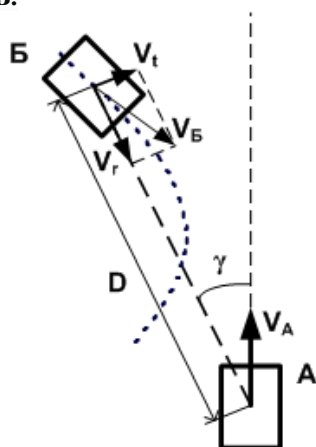


Рис.1 схема движения автомобилей

Автомобиль А движется со скоростью  $V_A$ , Б – со скоростью  $V_B$ , между ними есть некоторое расстояние  $D$  и угол  $\gamma$ . Задача состоит в том, чтобы предотвратить ситуацию столкновения автомобилей.

Для правильной реакции на обстановку на дороге в первую очередь следует учитывать движение и прогноз движения наиболее опасных окружающих объектов.

Представляется целесообразным в качестве критерия опасности использовать коэффициент опасности, определяемый как

$$k_{OD} = \frac{1}{D \cdot \gamma} \quad (1)$$

Тогда для его оценки необходимо непрерывно получать информацию о расстоянии  $D$  и угле  $\gamma$ . Оценку этих параметров целесообразно формировать на основе моделей в виде систем дифференциальных уравнений (2) и (3) с помощью известной методики [2, 3].

$$\begin{aligned} \dot{D} &= V_r, \\ \dot{V}_r &= -\alpha V + \alpha n_v(t) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \dot{\gamma} &= \omega, \\ \dot{\omega} &= -\beta \omega + \beta n_\omega(t) \end{aligned} \quad (3)$$

При этом первичные измерители должны обеспечить измерение величин  $D$  и  $\gamma$ , а при возможности и их первых производных (4), (5).

$$Z_1(t) = H_1 \begin{bmatrix} D \\ V_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_D \\ n_{V_r} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$Z_2(t) = H_2 \begin{bmatrix} \gamma \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_\gamma \\ n_\omega \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где  $H$  – матрица, определяющая отношение между измерениями и состоянием системы,  $n_D, n_{V_r}, n_\gamma, n_\omega$  – белые гауссовские шумы.

Работа полученной системы моделировалась в условиях встречного движения автомобиля Б по волнообразной траектории (рис.2), включающей случайную составляющую. Полученные на выходе фильтров оценки использовались для расчета коэффициента опасности (рис. 3).

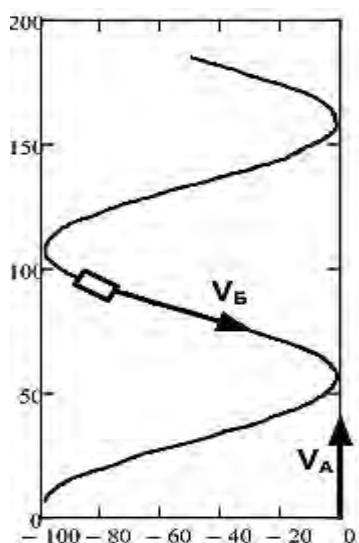


Рис. 2

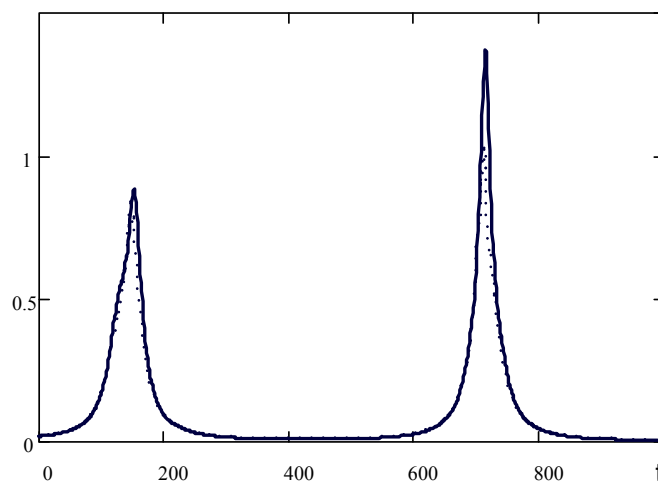


Рис. 3

На основе полученных оценок можно найти тангенциальную составляющую  $V_t = \omega * D$ , которая совместно с вышеполученной оценкой  $V_r$  позволяет прогнозировать движение автомобиля Б.

Таким образом, если скорость  $V_B$  лежит в пределах  $V_{гн}$   $V_{гб}$ , то вероятность столкновения автомобилей наиболее вероятна.

#### **Библиографический список**

1. Пудовкин, А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах: монография / А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – М., № 9, С 55 – 59.
3. Панасюк, Ю.Н. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов. / Ю.Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, И.В. Князев // Радиотехника. – 2013. – М., №9, С 60 – 63.

**Васильев В.А. Громач И.А.**

#### **ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ НА УПРАВЛЕНИЕ АВИАЦИЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(gromack.ivan9678@yandex.ru, vashome60@mail.ru)*

Особенностью процесса выработки и принятия решений на боевое управление авиацией является необходимость учета многочисленных факторов, характеризующих различные цели принятия решения. При этом могут возникать условия неопределенности, затрудняющие работу должностных лиц боевых расчетов пунктов управления авиацией (ПУА) в процессе выработки решения.

Одним из элементов решения является выбор позиции ПУА на местности. При этом должны быть обеспечены визуальное обнаружение и идентификация цели, а также устойчивая радиосвязь между ПУА и воздушным судном (ВС) в условиях воздействия преднамеренных помех. Помеховая обстановка в зоне ответственности ПУА является неопределенным фактором, что приводит к решению задачи принятия решения в условиях неопределенности.

В настоящее время математическое обеспечение процессов принятия решений базируется, как правило, на методах теории исследования операций [1], позволяющих оптимизировать элементы решения по выбранным

критериям. Авторами на основе указанной методологии разработан научно-методический аппарат для исследования операции управления авиацией в условиях неопределенного фактора – помеховой обстановки в зоне ответственности ПУА в целях повышения обоснованности принимаемого решения по выбору позиции.

Задача формулировалась следующим образом: для заданной (прогнозируемой) оперативно-тактической обстановки путем статистического моделирования вычислить значения показателя эффективности операции управления авиацией для всего множества допустимых решений и, на основе выбранного критерия эффективности, определить подмножество практически равноценных пригодных решений, в пределах которого может быть сделан окончательный выбор. Множество полученных решений должно отражаться на цифровой карте местности.

В разработанной модели под событиями будем понимать: моменты пролета ВС установленных рубежей; начало и завершение информационного обмена; начало и завершение воздействия преднамеренных помех на систему связи. Под активностями в модели, соответственно, понимаются: выполнение маневра ВС; информационный процесс и процесс радиоподавления.

Продвижение модели из одного состояния в другое выполняется в соответствии со следующими правилами: установленным порядком расчета пространственно-временных параметров траектории полета ВС; едиными методическими подходами к управлению ВС при их наведении на наземные цели; типовой стратегией радиоэлектронного противодействия [2]. Начало отсчета модельного времени определяется дальностью действия средств связи и скоростью ВС. Окончание моделирования определяется расчетным временем пролета ВС рубежа окончания маневра.

Программная реализация представленного алгоритма в специальном программном обеспечении комплексов средств автоматизации ПУА позволит повысить обоснованность решения по выбору позиции ПУА в условиях сложной помеховой обстановки.

#### ***Библиографический список***

1. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. - М.: Советское радио, 1972. - 191 с.
2. Васильев В.А., Чистилин Д.А., Линник Е.А., Стафеев М.А. Модель оценки эффективности управления авиацией в интересах тактических воинских формирований в условиях воздействия преднамеренных помех // Теория и техника радиосвязи. - Воронеж: Созвездие, 2016. - Вып. 2. - С.17-20.

***Данилин М.А., Федюнин П.А., Ведищев Д.В.***

#### **АНАЛИЗ ПРИОРИТЕТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАКЕТОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

*(г. Воронеж)*

*(maxxl78@mail.ru, fpa1@yandex.ru)*

Анализ информационного обмена в системах управления авиационных формирований показывает, что передаваемая информация имеет различную оперативно-тактическую ценность, а, следовательно, некоторая часть ее может передаваться с некоторым запаздыванием. Так как телекоммуникационные сети имеют конечный ресурс по пропускной способности, то обеспечение своевременного прохождения информации невозможно без установления приоритетной дисциплины обслуживания.

На узлах связи Министерства Обороны дисциплина обслуживания определена преимущественно для систем с ручным обслуживанием (обработка более десятка приоритетов трудновыполнимая задача для операторов), однако в руководящих документах не учтен все возрастающий объем передачи данных и совершенствование средств связи, позволяющих назначать и обрабатывать сотню и более различных приоритетов для сообщений (пакетов).

Из теории телетрафика [1] известно, что в телекоммуникационной сети для любой дисциплины обслуживания должно выполняться следующее важное равенство

$$\sum_{p=1}^p \rho_p W_p = \bar{R} - W_0, \quad (1)$$

где  $p$  – приоритетный класс;  $W_p$  – среднее значение времени ожидания в очереди заявок из приоритетного класса  $p$ ;  $W_0$  – приведенное значение времени ожидания в очереди заявок.

Очевидно, что независимо от дисциплины обслуживания число заявок в системе не может быть произвольным, поэтому существует некоторый набор соотношений, связывающий между собой задержки для каждой заявки из приоритетного класса. Важность этих соотношений для систем массового обслуживания, которой и является телекоммуникационная сеть, позволяет назвать их законами сохранения.

Это равенство означает, что взвешенная сумма времени ожидания никогда не изменится, независимо от сложности дисциплины обслуживания. Если удастся сократить задержку для одних заявок на обслуживание, то она немедленно возрастет для других, что наглядно демонстрирует рисунок 1.

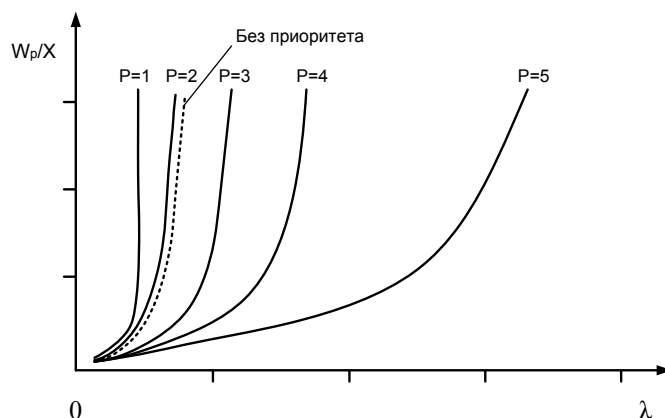


Рис. 1 Отношение взвешенной суммы времени ожидания заявок на обслуживание с различными приоритетами от интенсивности их поступления

Анализ перспектив развития телекоммуникационных сетей в авиационных формированиях свидетельствует о необходимости развертывания сетей передачи данных, как на наземных пунктах управления, так и в воздухе. Многочисленными исследованиями доказано, что реальный сетевой трафик во многих случаях является самоподобным случайным процессом. Данный факт требует развития теоретических основ исследования процессов обслуживания самоподобного трафика телекоммуникационных сетей при управлении качеством обслуживания на основе приоритезации и резервирования ресурсов [2].

Таким образом, анализ информационного обмена в телекоммуникационных сетях авиационных формирований позволяет сделать вывод о том, что для обеспечения своевременной доставки пакетов (сообщений) необходимо совершенствование дисциплины обслуживания, особенно для цифровых узлов коммутации.

#### **Библиографический список**

1. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.
2. Назаров А.Н., Сычев К.И. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. - Красноярск: Изд-во ООО «Поликом», 2010. - 389 с.

*Девликанова С. С.*

#### **АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВОГО ДАТЧИКА ХОЛЛА НА ОСНОВЕ КНИ СТРУКТУР ПРИ ВЫСОКОЙ МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
(e-mail: petrunina.s@mail.ru)*

В настоящее время появились работы, описывающие датчики Холла на основе КНИ структуры (КНИ ПДХ), т.е. ДХ, изготовленные по технологии «кремний – на – изоляторе» и имеющие управляющие полевые электроды. Такой прибор обладает рядом преимуществ, описанных в работах [1], [2].

Измерения экспериментальных образцов КНИ ПДХ [2] продемонстрировали наличие узкой области аномального скачка ЭДС Холла, определяющую магниточувствительность датчика Холл-затворной характеристики прибора (рис.1), но авторы не объясняли причину возникновения этого эффекта.

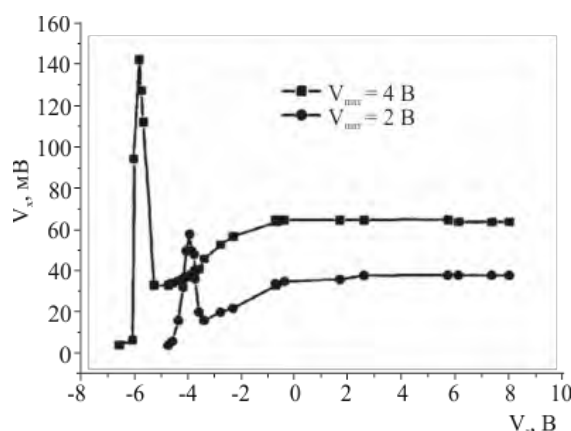


Рис.1. Холл-затворные характеристики КНИ ПДХ при различных значениях напряжения питания [2]

Как было отмечено в работах [3], [4] эффект аномальной подпороговой чувствительности (рис. 1) связан с работой прибора в области обеднения, в которой тело представляет собой слой кремния, который изолирован от двух границ областью пространственного заряда (ОПЗ), что обеспечивает минимизацию захвата носителей заряда и, соответственно, их высокую подвижность. Вследствие чего наблюдается высокая магнитная чувствительность.

Для исследования в данной работе были использованы математическая модель КНИ ПДХ и методика математического моделирования, изложенные в работе [3].

В работе [4] было определено влияние толщины рабочего слоя прибора на ток стока и сделан вывод, что толщина тела определяет напряжение отсечки внутреннего канала и соответственно влияет на динамический диапазон функционирования датчика, который определим, как разность напряжений на затворе начала режима обогащения и режима отсечки канала.

Т.к. чувствительность КНИ ПДХ обратно пропорциональна концентрации носителей, проводился расчет зависимости тока стока  $I_d$  (A) от напряжения на верхнем затворе  $U_{gs}$  (B) при разных концентрациях примеси (рис.2).

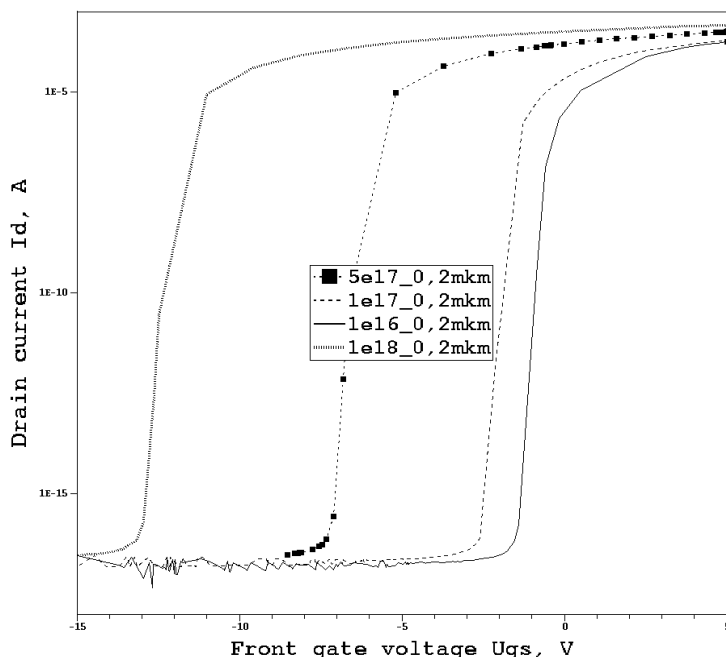


Рис.2. Семейство передаточных ВАХ при разной концентрации примеси при  $d_{si} = 0,2 \text{ мкм}$ ,  $V_{ds} = 2 \text{ В}$



Как следует из рис.2 динамический диапазон при концентрации примеси  $10^{16} \text{ см}^{-3}$  равен 2 В, а при  $10^{18} \text{ см}^{-3}$  равен 10 В. Таким образом увеличение концентрации примеси существенно расширяет динамический диапазон работы прибора в режиме обеднения, когда обеспечивается более высокая чувствительность датчика.

### **Библиографический список**

1. Baranochnikov M. L., Leonov A. V., Mordkovich V. N., Pazhin D. M. Filatov M. M. Some Features of Magnetometric and Sensor Devices Based on the Field Effect Hall Sensor //Advanced Electromagnetics Symposium. Proceedings. – Paris, France, 2012– P.455-459.
2. Мордкович В.Н., Бараночников М.Л., Леонов А.В., Мокрушин А.Д., Омеляновская Н.М., Пажин Д.М. Полевой датчик холла – новый тип преобразователя магнитного поля // Датчики и системы. – 2003 – Вып. 7. – С.33–38.
3. Козлов А.В., Королёв М.А., Петрунина С.С. Математическое моделирование влияния концентрации примеси на ток стока КНИ полевого датчика Холла // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2015 – №4 – С. 377-381
4. Королёв М.А., Козлов А.В., Петрунина С.С. Особенности функционирования полевого датчика Холла на основе КНИ структур, предназначенного для работы в телекоммуникационных сетях // Труды МФТИ. – 2015. – 7, №3 – С. 91-95

*Джамбеков А.М. \*, Щербатов И.А. \*\*, Проталинский О.М. \*\*\**

### **АЛГОРИТМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*\* Астраханский государственный технический университет, Россия, Астрахань,  
(e-mail: azamat-121@mail.ru).*

*\*\* Астраханский государственный технический университет, Россия, Астрахань,  
(e-mail: sherbatov2004@mail.ru)*

*\*\*\* Астраханский государственный технический университет, Россия, Астрахань,  
(e-mail: sherbatov2004@mail.ru)*

Проектирование систем автоматического управления напрямую связано с выбором систем автоматического регулирования (САР) технологических параметров. Выбор наилучшей САР осуществляется на основе субъективных оценок конкретных моделей систем, выраженных в виде словесных высказываний [1]. Если при сравнении САР по различным критериям (надежность, помехоустойчивость, точность измерений, стоимость и пр.) нельзя определить САР, которая явно превосходит остальные системы по всем или по большинству критериев, то необходима разработка подхода, позволяющего определить наилучшую САР в условиях неопределенности [2].

Наиболее приемлемым при принятии решений на технологическом объекте является многокритериальный выбор САР на основе нечетких парных сравнений [3].

Целью работы является повышение эффективности многокритериального выбора САР технологических параметров в условиях неопределенности на основе нечетких парных сравнений.

Для достижения цели в настоящей работе решены следующие задачи: разработан алгоритм многокритериального выбора САР технологических параметров на основе нечетких парных сравнений; на основе алгоритма выбрана САР температуры контрольной тарелки стабилизационной колонны установки риформинга.

Ниже представлен алгоритм многокритериального выбора САР технологического параметра  $\theta$  на основе нечетких парных сравнений.

Шаг 1. Задаемся множеством альтернатив САР  $X$ , множеством критериев выбора САР  $K$ , коэффициентами относительной важности критериев  $\xi$ , а также экспертными парными сравнениями альтернатив САР  $X$  по критериям  $K$ .

Шаг 2. На основе экспертных парных сравнений альтернатив САР получаем матрицу парных сравнений  $A=\{a_{ij}\}$ .

Шаг 3. На основе косвенного метода Саати получаем функции принадлежности (ФП) нечетких множеств критериев  $\mu_k(x)$  выбора САР параметра  $\theta$ .

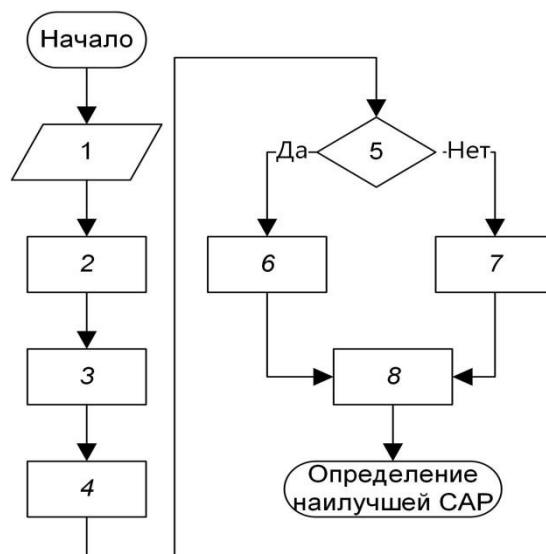


Рис. 1. Графический вид алгоритма многокритериального выбора САР на основе нечетких парных сравнений

Шаг 4. Находим нечеткое решение  $D$  как пересечение нечетких множеств критериев.

Шаг 5. Если критерии выбора САР равновесные, то переходим к шагу 6, иначе если критерии неравновесные – переходим к шагу 7.

Шаг 6. Находим ФП нечеткого множества  $D$  по формуле для равновесных критериев.

Шаг 7. Находим ФП нечеткого множества  $D$  по формуле для неравновесных критериев.

Шаг 8. Определяем лучшую САР параметра  $\theta$ , соответствующую максимальной ФП нечеткого решения  $D$ .

Графическая иллюстрация алгоритма приведена на рис. 1.

На основе алгоритма выбрана наилучшая САР температуры контрольной тарелки стабилизационной колонны установки риформинга: САР с ПИД-регулятором ОВЕН ТРМ10.

#### **Библиографический список**

1. Антонов О.В. Оптимальное управление процессом каталитического риформинга с использованием гибридной математической модели: дис. ... канд. техн. наук. Астрахань: АГТУ, 2003. 186 с.
2. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. М.: Мир, 1976. 46 с.
3. Заргарян Е.В., Салпагарова А.Р. Многокритериальный выбор с применением нечеткого попарного сравнения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 1 (102). С. 100-104.

*Дмитриев О.С., Дмитриев А.О.*

#### **КРИТЕРИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТОЛСТОСТЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(phys@nnn.tstu.ru)*

Задача выбора оптимальной технологии отверждения толстостенных изделий из полимерных композитов (ПК) состоит в том, чтобы отыскать температурно-временной режим нагрева поверхностей изделий, который обеспечил бы экстремум критерия оптимальности при соблюдении ограничений на проведение технологического процесса [1, 2]. Выбор критерия оптимальности представляется тонким и ответственным этапом при постановке задачи оптимизации. Взяв на основу нужды производственного цикла толстостенных крупногабаритных изделий из ПК, можно выделить две основные цели. Первая цель - создать готовое изделие, удовлетворяющее определенным качественным показателям, за минимальный возможно короткий срок. Вторая цель - создать готовое качественное изделие с минимальными энергетическими затратами. Обе эти цели взаимосвязаны.

ны, т.к. минимизация продолжительности процесса способствует минимизации энергетических затрат и наоборот.

Для обеспечения максимальной производительности продукции при выполнении требований к качественным показателям необходимо определить температурно-временной режим отверждения ПК оптимальный по быстрдействию. Критерием оптимальности в таком случае будет длительность процесса отверждения  $t_k$ :

$$I_{t_k} = \min_{U(t;t_k)} \int_0^{t_k} d\tau.$$

Критерием оптимальности, который может обеспечить минимум энергетических затрат, будет мощность нагревателей автоклава или рабочей камеры пресса  $Q^*$  и длительность процесса  $t_k$ :

$$I_{Q^*} = \min_{U(t;Q^*)} \int_0^{t_k} Q^*(\tau) d\tau. \quad (1)$$

Для того чтобы получить температурно-временной режим отверждения, обеспечивающий минимум энергетических затрат  $Q^*$ , представим критерий (1) через значения температуры изделия  $T$ . Для этого проведем анализ утечек тепла  $Q_{ут}$  из автоклава или рабочей камеры пресса, где проходит процесс отверждения изделия из ПК.

Для равных условий теплоизоляции автоклава или рабочей камеры пресса, утечка тепла  $Q_{ут}$  происходит, главным образом, за счет конвективного теплообмена с окружающим воздухом и зависит от разности температуры окружающего воздуха  $T_е$  и температуры автоклава или рабочей камеры  $T_{рк}$ , а также от коэффициента теплопередачи  $K$ . Коэффициент  $K$  и температура  $T_е$  не могут являться параметрами управления процессом отверждения. Вследствие этого затраты энергии на процесс обуславливаются только температурой автоклава или рабочей камеры  $T_{рк}$  и длительностью процесса  $t_k$ , а критерий оптимальности по энергетическим затратам примет вид

$$I_{Q^*} = \min_{U(t;Q^*)} \int_0^{t_k} T_{рк}(\tau) d\tau.$$

При решении задачи оптимизации процесса отверждения изделий из ПК требуется рассчитать и выбрать такой температурно-временной режим, реализуемый на поверхности нагреваемого в рабочей камере пресса изделия или в автоклаве в многослойном технологическом пакете, который является управляющим параметром -  $U(t;t_k)$ ,  $U(t;Q^*) = \{T_0(t), T_L(t)\}$ , и доставит минимум целевой функции

$$I^* = \min_{U(t;Q^*)} I_g, \quad g = \{t_k, Q^*\},$$

с учетом математической модели, соответствующей методу формования изделий из ПК и ограничений в виде неравенств, налагаемых на процесс с учетом допустимых оборудованием режимов.

Таким образом, в результате решения задачи оптимизации получаем температурно-временной режим отверждения толстостенных изделий из ПК, обеспечивающий такой режим работы оборудования, при котором возможно получение максимального количества производимой продукции и в то же время минимальные энергетические затраты при соблюдении требований на показатели качества.

### **Библиографический список**

1. Дмитриев О.С. Расчет и анализ оптимальных режимов отверждения изделий из стеклопластиков в зависимости от их толщины / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, Н.С. Кавун, А.О. Дмитриев // Пластические массы. 2011. № 10. – С. 21-27.
2. Dmitriev O.S., Mischenko S.V., Dmitriev S.O., Kirillov V.N. Optimization of curing cycles products of the polymer composite materials on base of glutinous prepregs // Polymer Science, Series D. 2009. Vol. 2. No. 4. – pp. 223-229.

## ВЫБОР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

<sup>1</sup> - ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
Тамбов, [phys@nnn.tstu.ru](mailto:phys@nnn.tstu.ru)

<sup>2</sup> - ГОУ ВПО «Луганский государственный университет им. В. Даля», Луганск

Трубчатые элементы (ТЭ) из углепластика, получаемые по технологии намотки, широко применяются в различных отраслях современной техники, включая космические и перспективные летательные аппараты [1]. Наряду с уникальными прочностными характеристиками и малой плотностью, углепластики имеют высокое сопротивление усталости и трещиностойкость, которые обеспечивают высокую эксплуатационную долговечность конструкций из этих материалов.

Технология намотки заключается в получении цилиндрических изделий, например трубчатых элементов, способом намотки нитей, волокон, лент, жгутов или других рулонных материалов на цилиндрическую формообразующую оправку с последующей энергоёмкой термообработкой в автоклаве или термокамере. Определение энергоэффективного технологического режима термообработки ТЭ из полимерных композитов является сложной и ответственной задачей. Современные методы проектирования оптимальных энергоэффективных режимов термообработки и, в частности, процесса отверждения ПКМ базируются на использовании математических моделей [2, 3].

В процессе термообработки в автоклаве отверждаемый ТЭ с внешней стороны нагревается потоком обогреваемого воздуха при температуре  $T_B(\tau)$ . Тепло к внутренней поверхности ТЭ подводится через формообразующую оправку обогреваемым потоком воздуха. В результате на внешней поверхности ТЭ и внутренней поверхности оправки имеет место вынужденный конвективный теплообмен по закону Ньютона, т.е. осуществляется граничное условие третьего рода. Температура греющего воздуха  $U(\tau)=T_B(\tau)$  является управляющим воздействием, при помощи которого отверждаемый материал ТЭ подвергается температурному нагружению по определенному строго заданному температурно-временному режиму. Таким образом, математическую модель процесса термообработки и отверждения ТЭ в термокамере, при нагреве потоком греющего воздуха, можно представить системой дифференциальных уравнений теплопроводности, кинетики отверждения и массопереноса связующего [2].

Математическая модель, дополненная конкретными характеристиками композита, была использована для расчета оптимального режима отверждения ТЭ. Необходимые для решения уравнений математической модели характеристики композита определяются из опытов с использованием специальных методов и установок, имитирующих условия технологического процесса намотки.

Математическая постановка задачи оптимизации процесса отверждения ТЭ заключается в поиске температурно-временного режима греющего воздуха  $U(\tau)=T_B(\tau)$ , являющегося управляющим воздействием, который доставляет минимум некоторому энергоэффективному критерию оптимальности и обеспечивает создание качественного готового изделия с минимальной продолжительностью процесса  $\tau_k$  при выполнении связей в виде математической модели, соответствующей рассматриваемой технологии намотки и термообработки, а также ограничениям в виде неравенств, налагаемых на процесс с учетом допустимых оборудованием температурно-временных режимов. Искомый ступенчатый температурно-временной режим отыскивается в виде кусочно-линейных функций. Численные значения ограничений, выражающие связь с механическими характеристиками композита, определены экспериментально на основе исследований [2].

Для исследованного типа углепластика на основе эпоксидного связующего ЭДТ-10, армированного углеродным жгутом УКН-5000 был выполнен численный расчет температурно-конверсионных полей при отверждении и расчет оптимальных режимов отверждения ТЭ с учетом различных технологических схем. В результате получили возможность, используя рассчитанные энергоэффективные режимы, исследовать различные технологические схемы изготовления ТЭ.

### Библиографический список

1. Сироткин О.С. Формообразование намоткой корпусных конструкций ЛА сложной формы из композиционных материалов / О.С. Сироткин, В.С. Боголюбов, И.В. Малков, Г.В. Сыровой // *Авиационная промышленность*. 2016. № 4. – С. 29-35.
2. Дмитриев О.С., Малков И.В. Влияние режимов термообработки на геометрические и механические характеристики углепластиковых трубчатых элементов // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2016. Т. 22. № 3. – С. 427-438.
3. Дмитриев О.С. Расчет и анализ оптимальных режимов отверждения изделий из стеклопластиков в зависимости от их толщины / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, Н.С. Кавун, А.О. Дмитриев // *Пластические массы*. 2011. № 10. – С. 21-27.

## РЕАЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3.8 «СКАНЕР ШТРИХКОДОВ»

Рязанский государственный радиотехнический университет  
(aaa\_rrr@mail.ru, arev62rus@mail.ru)

Мобильная платформа «1С:Предприятие 8» – это общее название технологии, позволяющей создавать приложения, работающие на мобильных устройствах под управлением операционных систем Windows Phone, Android или iOS.

Мобильное приложение представляет собой совокупность мобильной платформы и информационной базы, которая содержит аналог файловой базы данных, предназначенной для хранения данных, и саму платформу.

Среди основных функциональных возможностей мобильной платформы можно выделить: работу с мультимедиа, передачу данных на сервер, запуск приложений на телефоне, геопозиционирование, звонки и SMS сообщения.

Мобильное приложение «Сканер штрихкодов» было реализовано на платформе «1С:Предприятие 8.3.8» и предназначено для автоматизации процесса инвентаризации основных средств. На каждом объекте, состоящем на балансовом учете фирмы, должен быть наклеен штрихкод с уникальным номером. Заметим, что для работы с приложением камера устройства должна обладать автофокусом.

При запуске приложения открывается рабочий стол, на котором расположены две кнопки: «Сканировать» и «Найти по штрихкоду» (рис. 1). При нажатии на кнопку «Сканировать» автоматически запускается камера. При наведении камеры на штрихкод производится сканирование (рис.3).

В случае успеха пользователь возвращается в окно приложения, нажимая кнопку «Назад». Код помещается в поле рабочего стола, после чего пользователь нажимает кнопку «Найти по штрихкоду», что приводит к поиску по коду элемента справочника «Основные средства».

Если объект обнаружен, открывается заполненная форма элемента справочника (рис.2), где представлена вся информация об основном средстве. Пользователь делает пометку «В наличии» и/или «Сломано». На этой форме доступны кнопки «Позвонить сотруднику» и «Перейти на сайт поставщика».

При нажатии на кнопку «Позвонить сотруднику» происходит поиск элемента в справочнике «Сотрудники», набор его номера, если номер указан, и звонок. При нажатии на кнопку «Перейти на сайт поставщика» происходит поиск элемента в справочнике «Поставщики», открытие браузера и страницы сайта, адрес которого хранится в поле этого справочника.

Мобильные приложения могут обмениваться данными с информационными базами типовых решений 1С:Предприятия, установленными локально или в облачном сервисе, что делает возможным загрузку данных справочников и обратную выгрузку данных с пометками. Согласно пометкам, бухгалтерия создает «Инвентаризационную опись».

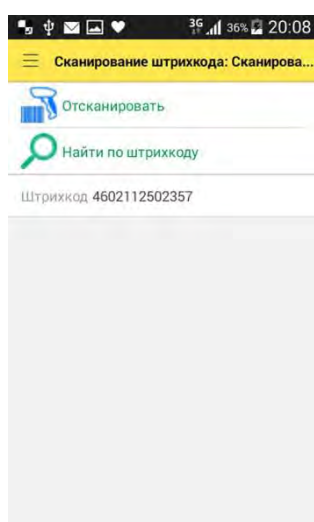


Рис. 1. Рабочий стол

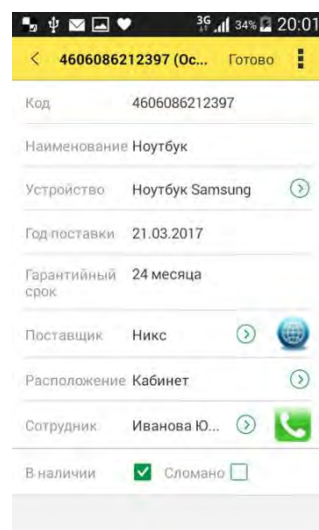


Рис. 2. Форма справочника  
«Основные средства»

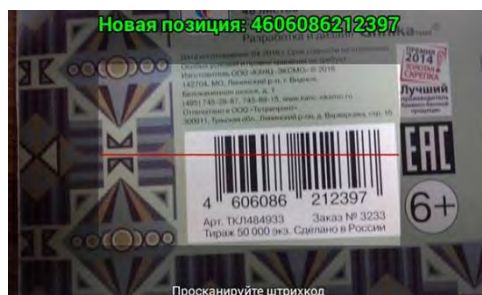


Рис. 3. Сканирование

В рамках разработки мобильного приложения реализованы: обеспечение сканирования штрихкода, поиск по штрихкоду, звонок сотруднику, за которым закреплено основное средство, переход на сайт поставщика.

Следует отметить, что весь перечисленный функционал достигнут путем использования встроенных функций платформы «1С:Предприятие 8.3.8».

*Жданкина Е. А., Решетова В. С., Софьин Е. А.*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИХ СРАВНЕНИЕ**

*Рязанский государственный радиотехнический университет  
(aaa\_rrr@mail.ru, arev62rus@mail.ru, eugenesofofin@gmail.com)*

### **1. Введение**

Проблема сжатия изображений привлекает внимание специалистов при решении широкого спектра прикладных задач. На сегодняшний день известно множество алгоритмов, основанных на вейвлет-преобразовании. Наиболее известные – JPEG 2000, DjVu.

Вейвлеты – это обобщенное название семейств математических функций определенной формы, которые локальны во времени и по частоте и в которых все функции получаются из одной базовой посредством ее сдвигов и растяжений по оси времени.

Целью данной работы является реализация, анализ и сравнение базовых алгоритмов на основе вейвлетов Хаара и Добеши.

### **2. Реализация и результаты**

Были реализованы два алгоритма вейвлет-преобразований: простейший вейвлет Хаара, а также биортогональный вейвлет Козна-Добеши-Фово.

Для тестирования работы программ проводилось преобразование изображения размером 512 x 512 px в градациях серого.

Для оценки степени достоверности восстановления изображения использованы критерий отношения пикового значения сигнала к шуму ( $PSNR$  – peak signal-to-noise-ratio) и  $MSE$  (mean square error) – среднеквадратичная ошибка, равная сумме квадратов разностей между оригиналом и восстановленным изображением.

Под коэффициентом сжатия будем понимать отношение размера архива с исходным изображением к размеру архива с преобразованным изображением.

Размер архива с исходным изображением – 176 Кб. Результаты расчетов представлены в таблицах 1 и 2.

### **3. Выводы**

На основании проделанных тестов сформулированы следующие выводы:

1) Даже преобразование без обнуления значений пикселей, яркость которых ниже заданного порога, ведет к улучшению компрессии;

Таблица 1. Вейвлет Коэна-Добеши-Фово

| Порядок | Порог обнуления | Размер архива с преобразованным изображением, Кб | Коэффициент сжатия | MSE       | PSNR    |
|---------|-----------------|--------------------------------------------------|--------------------|-----------|---------|
| 2       | 0               | 109                                              | 1,61               | 1.38 e-31 | 356.73  |
| 2       | 0,01            | 71,3                                             | 2,47               | 9.64 e-05 | 88.29   |
| 2       | 0,03            | 29,7                                             | 5,93               | 0.000344  | 82.76   |
| 4       | 0               | 102                                              | 1,71               | 3.26 e-31 | 353,00  |
| 4       | 0,01            | 62,2                                             | 2,82               | 1.80 e-4  | 85.56   |
| 4       | 0,03            | 17,6                                             | 10                 | 0.00095   | 78.35   |
| 8       | 0               | 129                                              | 1,36               | 1.09 e-30 | 347, 00 |
| 8       | 0,01            | 65,6                                             | 2,68               | 2.99 e-4  | 83.38   |
| 8       | 0,03            | 17,3                                             | 10,17              | 0.00297   | 73.41   |

Таблица 2. Вейвлет Хаара

| Порог обнуления | Размер архива с преобразованным изображением, Кб | Коэффициент сжатия | MSE       | PSNR   |
|-----------------|--------------------------------------------------|--------------------|-----------|--------|
| 0               | 125                                              | 1,41               | 8.73 e-32 | 310.59 |
| 0,01            | 125                                              | 1,41               | 1.14 e-5  | 49.44  |
| 0,05            | 125                                              | 1,41               | 1.80 e-4  | 37.43  |
| 0,07            | 125                                              | 1,41               | 2.23 e-4  | 36.52  |
| 0,3             | 125                                              | 1,41               | 1.13 e-3  | 29.47  |

1) Обнуляя коэффициенты можно добиться значительного сжатия при применении последующей архивации (или иного алгоритма сжатия).

2) Для вейвлета Коэна-Добеши-Фово увеличение порядка ведет к повышению уровня сжатия, но сопровождается потерей качества;

3) Для вейвлета Хаара не удалось подобрать коэффициент обнуления, который бы значительно улучшал компрессию при дальнейшей архивации.

Вейвлет-преобразование можно применять в качестве подготовительного этапа при компрессии сигнала, при этом возникает проблема подбора коэффициента обнуления и порядка вейвлета. Кроме того, в дальнейшем целесообразно проанализировать варианты сжатия, опирающиеся на свойства прделанных преобразований.

*Зацепина В.И., Шачнев О.Я.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ С НЕПРЕРЫВНЫМ ЦИКЛОМ РАБОТЫ**

*Липецкий государственный технический университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru).*

Современная отечественная промышленность достаточно широко использует электросталеплавильный способ получения металлической продукции. Нагрев и расплав металла в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) осуществляется за счет мощных электрических дуг, горящих между тремя концами электродов и металлом в печи [1]. Электрическая дуга образуется между двумя электродами: столб дуги и окружающий его факел. Электрическая дуга может загореться, если напряжение между электродами будет выше напряжения зажигания дуги, т.е.  $e > U_z$ . Следовательно, необходимо быстро реагировать на эксплуатационные короткие замыкания и обрывы дуги, а затем, восстановить нормальный электрический режим в кратчайшие сроки и ограничить до допустимых пределов токов эксплуатационных замыканий – то есть обеспечить гибкость управления мощностью, вводимой в печь. На данный момент существует два метода регулирования электрического регулирования режима ДСП. Первый - изменение подводимого напряжения за счет грубой регулировки режима переключения ступеней вторичного напряжения трансформатора и второй - с помощью механизма перемещения электродов [2]. Рассмотрим подробнее второй вариант. Для достижения максимального экономического и технологического эффекта, необходимо перемещать электроды в область с наименьшим потенциалом расплавления

емой шихты. Тогда при известных исходных параметрах можно отобразить процесс плавки на ЭВМ. Для этого необходимо разбить на несколько слоев ванну с шихтой и оперировать с каждым из них (рис. 1). Условно обозначим каждый уровень слоя. При процессе расплавки шихты наводится ионизационный потенциал электрического поля, и он тем сильнее, чем ближе находится к электроду [3]. Тогда, в зависимости от степени погружения электрода, воздействие на уровень 1 минимально, а на промежуточных уровнях максимально. Отметим, что данный подход не учитывает электромагнитную перемешку шихты, так как при непосредственном моделировании достаточно затруднительно использовать совмещенные традиционную и цилиндрические системы координат при расчете матричных систем линейных алгебраических уравнений.

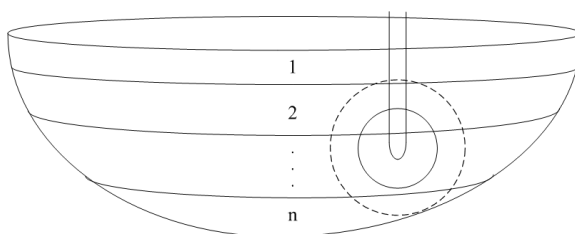


Рис. 1. Разбитая на слои ванна ДСП

Результатом разложения получится график программы для ЭВМ «Электрический режим электротехнических устройств» (рис. 2).

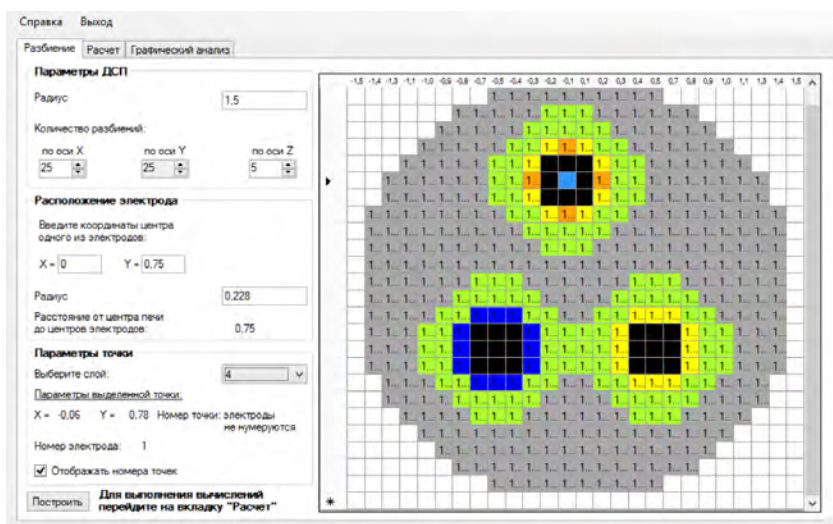


Рис. 2. Распределение напряжения в отдельном слое

Наглядное отображение процесса плавки, равно как и его моделирование позволяет своевременно реагировать на эксплуатационные короткие замыкания и перемещать электрод в область с наименьшим наводимым потенциалом.

### Библиографический список

1. Зацепин, Е.П., Зацепина, В.И. Качество электрической энергии по напряжению в системах электроснабжения металлургических предприятий // Вести высших учебных заведений Черноземья, - 2013. - №1, - г. Липецк, - С. 21-25.
2. Шпиганович А.Н., Захаров К.Д. Электроснабжение металлургических предприятий. Липецк: ЛГТУ. 2006. 568 с.
3. Zatsepin E.P., Galkin A.V., Electromagnetic-field distribution in a refined-slag layer in ladle–furnace units // Steel in Translation, - V. 45, - 2015. - pp 473-477.



# МОДЕЛЬ СЕТИ РАДИОСВЯЗИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕСУРСОМ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж), Россия, Воронеж  
(alek-kazmin@ya.ru, ryalvy@mail.ru)

Разведывательная защищенность (разведзащищенность) (РЗ) – способность системы связи противостоять всем видам разведки противника [1]. В сравнении с другими видами разведки (фото, телевизионная, инфракрасная и т.д.) наибольшую опасность для систем военной радиосвязи различных звеньев управления как по объему, так и по важности добываемых сведений представляют средства радио и радиотехнической разведки (РР и РТР).

Для оценки РЗ как отдельных радиолиний, так и сети радиосвязи в целом требуется разработка моделей функционирования сетей радиосвязи. Модель прежде всего должна объективно отражать зависимость разведывательной защищенности системы связи от ее структурно-параметрических ресурсов.

Обнаружение сигналов радиостанций комплексом РР и РТР осуществляется путем организации их поиска в частотно-временной области. Процесс частотного поиска радиосигнала ИРИ станцией РР и РТР можно представить как поток импульсов опроса на частоте излучения ИРИ.

Радиоприемное устройство (РПРУ) перестраивается по диапазону частот с постоянной скоростью  $\gamma_t$  (техническая скорость перестройки РПРУ) и автоматически останавливается на частоте сигнала для анализа.

Если скорость перестройки  $\gamma_t$  достаточно высокая, то время одного цикла прохода –  $t_{\text{пр}}$  по заданному диапазону можно представить в виде суммы

$$t_{\text{пр}} = \frac{\Phi_0}{\gamma_t} + \sum_{i=1}^M t_{ai}, \quad (1)$$

где  $\Phi_0$  – заданный посту поиска диапазон частот;  $M$  – количество излучающих в данном диапазоне источников;  $t_{ai}$  – длительность остановки для анализа  $i$  – го сигнала излучающего средства.

Второе слагаемое в выражении (1) представляет собой сумму случайного числа  $M$  случайных слагаемых  $t_{ai}$ , а первое слагаемое есть константа.

При условии, что энергетические соотношения по обнаружению радиосигнала ИРИ выполнены выражения для среднего времени на установление контакта станцией РР и РТР с радиосигналом ИРИ –  $\bar{t}_{\text{ук}}$  и среднего времени на обнаружение радиосигнала ИРИ –  $\bar{t}_{\text{обн}}$  можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{t}_{\text{ук}} &= \bar{t} + t_{\text{п}}(1 - P_{\text{к}})/P_{\text{к}}; \\ \bar{t}_{\text{обн}} &= \bar{t}_a + [\bar{t}_{\text{ук}} + t_{\text{п}}(1 - P_a)]/P_a, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $P_{\text{к}}$  – вероятность контакта приемника поиска станции РР и РТР с сигналом ИРИ;  $P_a$  – вероятность анализа станцией РР и РТР сигнала ИРИ;  $\bar{t}$  – среднее время от момента излучения ИРИ до момента поступления ближайшего опроса.

При условии, что время прохода  $t_{\text{пр}}$  приемником поиска станции РР и РТР диапазона частот, время излучения ИРИ  $t_{\text{и}}$  и время анализа ИРИ  $t_a$  распределены по экспоненциальному закону

$$\begin{aligned} P_{\text{к}} &= \frac{1}{1 + \bar{t}_{\text{пр}}/\bar{t}_{\text{и}}}; \\ P_a &= 1 - \frac{1}{1 + \bar{t}_{\text{и}}/\bar{t}_a}. \end{aligned} \quad (3)$$

Анализ выражений (2) и (3) показывает, что среднее время обнаружения существенно зависит от интенсивности обмена (длительности излучения и паузы) в радиолинии (радиосети), от времени прохода приемником станции РР и РТР выделенного диапазона частот (загрузки диапазона и времени анализа) и может дости-

гать нескольких десятков минут. Наибольших значений среднее время обнаружения ИРИ достигает при времени излучения меньше времени прохода приемником поиска выделенного диапазона частот.

Таким образом управляя интенсивностью обмена в радиолиниях, можно добиться требуемого (максимального) времени обнаружения радиолинии и влиять тем самым на время реакции комплекса РР и РТР.

#### **Библиографический список**

1. А.Г. Ермашиян Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях. Ч. 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи / Ермашиян А.Г. – ВИ: ВАС, Санкт-Петербург, 2005. С 740 с.

**Капанский А. А., Шенец Е. Л.**

### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ АНАЛИЗЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

*Гомельский государственный технический университет имени*

*П. О. Сухого (Беларусь)*

*ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»*

*(e-mail: kapanski@mail.ru , e-mail: shenets@mail.ru)*

Исследование функциональных связей между энергопотреблением и воздействующими факторами основано на обработке информационной базы данных (ИБД) методами статистического анализа. При выборе вероятностно-статистической модели в поле зрения исследователя попадают две совокупности объектов: реальная сформированная информационная выборка и теоретически-представляемый набор данных называемых генеральной совокупностью. Основные свойства исследуемой выборки могут быть определены по имеющимся статистическим данным, в то время как свойства генеральной совокупности устанавливаются исходя эмпирических свойств выборки. В практике использования методов математической статистики с точки зрения анализа энергоэффективности выделяют следующие основные направления:

– *Нормирование энергопотребления.* При решении данного вида задач в роли результирующего признака выступает сам норматив, т.е. величина удельного или общего энергопотребления. В качестве факторов модели  $X_p$ , по сути, могут выступать любые переменные, вошедшие в ИБД, при этом их статистическая значимость определяется методами регрессионного анализа.

– *Прогнозирование и диагностирование энергоэффективности* промышленных предприятий зачастую выступает в роли центральной области исследования. В качестве прогнозируемых показателей принимаются производственные затраты энергии (технологические, общецеховые и общезаводские). ИБД формируется в результате регистрации одновременных значений результирующего признака  $Y$  и объясняющих переменных

$x_1, x_2 \dots x_n$  при анализе работы предприятия в базовом периоде.

– *Оценка эффективности функционирования системы и её составных объектов.* Использование методов корреляционного, регрессионного анализа и кластерного в общем случае позволяет выполнить не только оценку энергоэффективности функционирования системы в целом, но и сравнить работу подобъектов системы между собой, к примеру, промышленных предприятий в рамках отрасли. Именно такой подход позволяет выявить наиболее эффективные производства, а также адекватно обосновать устанавливаемый *норматив энергопотребления*.

– *Параметрическая оценка системы* позволяет вычислить приоритетные факторы и их долю воздействия на исследуемый результирующий признак  $Y$ .

– *Выбор режимов оптимального управления системой.* В некоторых случаях производственные задачи могут выполняться совокупностью схожих технологических установок, отличающиеся как производительностью, так и энергопотреблением. К примеру, к такому оборудованию можно отнести совокупность печей при производстве листового стекла. Даже однотипные печи в процессе эксплуатации могут существенно отличаться между собой по энергетическим показателям. Эти отличия могут быть вызваны различными факторами, к примеру, неравномерным старением футеровки или неравномерной загрузки оборудования. Статистическая

оценка режимов работы, как отдельного технологического объекта, так и их совокупности, позволяет установить оптимальные режимы работы производства, *способствующие минимизации энергозатрат*.

Основу построения моделей энергопотребления составляет корреляционно-регрессионный анализ. Используя методы корреляционного анализа, появляется возможность установить зависимость между случайными факторами модели и их связь с результативным признаком, в то время как регрессионный анализ определяет вид итогового уравнения и количество переменных в нем. Принимая линейную связь между факторами и энергопотреблением, общее уравнение регрессии может быть представлено [1]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_j, b_1, b_2, \dots, b_j) + \varepsilon,$$

где  $x$  – результат  $j$ -го объясняющего фактора;  $b_j$  – коэффициент регрессии  $j$ -го фактора;  $\varepsilon$  – случайная составляющая модели.

#### ***Библиографический список***

1. Грунтович, Н.В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий / Н.В. Грунтович, Н.В. Грунтович, Л.Г. Ефремов, О.В. Федоров // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

***Карпенко И.Е., Федотов Д.А.***

#### **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА СОВРЕМЕННОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(nik-oe@mail.ru, subs1stem@yandex.ru)*

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации":

Энергосбережение - реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования;

Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Таким образом, энергосберегающее управление можно охарактеризовать как реализацию технических (технологических) мер, направленных на повышение энергетической эффективности объекта управления. На современном промышленном предприятии объектами, для которых могут быть использованы энергоэффективные алгоритмы управления являются печи, пресса, мощные электроприводы и др.

В соответствии с ГОСТ 31531-2012 «Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям» в настоящее время сертификации по показателям энергетической эффективности подлежит широкий перечень как бытовой, так и промышленной энергопотребляющей продукции. При проведении сертификации подтверждается соответствие показателей энергоэффективности нормативным значениям. Во многом значения данных показателей зависят от эффективной работы систем управления.

С точки зрения эффективности применения энергосберегающего управления, наибольшего результата можно добиться для энергонасыщенных объектов, т.к. в данном случае отношение экономического эффекта от внедрения системы энергосберегающего управления к затраченным ресурсам на ее проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию будет максимальным [1-5].

Таким образом, применение энергосберегающего управления для промышленных объектов подразумевается государственными стандартами в области энергосбережения и энергоэффективности.

### Библиографический список

1. Чернышов, Н.Г., Дворецкий, С.И. Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н.Г. Чернышов, С.И. Дворецкий //Радиотехника.- 2013. - №9.- С. 87-98.
2. Чернышов Н. Г., Дворецкий С. И. Синтез энергосберегающего управления. Вестник ТГТУ, №1, 2015.-С7-15.
3. Чернышов Н.Г., Цыганков Р.В., Чикаев К.В. Построение системы телеметрии энергоёмкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS. Вопросы современной науки и практики , №1, 2015.-С225-230.
4. Дворецкий, С.И., Дворецкий, Д.С., Чернышов Н.Г. Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности. Системы управления и информационные технологии, №4(66), 2016.-С21-28.
5. Чернышов Н.Г., Муромцев Д.Ю. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования// Автоматика и вычислительная техника. -2008, №3. – С 74-82.

**Карпенко И.Е., Федотов Д.А.**

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ОБЪЕКТА УДАЛЕННЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ

*Тамбовский государственный технический университет  
(nik-oe@mail.ru, subs1stem@yandex.ru)*

Алгоритм энергоэффективного управления состоит из следующих этапов:

- 1) получение задания на управление – здесь система получает такую информацию об объекте управления, как критерии оптимального управления, ограничения на управление, требуемое конечное состояние объекта, а также другую информацию;
- 2) идентификация объекта управления - получение или уточнение по экспериментальным данным модели объекта управления, выраженной в математическом виде;
- 3) формирование на основе модели оптимального с точки зрения энергосбережения управляющего воздействия;
- 4) управление объектом;
- 5) контроль эффективности управления;
- 6) корректировка управляющего воздействия и, возможно, модели объекта;
- 7) окончание процесса управления производится после достижения объектом управления заданного состояния, при этом может формироваться отчет о проведенном цикле управления, а также пополняться база знаний об объекте управления.

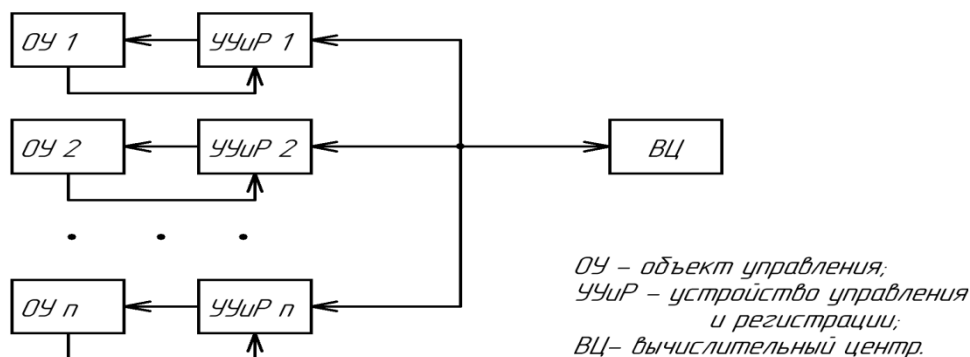


Рис.1. Структурная схема системы оптимального управления

При этом пункты 4 – 6 повторяются циклически в процессе управления объектом.

Выполнение приведенного алгоритма требует определенных вычислительных ресурсов, которые не всегда могут быть реализованы с использованием штатной системы управления объектом [1-5]. Для реализации дан-

ного алгоритма предлагается реализовать распределенную систему с управляющими и регистрирующими устройствами, размещенными в непосредственной близости от объекта, и вычислительного центра удаленного от объекта (см. рис. 1).

Данная структура управляющей системы позволяет реализовать следующие преимущества:

- оперативную корректировку управляющего алгоритма за счет повышенных вычислительных мощностей вычислительного центра по сравнению с встраиваемым контроллером;
- уменьшение результирующей стоимости системы, при условии использования одного вычислительного центра для нескольких объектов управления;
- формирование расширяемой базы знаний по аналогичным объектам управления, что может снизить ресурсоемкость вычислений.

### ***Библиографический список***

1. Чернышов, Н.Г., Дворецкий, С.И. Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н.Г. Чернышов, С.И. Дворецкий // Радиотехника. - 2013. - №9. - С. 87-98.
2. Чернышов Н. Г., Дворецкий С. И. Синтез энергосберегающего управления. Вестник ТГТУ, №1, 2015.-С7-15.
3. Чернышов Н.Г., Цыганков Р.В., Чикаев К.В. Построение системы телеметрии энергоёмкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS. Вопросы современной науки и практики , №1, 2015.-С225-230.
4. Дворецкий, С.И., Дворецкий, Д.С., Чернышов Н.Г. Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности. Системы управления и информационные технологии, №4(66), 2016.- С21-28.
5. Чернышов Н.Г., Муромцев Д.Ю. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования// Автоматика и вычислительная техника. -2008, №3. – С 74-82.

***Карпенко И.Е., Федотов Д.А.***

### **ОБЗОР ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(nik-oe@mail.ru, subs1stem@yandex.ru)*

На современном рынке присутствует довольно широкий ассортимент промышленных программируемых логических контроллеров (ПЛК) отличающихся по таким показателям как:

- стоимость;
- функциональность;
- доступный набор периферии;
- уровень поддержки со стороны производителя (наличие интегрированных библиотек, оперативность решения возникающих вопросов);
- надежность и др.

Как правило, каждый производитель имеет в своем ассортименте несколько «линеек» продукции ориентированных на определенные сферы применения. При таком разнообразии на рынке, однако, отсутствует предложение ПЛК, выполненных специально для решения задач энергосберегающего управления. Отчасти это связано с огромным разнообразием объектов энергосберегающего управления, а отчасти с тем, что любая автоматизация подразумевает оптимизацию объекта по какому либо критерию. Критериями оптимизации могут служить: точность поддержания параметров технологического процесса, энергоэффективность, скорость выполнения операций, трудозатраты и др. Таким образом, обеспечение энергоэффективности – это лишь одна из множества задач, для решения которых может применяться промышленный ПЛК.

Однако есть ряд общих требований, которым должен удовлетворять ПЛК предназначенный для использования в системе энергосберегающего управления:

- наличие датчиков, позволяющих как можно более полно и с достаточной точностью контролировать объект управления;
- достаточная производительность, требуемая для реализации алгоритма управления;

- наличие внешних стандартизованных интерфейсов для связи с внешними устройствами;
- в случае использования системы управления с обратной связью ПЛК должен иметь возможность работы в реальном масштабе времени.

Изучение предложения на современном рынке промышленных ПЛК позволило выявить ПЛК, наиболее полно соответствующих приведенным требованиям:

- ПЛК308 ПО «ОВЕН» - предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием;
- S7-1200 Siemens – в его состав входят центральные процессоры трех типов, тринадцать вариантов сигнальных модулей ввода-вывода и два типа сигнальных плат.

Данные платформы отличаются необходимым функционалом, вычислительными ресурсами и позволяют разработчику выбрать оптимальную конфигурацию системы энергосберегающего управления динамическими объектами с учетом сложности объекта и экономической целесообразности для конкретного производства [1-5].

### ***Библиографический список***

1. Чернышов, Н.Г., Дворецкий, С.И. Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н.Г. Чернышов, С.И. Дворецкий // Радиотехника. - 2013. - №9. - С. 87-98.
2. Чернышов Н. Г., Дворецкий С. И. Синтез энергосберегающего управления. Вестник ТГТУ, №1, 2015.-С7-15.
3. Чернышов Н.Г., Цыганков Р.В., Чикаев К.В. Построение системы телеметрии энергоёмкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS. Вопросы современной науки и практики , №1, 2015.-С225-230.
4. Дворецкий, С.И., Дворецкий, Д.С., Чернышов Н.Г. Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности. Системы управления и информационные технологии, №4(66), 2016.- С21-28.
5. Чернышов Н.Г., Муромцев Д.Ю. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования// Автоматика и вычислительная техника. -2008, №3. – С 74-82.

***Кирич А.Ю.***

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНАРНЫХ ПАРОВАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет"  
(andrey-om3@mail.ru)*

В настоящее время в сфере производства электроэнергии комбинация парового и газового цикла является самой эффективной. ПГУ достигают КПД более 60 %. Для сравнения, у работающих отдельно паросиловых установок КПД обычно находится в пределах 33-45 %, для газотурбинных установок – в диапазоне 28-42 %.

Большинство работающих и строящихся паровых установок делают с отдельными контурами рабочих тел. Они выполняются либо с котлом-утилизатором, в котором пар генерируется только или в основном за счет отходящей теплоты газовой турбины, либо с парогенератором (так называемая сбросная схема), в котором пар генерируется также и за счет теплоты топлива.

К следующему типу комбинированных энергоустановок относятся монарные ПГУ, у которых одна паровая турбина. В процессе их работы выходные газы ГТУ направляются в котел-утилизатор, в который подается вода питательным насосом. Получаемый на выходе пар поступает в камеру сгорания, смешивается с продуктами сгорания, и образующаяся однородная смесь направляется в паровую турбину. Удельная стоимость и габариты таких установок существенно меньше, чем у бинарных.

Весь расчёт был произведён на 1 кг сухого воздуха. В процессе работы мы принимаем следующие допущения: процесс адиабатный, воздух и пар имеют постоянные теплоёмкости и молярные массы, пары воды вместе с уходящими газами имеют температуру насыщения при давлении в камере сгорания. Задаёмся начальными параметрами: температура воздуха на входе 293 К, паровой смеси в камере сгорания 1300 К, КПД компрессора и турбины соответственно 0,85 и 0,9, коэффициент потерь давления 0,04, температура воды на входе в КУ 288 К. Из уравнения теплового баланса находим количество полученного пара. Теплоёмкость парового

вой смеси рассчитываем через массовые доли её компонентов. После этого цикл полностью повторяется, но перед турбиной рабочим телом уже являются не продукты горения топлива, а парогазовая смесь.

Итоги расчёта представлены на рис. 1–3. В зависимости от оптимального значения степени повышения давления (рис. 1), смещающегося на единицу влево, мы получаем повышение КПД на 4,5 % в сравнении с ГТУ при начальных параметрах. При  $\pi_k = 43$  нам не удаётся получить пар, т.к. температура насыщения воды оказывается больше температуры уходящей парогазовой смеси, и МПГУ начинает работать как обычная ГТУ (рис. 2).

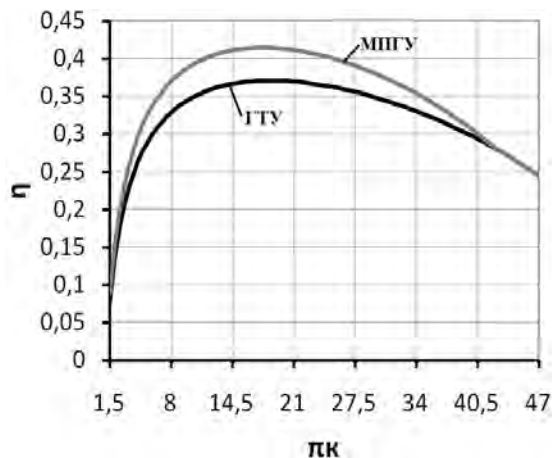


Рис. 1. Зависимость КПД от степени повышения давления

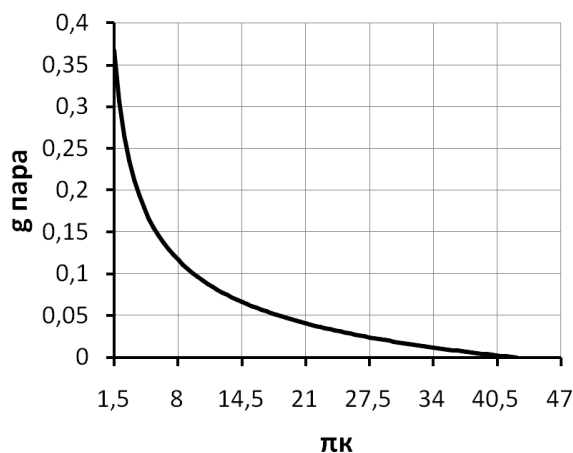


Рис. 2. Зависимость массовой доли пара МПГУ от степени повышения давления

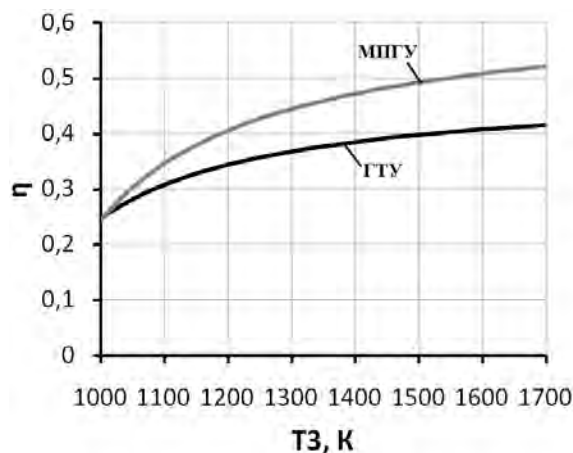


Рис. 3. Зависимость КПД от температуры в камере сгорания

С повышением температуры в камере сгорания увеличение КПД становится ощутимее и уже достигает более 50 % при 1550 K (рис. 3). Недостатком МПГУ является то, что пары воды вместе с уходящими продуктами сгорания выбрасываются в атмосферу, что приводит к потере теплоты испарения воды. Этот минус стал причиной того, что контактные установки открытого типа не получили широкого распространения.

*Работа выполнена под руководством к. т. н., профессора В. Я. Губарева.*

## ТЕХНОЛОГИЯ ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Национальный исследовательский университет «Московский институт  
электронной техники»  
(koldaev.v@mail.ru, roman\_pavlov2402@mail.ru)

Распознавание речи является задачей классификации образов акустических характеристик речевых сигналов и осуществляется с помощью следующих методов: построение самообучающихся нейронных сетей; скрытой Марковской модели; линейного предсказания; самоорганизующихся карт Кохонена; комбинации кепстрального представления голосовых сигналов и проекционных методов анализа многомерных данных.

В системах распознавания речи выделяются два основных блока: 1) блок акустического анализа, предназначенный для выделения информативных акустических характеристик речевого сигнала (формирование акустического образа и набора характеристик); 2) блок классификации – сравнения с обученными акустическими моделями-эталонами из базы данных.

Вектор голосовых характеристик человека состоит из коэффициента линейного предсказания поведения автокорреляционной функции кепстра. Перед непосредственным вычислением функции кепстра, формируется специальный фильтр сигнала, для отсекаания шумов и выделения областей, имеющих высокую значимость. После выполнения вышеуказанных процедур, строится голосовая модель с использованием методов: анализ статистики основного тона; метод гауссовых распределений; спектрально-формантный; метод полной изменчивости [1]. Система распознает пользователя по частотным и статическим характеристикам его голоса (до 50-ти различных параметров).

Решение задачи голосовой идентификации, сводится к максимизации апостериорной вероятности и сравнению уникальных характеристик голоса пользователя с уже известными эталонами (рис.1). Степень подобия может вычисляться на основе метрики Махаланобиса или оценке вероятности.

При регистрации новых пользователей в системе используется образец голоса человека и обрабатывается с целью извлечения существенных признаков, которые впоследствии будут использованы для распознавания. Распознавание пользователя по голосу делится на две подзадачи: идентификацию и верификацию.

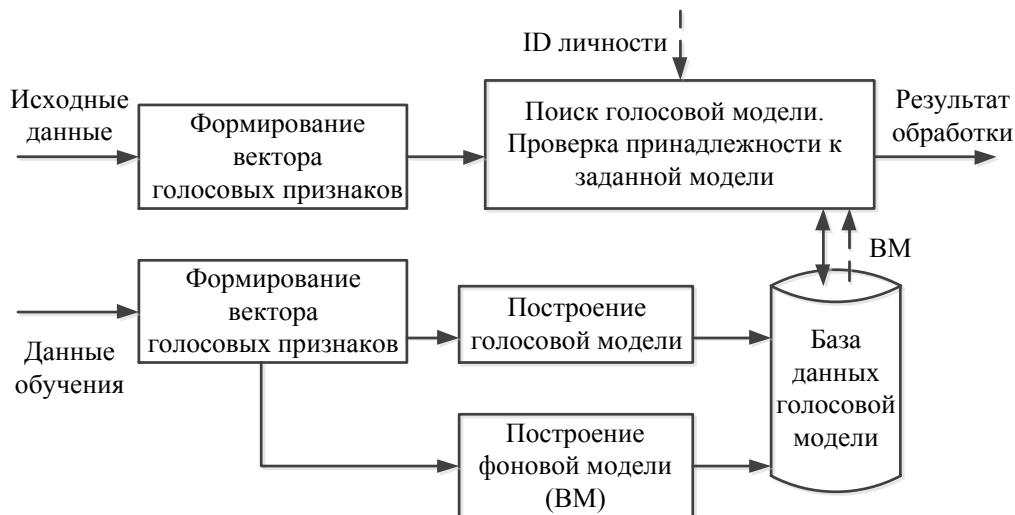


Рис.1. Функциональная схема голосовой идентификации личности

Идентификация проходит в четыре стадии: *регистрация* идентификатора (сведения о характеристике преобразуются в форму, доступную компьютерным технологиям); *выделение* (из вновь предъявленного идентификатора выделяются уникальные признаки, анализируемые системой); *сравнение* (сопоставление сведений о вновь предъявленном и ранее зарегистрированном идентификаторе); *решение* (отождествление с заданным порогом) [2]. При идентификации модель голосовых данных пользователя сравнивается со всеми ключевыми коэффициентами, хранящимися в базе данных. В системах верификации модель голоса сопоставляется конкретному шаблону. Верификация подразделяется на текстонезависимую (подтверждение личности происходит по спонтанной речи пользователя) и текстозависимую (подтверждение личности происходит по парольной фразе).



### *Библиографический список*

1. Колдаев В.Д., Павлов Р.И. Использование метода линейного предсказания при голосовой идентификации / В.Д. Колдаев, Р.И. Павлов // Materials of the XII International scientific and practical Conference «Prospects of World Science - 2016» (July 30 – August 7, 2016). Vol. 3. – Sheffield. Science and education LTD, 2016. – P.79-84.
2. Колдаев В.Д. Использование систем технического зрения для автоматизации управления технологическими процессами / В.Д. Колдаев // Материалы за X международную научно-практическую конференцию «Новейшие научные постижения – 2014» (17-25 март 2014 година). Том 33: Технологии. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2014. – С.94-97.

*Колдаев В.Д., Старцев С.В.*

### **МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ РЕЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»  
(koldaev.v@mail.ru, 7523865@gmail.com)*

Основной задачей систем верификации и идентификации пользователей является: контроль и разграничение доступа; создание архивных файлов журнала пользователей; предотвращение использования казенных информационных и материальных ресурсов в личных целях; разграничение уровней доступа к различным ресурсам; предотвращение несанкционированного доступа к конфиденциальной информации; отслеживание посещаемости сотрудников.

В настоящее время используются три основных метода обработки и анализа биометрической информации: метод построения самообучающихся нейронных сетей; метод скрытой Марковской модели; метод линейного предсказания [1].

Наиболее популярные математические модели и дающие лучшие практические результаты при идентификации – это системы иерархических голосующих гиперплоскостей, т.е. искусственные нейронные сети (ИНС). Основные их преимущества: иерархичность, способность эффективно работать с низкоуровневым представлением данных, они являются универсальными аппроксиматорами. Особенности статистической идентификации и обучения заключаются в следующем [2].

1. Объекты, которые необходимо идентифицировать кодируются векторами признаков. Допустимые значения векторов признаков образуют пространство признаков  $X$  (если  $a$  – количество числовых признаков объекта, то  $X$  – подмножество  $a$ -мерного евклидова пространства  $R^a$ ).

2. Ответы распознавателя (ожидаемые и вычисленные) кодируются так же как признаки объектов – точками в некотором пространстве  $Y$ , например, в  $b$ -мерном евклидовом пространстве  $R^b$ .

3. Система идентификации обучается вычислять некоторую функцию  $f: R^a \rightarrow R^b$ , про которую известны только ее значения в конечном числе точек. Идентификация дискретной характеристики объекта – классификация;  $b$  – число возможных значений или число классов (объекты, для которых эта характеристика принимает  $i$ -е значение –  $i$ -м классом).

Наиболее распространенными речевыми признаками для систем идентификации пользователей являются: частота основного тона; частота формант; кепстральные коэффициенты. При этом используются следующие шаги. *Предвыскажение* (речевой сигнал обрабатывался цифровым фильтром для усиления энергии на высоких частотах). *Сегментация* (сигнал рассматривается как квазистационарный процесс, состоящий из последовательности фреймов). *Взвешивание* (умножение каждого кадра на весовую функцию (Хемминга)). *Спектральный анализ* (вычисление быстрого преобразования Фурье). *Мел-шкала* (использование формант (спектральных максимумов), получаемых при сглаживании спектра путем применения набора полосовых фильтров). В системах идентификации в качестве признаков используются *векторы кепстральных коэффициентов*: линейно-частотных или мел-частотных, получаемых по спектру Фурье [1,2].

Процесс статистического обучения ИНС рассматривается как процесс реконструкции гиперповерхности на основе множества точек. Моделирование физических процессов, обеспечивающих генерирование обучающих данных (звуковых сигналов), является хорошо обусловленной прямой задачей, но обучение, рассматриваемое как задача восстановления гиперповерхности, представляет собой плохо обусловленную обратную задачу. Плохая обусловленность объясняется тремя основными причинами: не для каждого входного сигнала мо-

жет существовать выходной (нарушение критерия существования); информации, содержащейся в примерах, может быть недостаточно для корректной уникальной реконструкции отображения «вход-выход» (нарушение критерия уникальности); неизбежное наличие шумов в данных обучения вносит неопределенность в восстанавливаемое отображение (нарушения принципа непрерывности).

### Библиографический список

1. Колдаев В.Д., Павлов Р.И. Использование метода линейного предсказания при голосовой идентификации / В.Д. Колдаев, Р.И. Павлов // Materials of the XII International scientific and practical Conference «Prospects of World Science - 2016» (July 30 – August 7, 2016). Vol. 3. – Sheffield. Science and education LTD, 2016. – P.79-84.
2. Можаров Г.П., Чеботарев Р.С. Текстонезависимый метод идентификации человека по его голосу / Г.П. Можаров, Р.С. Чеботарев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение», 2012. – С.168-179.

*Колмыкова А.С., Белоусов О.А. \*, Колмыков Р.Ю. \*\**

### ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПЕЧАТНЫХ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

*\* ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов.*

*\*\* Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Россия, Воронеж,  
(anastasiya25tmb@gmail.com, romankolmykov@gmail.com).*

В настоящее время большой интерес представляет разработка излучателей с высокими электродинамическими характеристиками работающих в широкой полосе частот, компактными размерами и хорошей повторяемостью. Это представляет интерес, как для систем беспроводного широкополосного доступа, так и для систем спутниковой связи. Одним из подходов для решения поставленной задачи является применение сверхширокополосных излучателей с экспоненциальным расширением щели использующие технологию интегрированного печатного волновода (SIW).

Концепция технологии «печатного волновода» была впервые предложена в 1994 году [1,2]. Эта технология позволяет реализовать волновод на подложке и обеспечивает простой способ интеграции волновода на СВЧ и миллиметровых волнах планарных схем с использованием обычной недорогой печатной технологии.

Примером SIW рисунок 1 боковые стенки изготовлены в подложке отверстиями, а не сплошными стенками, какие используются в обычных металлических волноводах.

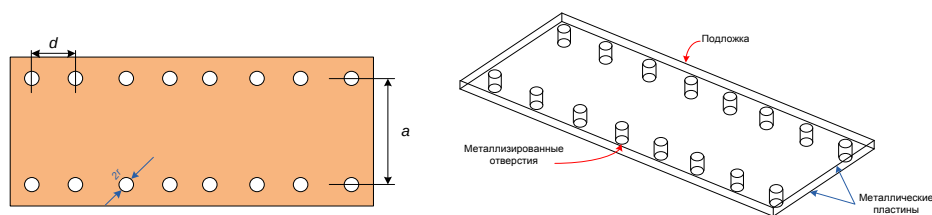


Рис. 1. Интегрированный волновод на диэлектрической подложке: (а) вид сверху; (б) 3D-вид

Применение такого типа SIW позволяет разрабатывать конструкцию более технологичной и с меньшими массогабаритными показателями по сравнению, с металлическим при сохранении основных электродинамических характеристик. Таким образом, применяя такой тип технологии, имеется возможность реализовать сверхширокополосные излучатели, не уступающие по параметрам, а иногда даже и превосходящие по сравнению с излучателями выполненными из металла.

Сверхширокополосные антенны являются классом широкополосных антенн с значительно широкими полосами пропускания.

По сравнению с обычными узкополосными системами, проектирование антенн для сверхширокополосных систем является сложной задачей. Поэтому существуют компромиссы, как правило, между широкой полосой

пропускания, компактным размером, низкой стоимостью, высокой эффективностью излучения и минимальной дисперсией.

Особенностью применения интегрированных печатных волноводов для построения сверхширокополосных излучателей заключается в том, что они сохраняют основные преимущества классических волноводов, т.е. большая передаваемая мощность, малые потери, полностью экранированная структура, высокая добротность резонаторов, но при этом приобретаются черты планарных структур, а именно малые размеры и вес, низкая стоимость производства и позволяют интегрировать все компоненты на одной подложке, включая пассивные компоненты, активные элементы и даже излучатели, что позволяет реализовывать разнообразные антенные структуры в печатном исполнении для различных частотных областей с сохранением основных электродинамических характеристик и масса-габаритных показателей, что дает возможность построения энергоэффективных антенных структур, как для систем наземной спутниковой связи, так и для систем беспроводного широкополосного доступа.

### **Библиографический список**

1. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д.И.Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2008., – 384 с.
2. С.А. Антипов, Микрополосковая антенная решетка миллиметровых волн с круговой диаграммой направленности / Антипов С.А., Климов А.И., Юдин В.И. // Вестник ВГТУ. Т. 11, № 6, 2015. С. 121-125

**Колмыкова А.С., Белоусов О.А. \*, Колмыков Р.Ю. \*\***

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОСКОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ**

*\* ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов,*

*\*\* Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Россия, Воронеж,  
(anastasiya25tmb@gmail.com, romankolmykov@gmail.com).*

Широкое развитие систем беспроводного широкополосного доступа и систем спутниковой связи требует применения эффективных антенных систем позволяющих работать в широком диапазоне частот (сверхширокополосные излучатели) с сохранением своих основ электродинамических характеристик, по этому для получения таких систем широко применяются антенные решетки (АР), состоящие из совокупности отдельных, как правило, идентичных, излучателей. В качестве элементов АР могут использоваться направленные и слабо-направленные излучатели (симметричные вибраторы, щели, открытые концы волноводов, рупора, диэлектрические стержни, спирали) [1,3].

В качестве элемента плоской антенной решетки выберем вивальди Вивальди.

Синтез компьютерной модели АР будет осуществляться по средствам программного пакета Matlab, который позволяет реализовать все необходимые операции для формирования антенной решетки заданных размеров.

Для начала необходимо создать модель одного элемента АР. Для этого взяты результаты из симуляции работы антенны Вивальди в CST Studio Suite (рис.1).

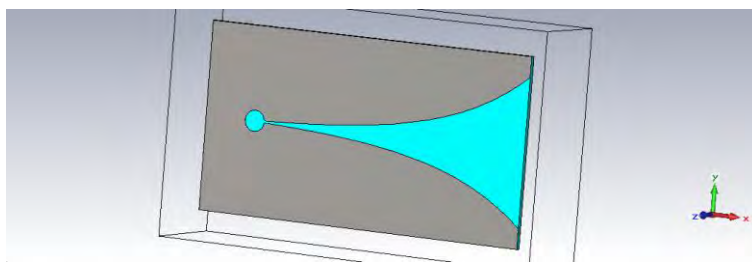


Рис. 1 - Модель излучателя Вивальди, созданная в CST Studio Suite

При помощи функции phased. Custom Antenna Element создаем модель излучателя Вивальди. Далее необходимо построить АР, для этого используем функцию phased. URA, в данной функции можно задать рабочую частоту (12,5 ГГц), количество элементов АР (8x8) и расстояние между ними  $\lambda/2$  (0,012 м) (рис.2, рис.3).

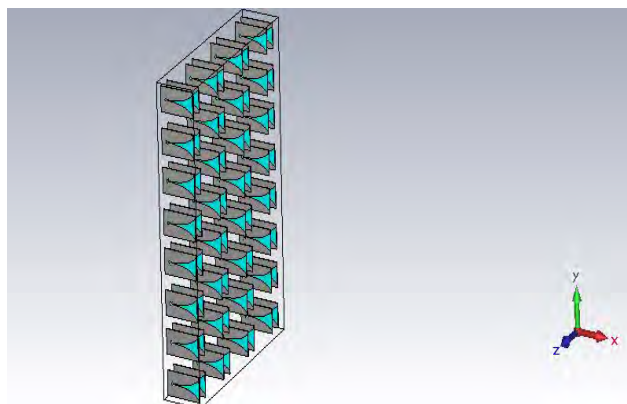


Рис. 2 3D модель антенной решетки

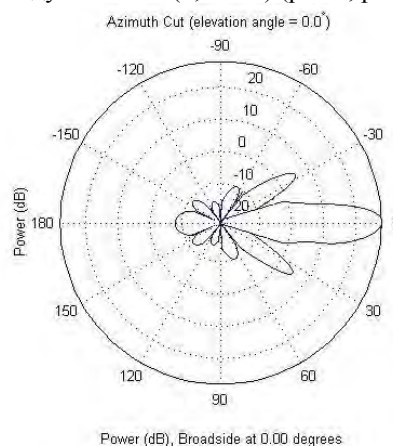


Рис. 3 Диаграмма направленности АР

Анализируя полученные данные можно сказать, что построенная АР имеет максимальное усиление порядка 22 dBi.

Использование АР позволяет существенно повысить эффективность современных бортовых и наземных беспроводного широкополосного доступа, за счет осуществления быстрого безынерционного обзора пространства путем сканирования луча АР электрическими методами (электрическое сканирование); увеличения коэффициента усиления (КУ) антенны; формирования диаграммы направленности с требуемыми шириной и уровнем боковых лепестков путем создания соответствующего амплитудно-фазового распределения по раскрытию решетки.

#### **Библиографический список**

1. Frank B. Gross Frontiers in antennas: next generation design & engineering. The McGraw-Hill Companies, 2011. - 526 с.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Д. И. Воскресенского. - 4-е, перераб. и доп. изд. - М.: Радиотехника, 2012. - 744 с.
3. С.А. Антипов, Микрополосковая антенная решетка миллиметровых волн с круговой диаграммой направленности / Антипов С.А., Климов А.И., Юдин В.И. // Вестник ВГТУ. Т. 11, № 6, 2015. С. 121-125

**Колмыкова А.С., Белоусов О.А. \*, Колмыков Р.Ю. \*\***

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СРЕДЕ ANTENNA MAGUS И CST STUDIO SUITE**

\*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов,

\*\* Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Россия, Воронеж,  
(e-mail: anastasiya25tmb@gmail.com, romankolmykov@gmail.com)

Как правило при разработке большинства сверхширокополосных излучателей нет четких аналитических выражений позволяющих определить как геометрические размеры, так и осциллограммные электродинамические характеристики поэтому в этом случае необходимо использовать прикладное программное обеспечение позволяющее решать поставленные задачи.

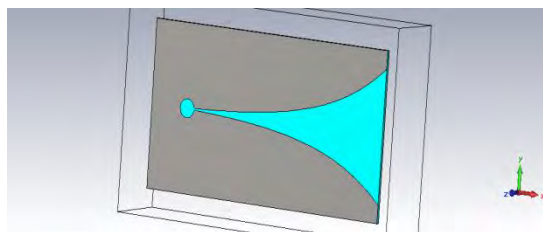


Рис. 1 - Модель излучателя Вивальди, созданная в CST Studio Suite.

В качестве таких программных продуктов можно выделить следующие, Antenna Magus и CST Studio Suite

На начальных этапах моделирования излучателей на основе щелевых линий применяются приближенные методы расчета, которые заключаются в том, что излучатель рассматривается как нерегулярная линия передачи, согласующая регулярную линию передачи со свободным пространством. Основным критерием согласования является минимизация коэффициента отражения на входе согласующего устройства, который, в свою очередь, зависит от волнового сопротивления и длины перехода [1,2].

Для решения инженерных задач подходят приближенные методы решения электродинамической задачи об излучении антенны на основе симметричных щелевых линий и методы численного электродинамического моделирования, реализуемые в данных программных комплексах, предназначенных для расчета антенн и СВЧ устройств.

На рис.1 представлена модель излучателя Вивальди, изначально созданная в программном пакете Antenna Magus, а потом импортированная в CST Studio Suite.

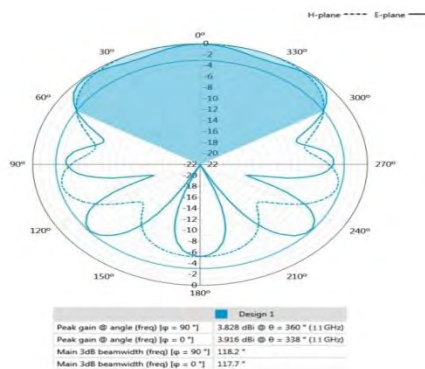


Рис. 2 График ДН антенны на частоте 11 ГГц

По результатам моделирования рис. 2,3 можно сделать вывод, что антенна Вивальди обладает неплохой направленностью для МПА и коэффициентом усиления от 3 dB до 7 dB и приемлемы уровнем КСВН.

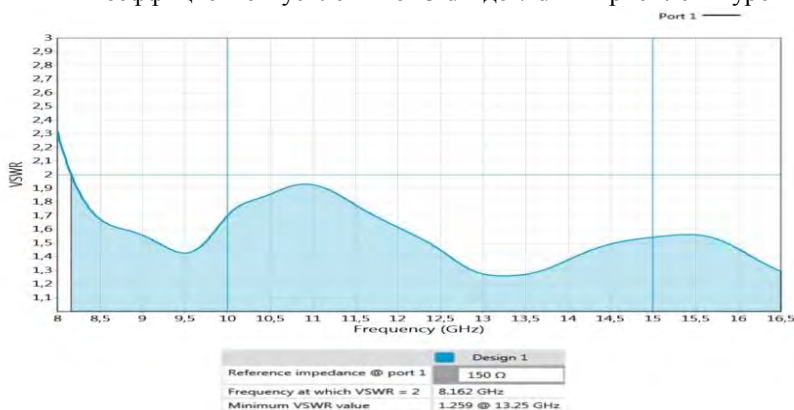


Рис. 3 График зависимости значений VSWR (КСВН) от частоты

Анализируя данные полученные в ходе математического расчета и программного моделирования можно сделать вывод о том, что антенна Вивальди является подходящим выбором для создания на её основе антенной решетки, используемой в беспроводных широкополосных системах передачи информации.

### **Библиографический список**

1. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Д. И. Воскресенского. - 4-е, перераб. и доп. изд. - М.: Радиотехника, 2012. - 744 с.
2. И.С. Бобылкин, Разработка пеленгационной антенной решетки, расположенной на борту беспилотного летательного аппарата / Бобылкин И.С., Муратов А.В., Носова Л.А., Самодуров А.С. // Вестник ВГТУ. Т. 11, № 6, 2015. С. 133-135

**Кузнецова Н.А. Родионов Д.А.**

### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВОДОСТОЧНЫХ ЖЕЛОБОВ**

*Тамбовский государственный технический университет Россия, Тамбов.  
(e-mail: natulek98@yandex.ru)*

В настоящее время одними из основных проблем экологии являются нерациональное использование энергии и природных ресурсов, при производстве различных изделий. В данной работе будет рассмотрено энергосбережение и ресурсосбережение при производстве таких элементов водосточных систем как водосточные желоба.

Водосточный желоб — узкий канал, являющийся одним из основных компонентов водосточной системы, который собирает и направляет дождевую воду с крыши строений. Основная задача водосточного желоба — защитить фундамент здания отводя воду от его основания. Жёлоба также способствуют предотвращению эрозии, утечки в подвалах, защищают покрашенные поверхности от воздействия воды, и являются средством сбора дождевой воды для последующего её использования. Желоба могут быть произведены из различных материалов, включая чугун, оцинкованную сталь, свинец, цинк, крашенную сталь, медь, крашенный алюминий, ПВХ (и другие пластики), камень, и дерево.[1].

Раньше водосточные желоба изготавливались исключительно металлическими, но с развитием современных технологий более актуальным является использование полимерных материалов. Конечно, металлические желоба имеют ряд преимуществ над полимерными, такие как прочность и устойчивость к УФ-излучению, но в остальных характеристиках они все же уступают. Одни из таких характеристик — это затраты энергии и ресурсов при производстве водосточных систем. Производство металлических желобов значительно дороже из-за дороговизны материала а так же гораздо затратнее с точки зрения использования энергетических ресурсов, так как переработка металла гораздо сложнее и требует больше этих ресурсов, в сравнении с переработкой полимерных материалов.

Так же значительно удешевляет и уменьшает энергозатраты при производстве полимерных желобов использование вторичных материалов. Энергозатраты при производстве из вторичного сырья снижаются до 50-80%. Экономия энергии в таких случаях может достигать 70%. К тому же, это один из наиболее рациональных и экономных способов использования сырьевых ресурсов. Еще это очень актуально с точки зрения экологии, ведь для современного общества одной из основных проблем является полимерные отходы, так как область применения полимеров возросла во всех сферах жизни. Значительные объемы полимерных материалов, которые эксплуатируются на протяжении длительного времени и выбрасываются на свалки, загрязняют окружающую среду. Вместе с тем, эти отходы являются хорошим сырьем при соответствующей корректировке композиций для изготовления изделий различного назначения.[2-6].

### **Библиографический список**

3. [Электронный ресурс]: Пластиковые водосточные желоба и системы водосток <http://stoki.guru/drenazh/vodostoki/plastikovye-vodostochnye-zheloba-i-sistemy-vodostokov.html> (дата обращения: 14.04.2017).
4. Клинков А.С., Соколов М.В., Однолько В.Г., Беляев П.С. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов. М.: Спектр, 2012. 196 с.
5. Беляев В.П., Клинков А.С., Беляев П.С., Полушкин Д.Л. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий // Глобальный научный потенциал. 2012. № 19. С. 169-171.
6. Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В., Шашков И.В. Утилизация полимерной тары и упаковки: Учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.



7. Беляев П.С., Маликов О.Г., Забавников М.В., Соколов А.Р. Повышение качества нефтяных битумов путем модификации продуктами переработки изношенных автомобильных шин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2003. Т. 9. № 1. С. 63-69.
8. Беляев П.С., Полушкин Д.Л., Макеев П.В., Фролов В.А. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 2. С. 264-271.

*Курносов Р.Ю., Сидорова Д.А., Романенко Н.С., Мамонтов К.А.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ 5G**

*Тамбовский государственный технический университет  
(romankurnosov@rambler.ru)*

Бурное развитие интернет технологии и неуклонный рост подключаемых беспроводных устройств в мобильных сетях широкополосного доступа диктует все более высокие требования к производительности, пропускной способности и надежности. Поэтому возникают предпосылки для развития современной технологии беспроводной передачи данных с учетом сложившейся тенденции на мировом рынке телекоммуникационных услуг. Другой важной предпосылкой для развития нового стандарта является дефицит частотного ресурса, необходимого для обеспечения приемлемого качества услуг, связанных с мобильной передачей данных в условиях продолжающегося экспоненциального роста трафика и грядущей эры интернета вещей (IoT). Особенно остро стоит проблема нехватки частот в нижних участках спектра, включая диапазон 5 ГГц для Wi-Fi. В этой связи возникают предложения использовать для сетей 5G не только низкие частоты (до 6 ГГц), но и высокие (десятки гигагерц), характеристики которых сильно отличаются от традиционных диапазонов для мобильной связи. Таким образом, на сегодняшний день наиболее актуальным является новый стандарт передачи данных 5G.

5G обеспечит сверхвысокую пропускную способность, позволит массовые соединения, повсеместные услуги и совершенный пользовательский интерфейс для частных лиц и предприятий. Совершенствуя свой потенциал, 5G будет также стремиться сделать сеть и терминалы потребляющими меньше энергии.

Спецификация сетей пятого поколения от Международного Телекоммуникационного Союза уже накладывает некоторые условия.

Минимальные пиковые значения передачи данных для единицы базовой станции:

- загрузка не менее 20 Gbit/s
- отдача не менее 10 Gbit/s

Пользовательский опыт передачи данных должен быть:

- более 100 Mbit/s при загрузке
- более 50 Mbit/s при отдаче

Также в спецификации указано, что задержка доставки для пустого одиночного пакета должны составлять менее 1 мс.

Для развития сетей 5G на начальном этапе планируется использовать частотные диапазоны 700 МГц, 3400-3800 МГц и 24,25-27,5 ГГц. Они обеспечивают полное покрытие территории, обеспечивая эффективные и более широкие по сравнению с системами 3G / LTE полосы частот, что позволит получать одновременно емкость и покрытие. Низкие частоты и хорошее покрытие дадут обширное и хорошо проникающее в помещения покрытие.

Европейская ассоциация инфраструктуры 5G до сих пор производит исследования, которые продолжаются в проекте METIS-II. Его авторы уже наметили основную архитектуру и функциональный дизайн сетей пятого поколения. Очень сильно привлекает внимание сектор датчиков, который предполагает более 1 миллиона устройств на квадратный километр, а продолжительность жизни батареи более 10 лет.

Сравнивая спецификацию 5G с предыдущим поколением уже можно заметить, что ширина канала вырастет в 2-4 раза как минимум, а задержки при передаче пакетов уменьшатся в 50 раз. Такой уровень пропускной способности канала позволит воспроизводить видео контент разрешением вплоть до 8к без каких-либо задержек. Также, 5G поможет облачным технологиям – у различных сервисов, предполагающих использование большого количества трафика, появится больше мобильных клиентов. У обычных провайдеров, поставляющих интернет по витой паре, может возникнуть нездоровая конкуренция с новым поколением мобильных сетей.

Таким образом внедрение сетей пятого поколения позволит существенно увеличить пропускную способность, количество подключаемых устройств, а также существенно разгрузить радиочастотный ресурс без снижения качества связи.

### ***Библиографический список***

1. Рязанов И.Г. Анализ и синтез широкополосной планарной щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа / И.Г. Рязанов, А.А. Бякин, О.А. Белоусов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – №2. – С. 297-306.
2. Чернышова Т.И., Третьяков В.В., Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метро-логического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – №3. – С. 381-387.

***Курносое Р.Ю., Шамкин В.Н.***

### **МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИМИ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(romankurnosov@rambler.ru, shamkin-v@mail.ru)*

Ведение технологического процесса в условиях переменного потребления, когда производительность на интервале работы энергоемкого объекта меняется неоднократно, создает новые возможности для определения оптимальных технологических режимов в том случае, если допустимо расширение области управлений этого объекта и, следовательно, создание улучшенных оптимальных статических режимов, соответствующих новым производительностям. Разработать методологию управления такого рода технологическими объектами и решить комплекс связанных с этим научных проблем, а далее применять полученные результаты для решения задач управления конкретными технологическими объектами – весьма актуально.

Следует отметить, что множество допустимых управлений объекта можно расширить, если предположить на нем нарушение некоторых балансовых соотношений. При этом появляются дополнительные воздействия, которыми можно независимо варьировать, а мерой небаланса являются изменения определенных технологических величин (уровня, концентрации, температура и т.д.). Например, при постоянном уровне некоторой жидкости в технологическом аппарате его количество определяется заданием потребителя по целевым продуктам, а в случае снятия ограничения, это количество может быть не равно рассчитанному значению. Причем, если жидкости вырабатывается больше, чем требуется, то происходит ее накопление, а в противном случае – срабатывание, но само значение уровня должно быть в пределах допустимого в любой момент времени.

С появлением дополнительных управлений приобретает смысл интегральный критерий в задаче оптимизации на интервале времени, появляются ограничения интегрального типа, характеризующие изменения показателей небаланса, а сам объект работает в дестабилизированном режиме.

В докладе излагается методология разработки и исследования систем управления сложными энергоемкими технологическими объектами, функционирующими при переменной производительности. Отмечается, что система дестабилизационной оптимизации, реализуемая на практике, должна включать в себя подсистему локальных автоматических регуляторов, непосредственно воздействующих на технологический процесс, подсистему расчета оптимальных дестабилизационных управляющих воздействий и подсистему прогноза периода работы объекта и функций изменения возмущений на рассматриваемом временном интервале. При этом предусмотрена возможность функционирования объекта и в оптимальных статических (стабилизационных) режимах.

Так как при стабилизационной и дестабилизационной оптимизации, при смене возмущающего воздействия большое значение имеет переход с одного технологического режима на другой, то предусмотрена подсистема перевода объекта с режима на режим. Она обеспечивает не только изменение заданий локальным регуляторам, как это делается обычно при небольшом изменении режимов, но и дает возможность перестройки структуры систем локального регулирования, отключения некоторых регуляторов и непосредственного воздействия на технологический процесс при переводе.



Описаны и геометрически проиллюстрированы различные алгоритмы дестабилизационной оптимизации, полученные ранее в [2-4]: алгоритмы линейной многомерной оптимизации, при избыточности управляющих воздействий, многоуровневой и нелинейных задач. Они в значительной степени охватывают встречающиеся на практике случаи энергосберегающего управления сложными технологическими объектами, функционирующими в условиях переменной производительности по продуктам разделения.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

### **Библиографический список**

1. Глазкова, В.В. Дестабилизационное управление сложными технологическими объектами / В.В. Глазкова, Л.В.Руденко, В.Н. Шамкин// Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах: Тез. докл. 3-ей Междунар. конференции с элементами науч. школы. Тамбов, 25-27 апреля 2016 г. – Тамбов, 2016. – С.51-52.
2. Глазкова, В.В. Дестабилизационная энергосберегающая оптимизация режимов сложных технологических объектов как основа новой информационной технологии управления. Часть 1. Постановка задачи/ В.В. Глазкова, Д.Ю. Муромцев, Л.В.Руденко, В.Н. Шамкин // В.И. Вернадский: Устойчивое развитие регионов . V. I. Vernadsky: Sustainable development of the regions : Материалы Междунар. науч.-практич. конференции. Т. 5. – Тамбов, 2016. – С.91-96.

**Кухтяева В.Р.**

### **АЛГОРИТМ АВТОНОМНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Россия, Москва  
(vivikuht@gmail.com)*

На сегодняшний момент одним из главных средств автоматического движения БПЛА в условиях, когда объема априорной информации не достаточно и необходим анализ внешней обстановки в режиме реального времени, являются системы технического зрения [1]. Таким образом, целью настоящей работы является разработка алгоритма построения траектории движения БПЛА в замкнутом пространстве со сложной структурой в виде лабиринта. Поставленная цель достигается путем решения следующих основных задач:

- калибровка камеры с целью устранения дисторсии;
- анализ алгоритмов поиска ключевых точек на кадре видеопоследовательности;
- сопоставление ключевых точек соседних кадров и отсеивание ложных сопоставлений;
- вычисление координат положения камеры;
- коррекция вычисленных координат.

Для определения внутренних параметров камеры и устранения дисторсии проводилась калибровка с использованием системы MATLAB. Средняя ошибка калибровки составила 0.05 пиксела, что не превышает значения допустимой средней ошибки калибровки в 1 пиксел, указанной в [2].

В качестве детектора ключевых точек выбран алгоритм SURF, характеризующийся наибольшей устойчивостью к резкой смене освещения, поворотам камеры, изменениям масштаба изображения в сравнении с детекторами Харриса, Ши-Томаси, FAST и оптимальным быстродействием в сравнении с детектором SURF [3].

Проведена оценка эффективности рассмотренных в работе алгоритмов Лукаса-Канаде, Хорна-Шунка, Фарнебака [4] для поиска приближенного решения уравнения оптического потока:

$$\vec{u} \cdot \nabla I(\vec{x}, t) = -\frac{\partial I(\vec{x}, t)}{\partial t},$$

где  $I$  – функция изображения,  $\vec{u}$  – вектор смещения в плоскости изображения,  $t$  – период времени между кадрами.

Установлено, что алгоритм Лукаса-Канаде обладает оптимальным быстродействием и точностью работы. Однако при сопоставлении ключевых точек на соседних кадрах возникают ложные пары, для отсеивания которых в работе использовался алгоритм RANSAC [5].

Вычисление сущностной матрицы, связывающей ключевые точки соседних кадров, проводилось с помощью пятиточечного алгоритма [6]. С помощью сингулярного разложения сущностной матрицы определены матрица поворота камеры и вектор ее смещения. Коррекция положения БПЛА в пространстве осуществлялась с применением алгоритма Левенберга-Марквардта [7].

На языке MATLAB разработан программный модуль для определения положения оптического сенсора в пространстве на основе рассмотренных алгоритмов.

### ***Библиографический список***

1. Кучерский Р.В., Манько С.В. Алгоритмы локальной навигации и картографии для бортовой системы управления автономного мобильного робота // Известия Южного Федерального университета. Технические науки №3. – 2012. – с. 13-22;
2. Azra Fetic, Dinko Osmankovic and Davor Juric The procedure of a camera calibration using Camera Calibration Toolbox for MATLAB, MIPRO 2012, May 21-25, 2012, Opatija, Croatia;
3. Fraundorfer, D. Scaramuzza Visual Odometry Part I: The first 30 years // Robotics & Automation Magazine, 2011. Vol. 18(4). P. 80 – 92;
4. Кухтяева В.Р. Алгоритмы вычисления оптического потока в задаче отслеживания перемещений по монокулярной камере // Естественные и технические науки. – М: «Спутник +». – №12. – 2016. – с. 293-298;
5. Martin A. Fischler and Robert C. Bolles Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography // Comm. Of the ACM 24: 381–395. – 1981;
6. Hartley R., Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision // Cambridge University Press. – 2004. – p. 646.
7. W. Triggs, P. McLauchlan, R. Hartley, and A. Fitzgibbon. Bundle Adjustment: A Modern Synthesis. In Vision Algorithms: Theory and Practice, number 1883 in LNCS, pages 298–373. Springer-Verlag, Corfu, Greece, September 1999.

***Майола П.Я.***

### **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(yannickmayola3@gmail.com)*

Устойчивая тенденция роста стоимости природных ресурсов повышает долю энергетических затрат в себестоимости продукции, а мероприятия, направленные на экономию электроэнергии, обеспечивают значительный экономический эффект. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов затрудняется на тех предприятиях, где средства учета электроэнергии, несмотря на использование автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ), дают неточную картину электропотребления. В этом случае из-за недопустимо высокой погрешности учета целесообразность проводимых мероприятий по экономии электроэнергии в значительной мере теряется, и методы экономии электроэнергии оказываются недостаточно эффективными.

Применение автоматических систем учета и контроля электроэнергии позволяет осуществлять непрерывный контроль за фактическим электропотреблением, а также за его режимами, поддерживать заданную мощность в часы максимума и минимума нагрузки энергосистемы.

Однако, эффективность такой системы может быть достигнута только при обеспечении требуемой точности элементов измерительного тракта. Решение проблемы точности и эффективности учета возможно техническими и математическими методами.

Передовой зарубежный и отечественный опыт показывает, что наиболее перспективным путем совершенствования системы коммерческого учета электроэнергии на оптовом и розничном рынках является автоматизация – создание и внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) с постепенным переходом к полнофункциональной модели Smart Metering как части интеллектуальной электрической сети Smart Grid.

Основными причинами систематической составляющей погрешности являются малая токовая нагрузка счетчиков и трансформаторов тока, сопротивление вторичной цепи трансформатора тока, низкий коэффициент мощности.

Случайная составляющая погрешностей обусловлена множеством причин, различных по своей физической сущности, учесть которые в отдельности практически невозможно.

Поэтому целесообразно разработать метод, позволяющий учитывать суммарное влияние всех возможных причин некорректности учета электропотребления.

Исходя из целей и задач, поставленных перед методом коррекции электропотребления, его физическая сущность должна базироваться на методе наименьших квадратов и зависимостях систематической составляющей погрешности от тока нагрузки, сопротивления вторичной цепи трансформаторов тока, коэффициента мощности.

Метод наименьших квадратов позволяет правильно учесть и откорректировать случайную составляющую погрешности. Систематическая составляющая погрешности будет корректироваться в зависимости от значений эквивалентного тока, угла нагрузки и сопротивлений вторичной цепи трансформаторов тока, по разработанной модели погрешности измерительного тракта.

Сущность метода наименьших квадратов заключается в следующем: сумма квадратов невязки между измеренным и истинным значением электропотребления должна быть минимальной

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot [W_i^*(T) - W_i(T)]^2 \Rightarrow \min \quad (2)$$

где  $n$  – число присоединений структурной единицы;  $P_i$  – весовой коэффициент, зависящий от измеренной доли электропотребления и систематической составляющей погрешности  $W_i(T)^*$  – откорректированное значение электропотребления  $i$ -го присоединения структурной единицы;  $W_i(T)$  – измеренное значение электропотребления  $i$ -той структурной единицы. Уравнение баланса для каждой структурной единицы выглядит следующим образом:

$$W_{\text{пр}}^*(T) - \sum_{i=1}^n W_i(T)^* = 0 \quad (3)$$

где  $W_{\text{пр}}^*(T)$  – откорректированное (достоверное) значение прихода электроэнергии на структурную единицу.

#### **Библиографический список**

1. Ледин СС Игнатичев АВ Развитие промышленных стандартов внутри межсистемного объёма данными интеллектуальных энергетических систем
2. Дорофеев ВВ Макаров АА Активно-адаптивная сеть

**Маиола П.Я.**

### **ОБСЛУЖИВАНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ И ЦЕПЕЙ УЧЁТА В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(yannickmayola3@gmail.com)*

Учёт выработанной и израсходованной электроэнергии является важной частью хозяйственной деятельности любого предприятия. Прежде всего учёт электроэнергии, являющейся промышленной продукцией, необходим для осуществления денежного расчёта между её поставщиками и потребителями (расчётный учёт). Расчётным является также учёт выработанной электроэнергии на электростанциях. Существует также технический учёт электроэнергии, т.е. учёт для контроля расходования электроэнергии внутри предприятия. Для рационального и экономичного потребления энергоресурсов требования к правильной организации и точности учёта электроэнергии все более возрастают.

Для измерения израсходованной или выработанной энергии в сетях переменного тока промышленной частоты обычно применяются счётчики индукционной системы.

В приборах индукционной системы происходит взаимодействие переменных магнитных потоков с токами, индуцированными ими в подвижной части прибора. Электромеханические силы взаимодействия вызывают движение подвижной части.

Счётчик представляет измерительную ваттметровую систему и принадлежит не к показывающим а к интегрирующим (суммирующим) приборам.

По этому угол поворота подвижной части не ограничен и она вращается с частотой вращения пропорциональной значению мощности.

На рисунке 1 показано схематическое устройство однофазного счетчика активной энергии. Основными его узлами являются электромагниты 1 и 2, алюминиевый диск 3, укрепленный на оси 4, опоры оси подпятник 5 и подшипник 6, постоянный магнит 7.

Обмотка электромагнита 1 включена на напряжение сети  $U$ , т.е. параллельно электроприемнику  $H$ ; по этому она называется параллельной обмоткой или обмоткой напряжения. Обмотка электромагнита 2 включена последовательно с электроприемником и через неё протекает полный ток нагрузки  $I$ . В связи с этим она называется последовательной или токовой обмоткой.

Ток  $I_U$ , протекающий по обмотке напряжения 1, создает переменный магнитный поток  $\Phi_{об}$ , часть которого пересекает диск. Значение этого потока пропорционально напряжению сети. Ток протекающий через последовательную обмотку 2 создает переменный магнитный поток  $\Phi_{II}$  также пересекающий диск и замыкающийся через противоположный полюс. Так как магнитопровод имеет U-образную конструкцию, поток  $\Phi_I$  пересекает диск дважды.

Между током и потоком с одной стороны и между током и потоком с другой стороны возникают электро-механические силы взаимодействия, которые и создают вращающий момент.

$$M_{вр} = k_1 \Phi_U \Phi_I \sin \theta \quad (1)$$

$k_1$ -коэффициент пропорциональности

Активная мощность потребляемая однофазным электроприемником, определяется по формуле:

$$P = UI \cos \theta \quad (2)$$

$\theta$ - угол сдвига фаз между током и напряжением

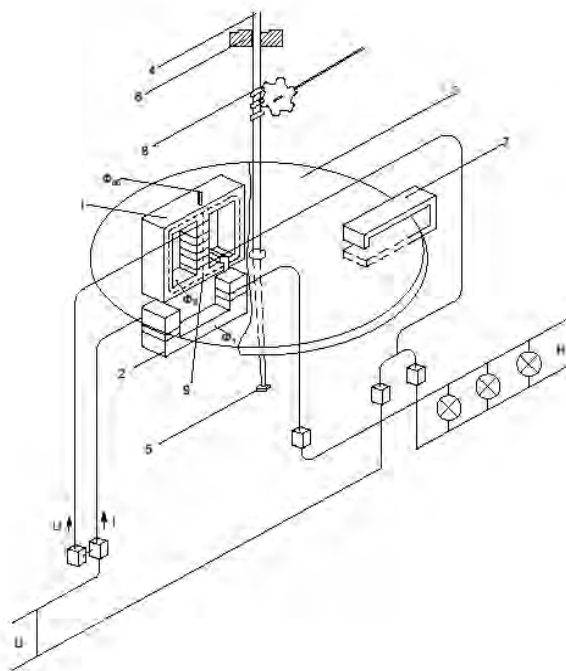


Рис 1

### Библиографический список

1. Андриевский Е.Н. Секционирование и резервирование сельских электросетей

## ВОЗМОЖНОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОБОРУДОВАНИИ

Тамбовский государственный технический университет  
(yannickmayola3@gmail.com)

Устройства, служащие для обеспечения равномерного распределения твердой фазы жидкости, смешения различных жидкостей для получения эмульсии, а также для интенсификации процессов растворения и химических реакций называют смесителями. На предприятиях используют смесительные машины, работающие преимущественно на электроприводах трехфазного переменного тока.

Возникающие при изменении параметров и нагрузки токи, как правило, превышают номинальный уровень. По этой причине выделяющиеся в двигателе и других элементах электропривода потери энергии могут быть весьма значительными и существенно влиять на энергетические показатели его работы. Повышенные потери мощности в двигателе вызывают его дополнительный нагрев. Особенно большое значение определение потерь электроэнергии в переходных процессах имеет для электроприводов, у которых динамический режим является основным. В общем случае потери энергии за время переходного процесса могут быть определены с помощью следующего выражения:

$$\Delta A = \int_0^{t_{nn}} \Delta P dt = \int_0^{t_{nn}} K dt + \int_0^{t_{nn}} V dt = \Delta A_K + \Delta A_V, \quad (1)$$

где  $\Delta A_K$  и  $\Delta A_V$  – потери энергии, обусловленные соответственными постоянными и переменными потерями мощности.

Потери энергии  $\Delta A_K$  легко можно найти в том случае, когда постоянные потери мощности не изменяются за время переходного процесса.

Потери энергии  $\Delta A_V$  можно найти с помощью выражений, определяющих переменные потери мощности через ток и сопротивление.

Определение переменных потерь во многих случаях оказывается затруднительным из-за того, что при этом необходимо знать закон изменения тока двигателя в переходном процессе, а также располагать данными об изменении сопротивления обмоток.

Определять потери энергии в динамических режимах получается удобнее в том случае, если переменные потери мощности выражаются через механические переменные и параметры. Для определения потерь энергии при работе двигателя под нагрузкой можно использовать выражения, в которых необходимо знать, каким образом в переходных процессах изменяется скорость двигателя и момент его нагрузки, то есть надо иметь зависимости  $\omega(t)$  и  $M(t)$ .

Для оценочных расчетов энергетических показателей выполняют упрощенный расчет потерь энергии, то есть считают, что момент двигателя в переходных процессах не изменяется и равен некоторому среднему моменту, при котором продолжительность переходных процессов остается примерно той же самой, что и при реальном изменении момента двигателя. Для снижения потерь электроэнергии в переходных процессах в механизмах уменьшают момент инерции электропривода и регулируют в переходных процессах скорость идеального холостого хода двигателя. Расчеты показывают, что суммарный момент инерции двух двигателей половинной мощности оказывается меньше момента инерции одного двигателя полной мощности. Например, два двигателя типа 4АН200 мощностью по 45 кВт имеют суммарный момент инерции  $2,76 \text{ кгм}^2$ . Двигатель 4АН250 мощностью 90 кВт, рассчитанный на ту же скорость, имеет момент инерции  $3,53 \text{ кгм}^2$ , то есть почти на 30% больше.

Регулирование скорости идеального холостого хода асинхронных двигателей обеспечивается изменением частоты питающего напряжения в системах «преобразователь частоты – АД» или числа пар полюсов в многоскоростном двигателе. Сопоставление показывает, что при ступенчатом пуске происходит снижение потерь электроэнергии в два раза по сравнению с прямым пуском. Таким образом, за счет изменения в динамическом режиме скорости холостого хода  $n$  ступеней регулирования потери энергии в роторе уменьшаются в  $n$  раз. Сокращаются потери в многоскоростном двигателе и при ступенчатом торможении с высокой скорости. Суммарные потери при ступенчатом торможении противовключением также снижаются (на 2 ступени в три раза).

Важным резервом снижения энергопотребления в смесителях является оптимальное управление динамическими режимами с учетом изменяющейся нагрузки. Наиболее экономичным способом является применение регулируемого электропривода. Наиболее экономичным способом является применение регулируемого электропривода.

### Библиографический список

1. Москаленко В.В. Электрический привод.-М.: издательский центр Академия, 2007.-368с.

## **ПРОБЛЕМЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*ГОУ ВПО «Луганский государственный университет им. В. Даля»,  
Луганск, siiig@i.ua*

Для шахтного водоотлива, дегазации, противопожарного трубопровода, сетей сжатого воздуха шахты используют десятки километров металлических труб, которые в агрессивной шахтной среде через 3-5 лет выходят из строя и нуждаются в замене. Стоимость металла многократно возросла, что ведет к увеличению стоимости угля и снижению эффективности деятельности шахт.

В тоже время имеется ряд разработок и предложений по использованию в качестве материала трубопроводов и элементов крепи полимерных композитов - пластиков, имеющих достаточную прочность, соизмеримую с прочностью металла, не подверженных воздействию агрессивных сред и допускающих многократное использование ряда изделий [1]. Срок службы трубопроводов из стеклопластика по сравнению с имеющимися аналогами увеличивается в 2-3 раза. Поэтому работы по замене дефицитных материалов (дерева, металла) на изделия из полимерных композитов являются актуальными для угольной промышленности [2].

В работе дана оценка состоянию и перспективам внедрения изделий из полимерных композитов в отечественной угольной и горнодобывающей промышленности.

Луганский государственный университет им. В.Даля имеет многолетний опыт работы в области создания изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе по проектированию, разработке технологии, производству и испытанию различных шахтных конструкций из ПКМ [3, 4].

В ЛГУ им. В. Даля разработаны, изготовлены и прошли различные испытания:

1. Шахтные стеклопластиковые трубы с фланцами стаканного типа для трубопроводов сжатого воздуха и шахтной воды на давление до 3 МПа, которые успешно прошли опытные испытания на шахте «Обуховская-Западная» комбината «Ростовшахтострой» в магистральном трубопроводе сжатого воздуха.

2. Шахтные вентиляционные стеклопластиковые трубы диаметром 600-1200 мм для проветривания капитальных горных выработок, включая вертикальные стволы. Успешные опытно-промышленные испытания прошли в стволе шахты «Суходольская-Восточная» треста «Луганск-шахтопроходка».

3. Шахтные стеклопластиковые проводники коробчатого поперечного сечения, предназначенные для армировки вертикальных шахтных стволов в агрессивных условиях, прошедшие лабораторные испытания.

4. По материалам шахтных стеклопластиковых труб имеются заключения МакНИИ и ВНИИГП об их неэлектризуемости и негорючести, что делает их безопасными для применения в шахтах, опасных по газу и пыли.

5. Противопожарное шахтное оборудование - огнетушители и модули импульсные порошковые для тушения локального очага пожара.

6. Ведутся конструкторские разработки по переходу аппарата ШСМ-30 на баллон со сжатым воздухом, что даст при тех же габаритах аппарата увеличение срока действия до 1 часа.

В настоящее время на имеющихся мощностях опытного производства возможно изготовление экспериментальных образцов изделий, проведение стендовых и лабораторных исследований, отработка различных вариантов конструкций и подбор компонентов для материала изделий, производство опытных партий для всесторонней проверки их в шахтных условиях.

### ***Библиографический список***

1. СНиП II-94-80 «Подземные горные выработки предприятий по добыче полезных ископаемых, нормы проектирования». - М., 1980.
2. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. - М., «Недра». 1973. – 211 с..
3. Дмитриев О.С., Малков И.В. Влияние режимов термообработки на геометрические и механические характеристики углепластиковых трубчатых элементов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 3. – С. 427-438.
4. Дмитриев О.С., Малков И.В., Сыровой Г.В. Моделирование процесса и расчет режима термообработки намотанных трубчатых элементов из углепластика // В сб.: Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Материалы VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции. Тамбов, 27-28 октября 2016 г., 2016. – С. 335-337.

## **ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БАЛЛОНЫ ДАВЛЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*ГОУ ВПО «Луганский государственный университет им. В. Даля»,  
Луганск, [siiig@i.ua](mailto:siiig@i.ua)*

Значительный вклад в техническую подготовку различных производств изделий из композиционных материалов внесли ученые Луганского государственного университета им. В. Даля [1-3]. На протяжении длительного периода ведутся совместные работы с ЦНИИСМ, г. Хотьково, НПО «Звезда», г. Томилино, электро-механическим заводом, г. Котлас, ГосККБ «Луч», г. Киев, заводом горноспасательной техники «Горизонт», г. Луганск и др.

Наиболее весомые результаты были достигнуты в подготовке производства композитных оболочек и баллонов высокого давления. В работе представлен краткий обзор достигнутых результатов и обоснованы направления дальнейших исследований.

1. Оболочки высокого давления, используемые как корпус твердотопливного двигателя ракет и корпус огнетушителя. Сущность работ заключалась в увеличении несущей способности оболочки за счет повышения реализуемой конструкционной прочности армирующего материала (АМ).

Проведены экспериментальные исследования по определению влияния структурно-технологических параметров намотки на прочность оболочек давления, полученных спирально-кольцевой намоткой АМ. Разработаны и изготовлены узлы намоточного оборудования и пропиточно-формующих трактов намоточных станков, обеспечивающих равномерное натяжение нитей в ленте, позволивших повысить конструкционную прочность АМ на 20% и успешно внедренных в производство.

2. Металлопластиковые баллоны высокого давления. Конверсия оборонной промышленности подтолкнула к использованию опыта намотки АМ для проектирования и изготовления конструкций легких металлопластиковых баллонов, состоящих из тонкостенной герметичной оболочки (лейнера) и композитного слоя на полимерном связующем, изготавливаемых спирально-кольцевой намоткой АМ. Баллоны высокого давления широко применяются в различных технических системах (газотопливном оборудовании транспортных средств, средствах спасения, системах функционирования и жизнеобеспечения человека в непригодной для дыхания среде). На основе проведенных исследований и реализации методов оптимального проектирования металлокомпозитных баллонов удалось снизить массу изделий в 1,5 - 2,5 раза по сравнению с металлическими баллонами.

3. Композитный баллон с пластиковым лейнером. Для устранения коррозионных последствий, снижения массы и стоимости была разработана конструкция баллона с пластиковым лейнером, оснастка и технология производства лейнера и композитного баллона в целом. Баллоны прошли полный цикл испытаний согласно требованиям, изложенным в нормативной документации, и были сертифицированы в системе УкрСЕПРО и Российского морского регистра.

Дальнейшее развитие оболочек и баллонов высокого давления возможно на основе наномодифицированного полимерного материала. В настоящее время проводятся экспериментальные исследования баллонов высокого давления с использованием наномодифицированного полимерного материала. Проводится отработка механизма наномодифицирования полимерного материала, испытания на влагостойкость и прочность. Первые данные показали, что при использовании от 0,5 до 1% нанодобавок (аэросил, шунгит, алмазографит) прочность композита возрастает на 15-20% [4].

### ***Библиографический список***

1. Сироткин О.С. Формообразование намоткой корпусных конструкций ЛА сложной формы из композиционных материалов / О.С. Сироткин, В.С. Боголюбов, И.В. Малков, Г.В. Сыровой // *Авиационная промышленность*. 2016. № 4. – С. 29-35.
2. Дмитриев О.С., Малков И.В. Влияние режимов термообработки на геометрические и механические характеристики углепластиковых трубчатых элементов // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2016. Т. 22. № 3. – С. 427-438.
3. Дмитриев О.С., Малков И.В., Сыровой Г.В. Моделирование процесса и расчет режима термообработки намотанных трубчатых элементов из углепластика // В сб.: *Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Материалы VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции*. Тамбов, 27-28 октября 2016 г., 2016. – С. 335-337.
4. Малков И.В., Макухин А.Г., Сыровой Г.В. Механизм модификации наночастицами полимерных композитов на основе эпоксидной матрицы // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2016. Т. 22. № 1. – С. 98-107.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Тамбовский государственный технический университет,  
(e-mail: mambafernand@gmail.com)

В работе [1] автором рассмотрены вопросы, связанные постановкой задачи поддержки принятия решений при проектировании технологических процессов производства изделий из металлов с использованием соответствующих математических моделей.

В настоящей работе представлены результаты использования программного обеспечения, реализующего методику решения задачи.

Рассмотрим процесс принятия решения на примере шестерни с категорией значимости - «ответственная», весом 6 кг, геометрическими размерами: (диаметр наружный 200мм, диаметр внутренний 400мм, толщина 40мм) и серийностью производства 10 000 штук в месяц – серийное получаем: класс деталей – диски; группа деталей – средние; способ получения заготовки – литьё, прокат и ковка с соответствующими группами сложности – 3, 1 и 1. Группа сложности 3 означает более трудоемкий процесс получения заготовки по сравнению с 1.

Для каждого допустимого способа получения заготовки формируем множество материалов (марок сталей), допустимых для изготовления заготовки, а именно: исходя из заданных условий эксплуатации  $U^d \in U$  получаем набор механических свойств  $Xm^d$  (предел прочности  $\sigma_a$ , относительное удлинение  $\delta$ , относительное сужение  $\psi$ , предел текучести при растяжении  $\sigma_T$  и т.д.) и возможные виды ХТО -  $Tu^d$ . Из марочника сталей находим такой набор прочностных характеристик, для которого выполняется условие  $Xu \geq Xu^d$ , при этом формируется промежуточное множество марок сталей  $M_1$ . По технологическим свойствам  $Ts$  (жидкотекучесть, пластичность и т.д.) каждой марки стали и ее механическим свойствам этого промежуточного множества  $M_1$  создаем множество способов получения заготовок  $P_{z1}$ .

Например, шестерня работает при пониженных температурах – (минус 20°C); нагрузка статическая  $\sigma_a = 800$  МПа; среда – атмосфера.

Для данных условий эксплуатации определяем перечень механических свойств и рекомендованные виды химико-термической обработки (ХТО):

$$\begin{aligned}\sigma_{-1} &= 0,29 \cdot \sigma_a + 7,92 & \sigma_{-1} &= 311 \text{ МПа;} \\ \sigma_{-1} &= 0,138 \cdot (\sigma_a + \sigma_T) + 20,5 & \sigma_T &= 1100 \text{ МПа;} \\ \sigma_{-1} &= -0,5 \cdot \delta + 44,6 & \delta &= 6,4 \% ; \\ \sigma_{-1} &= -0,234 \cdot \psi + 65,6 & \psi &= 2,2 \% ;\end{aligned}$$

и ХТО - Цементация, Азотирование, Нитроцементация.

Далее из марочника стали находим, например, сталь Х12М ГОСТ 4543-71 с термообработкой – улучшением, механические характеристики которой выше требуемых значений. При этом заготовку для данной марки стали можно получить из проката.

По рекомендуемым видам ХТО из марочника стали выбираем следующие марки сталей: 18ХГТ и 20Х (Цементация), 40Х и 40ХМ (Азотирование), 25ХГМ и 30ХГТ (Нитроцементация).

18ХГТ, 40Х, 30ХГТ – способ получения заготовки: прокат, ковка;

40ХМ, 25ХГМ – способ получения заготовки: прокат;

20Х – способ получения заготовки: прокат, ковка, литье.

**Библиографический список**

1. Мамба Ва Мамба Фернанд. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах Тезисы докладов 3-ей Международной конференции с элементами научной школы. 2016. С. 152-154.
2. Малыгин, Е.Н. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем. / Е.Н. Малыгин, Немтинов, Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Вестник Тамбовского государственного Технического Университета. 2002. Т.7. №2. С.242.



3. Мокрозуб, В.Г. Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах. / В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, С.Я. Егоров // информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. №3. С.68-73.
4. Мокрозуб, В.Г. Применение n-ориентированных гиперграфов и реляционных баз данных для структурного и параметрического синтеза технических систем. / В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, А.С. Мордвин, А.А. Илясов // Прикладная информатика. -2010. №4 (28). -С.115-122.

**Мамба Ва Мамба Ф.**

## ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

Основу подхода к построению автоматизированной информационной системы (АИС) поддержки принятия решений для проектирования технологических процессов (ТП) производственных технических систем (ПТС) составляет реализация возможности представления всей совокупности решаемых задач с позиций теории иерархических систем на всех этапах принятия конструкторско-технологических решений и их комплексной оценки [1-5].

Комплекс особо значимых задач, решаемых АИС, при проектировании ТП технической системы на примере производства изделий из металлов представлен в виде иерархической структуры (рис.1).

Используя терминологию теории систем, систему автоматизированного проектирования ТП машиностроительного производства можно представить как отношение на декартовом произведении множеств:

$Pr$  - множество решений задачи проектирования ТП производства изделий из металлов;  $M_v, M_m, M_u$  - множества управляющих сигналов для процесса конструирования в задачах.

$D_v, D_m, D_u, W_v, W_m, W_u, P_v, P_m, P_u$  - множества информационных сигналов о решении локальных задач.

$\Gamma_v, \Gamma_m, \Gamma_u, L_v, L_m, L_u$  - множества координирующих сигналов для локальных задач нижестоящих уровней.

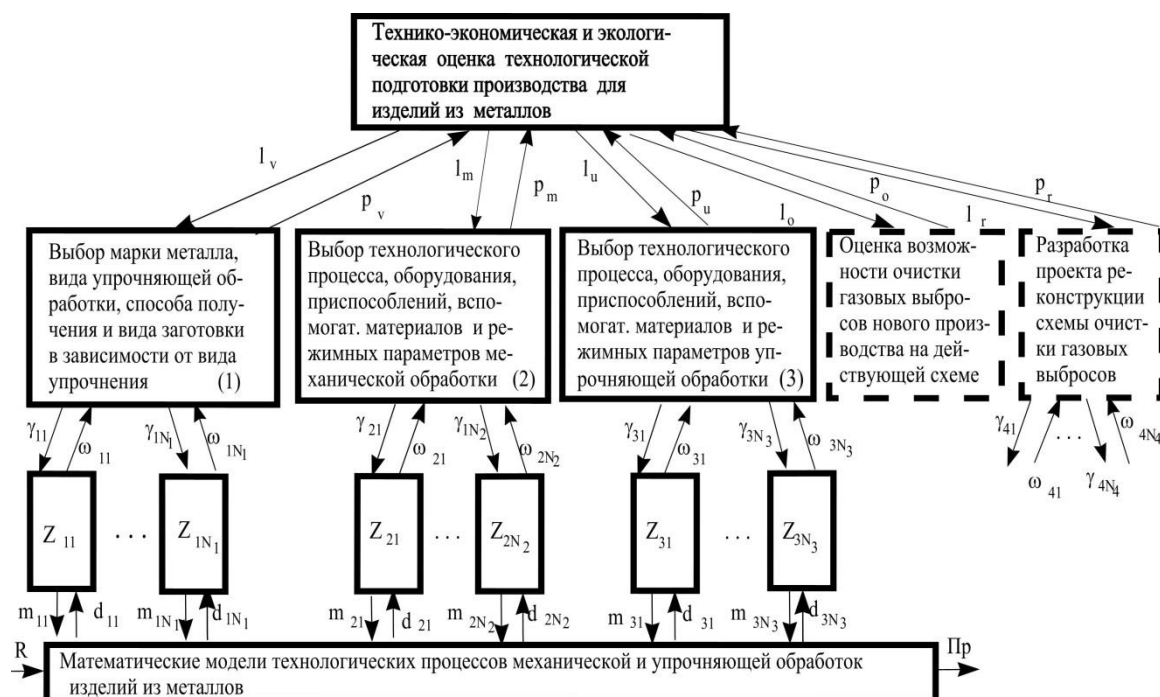


Рис. 1 Структурная схема подзадач, решаемых АИС, при проектировании ТП производства изделий из металлов

### **Библиографический список**

1. Немтинов В.А., Егоров С.Я., Пахомов П.И. Применение теории нечетких множеств и экспертных систем при автоматизированном выборе элемента технической системы. // Информационные технологии. 2009. № 10. С. 34-38.
2. Малыгин Е.Н., Немтинов В.А., Зимнухова Ж.Е., Немтинова Ю.В. // Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2002. Т. 7. № 2. С. 242-245.
3. Немтинов В.А., Немтинова Ю.В. Использование системы моделирования динамических процессов для оперативного управления промышленным производством. // Химическая промышленность сегодня. 2007. № 7. С. 43-48.
4. Малыгин Е.Н., Немтинов В.А., Зимнухова Ж.Е., Немтинова Ю.В. Автоматизированный синтез экологически безопасных процессов химико-термической обработки изделий из металлов. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2002. Т. 8. № 3. С. 518-524.
5. Зимнухова Ж.Е., Немтинов В.А. О подходе к построению автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования процессов производства изделий из металлов. // Информационные технологии. 2008. № 9. С. 29-34.

**Махнев Ю.В., Трофимов А.Т.**

### **МЕТОД КАЛИБРОВКИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА**

*Акционерное общество "Научно-исследовательский институт "Атолл"  
Государственный университет "Дубна"  
(vipkozlice@yandex.ru, att44@mail.ru)*

Доклад посвящен построению оптимальных алгоритмов обработки гидроакустических сигналов. Сложность обработки обусловлена многомодовой структурой сигнала, зависящей от многих параметров. Существующие методы калибровки используют импульсные сигналы пневмопушки, что приводит к существенным затратам и отсутствию учета движения объекта. Более привлекательным, является метод калибровки волновода по шумовым сигналам судоходства. В докладе рассмотрен метод калибровки для линейных гидроакустических антенн (длиной до 2 км) в низкочастотной области в широкой полосе частот (до 200 Гц). Глубина волновода от 200 до 300 м.

Каждая мода представляет собой шумовой сигнал от объекта с различными задержками. В дальнейшем будем представлять задержку через фазовую скорость распространения волны. Для оптимальной обработки необходимо определить количество мод и их фазовые скорости.

Интерференция мод на некоторой частоте проявляется в виде амплитудной модуляции шумового сигнала [1]. Такие амплитудно-модулированные сигналы видно при записи пространственной волны вдоль оси антенны. Получить пространственную волну на некоторой частоте можно, взяв ДПФ сигналов с каждого приёмника на частотном отсчете (2).

$$S(n) = A \cdot \sin(\omega \cdot t - k \cdot r_n) \leftrightarrow A \cdot \exp(-j \cdot k \cdot r_n), \quad (1)$$

где  $S$  – пространственная волна,  $A$  – амплитуда,  $t$  – время,  $j$  – мнимая единица,  $r_n$  – расстояние от  $n$  приёмника до фронта волны,  $\omega = 2\pi F$ , где  $F$  – частота,  $k = \omega/c$  – волновое число, где  $c$  – скорость звука в воде.

Полученный сигнал является частью бегущей волны вдоль оси антенны. Записав бегущую волну, можно говорить о синтезе апертуры антенны 20-40 км, имея реальную антенну длиной 2 км.

Физический смысл фазовой скорости моды на  $k$ -ом отсчете частоты это количество длин волн, укладываемых на длине антенны. Взяв ДПФ над пространственной волной мы получаем распределение фазовых скоростей. Пересчитать отсчеты ДПФ в фазовые скорости можно по формуле (3).

$$C_k = \frac{F \cdot L}{k}, \quad (2)$$

где  $C$  – фазовая скорость,  $F$  – частота сигнала,  $L$  – длина антенны,  $k$  – отсчеты ДПФ.

Была проведена апробация данного метода оценки фазовых скоростей на реальных экспериментальных данных. Корабль с GPS на борту проходил на расстоянии ~20 км от антенны в течение 5 часов (150 реализаций сигналов). Результаты обработки представлены на рис. 1.

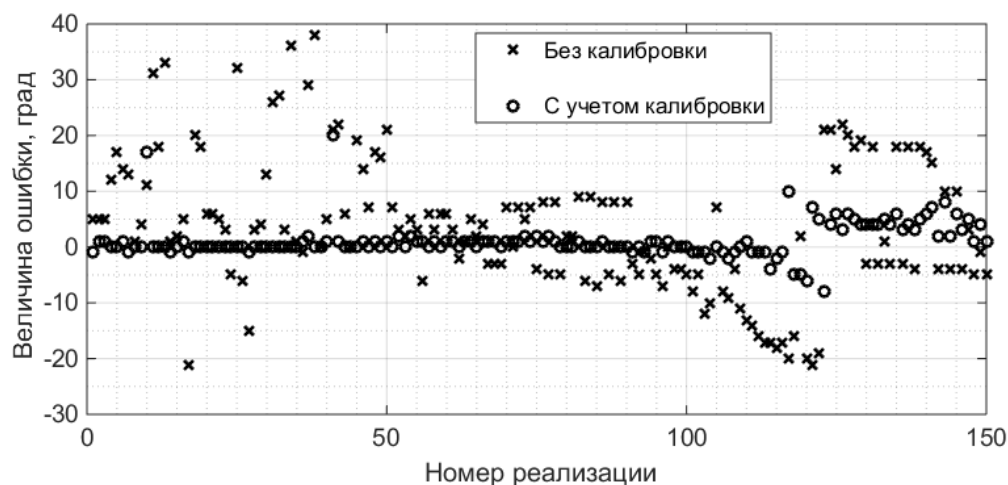


Рис. 1 Сравнение результатов определения пеленга на морской объект разных алгоритмов обработки.

Величина математического ожидания ошибок и СКО оценок пеленга представлены в таблице 1.

Таблица 1. Оценка эффективности алгоритмов первичной обработки

|                              | Без калибровки | С калибровкой |
|------------------------------|----------------|---------------|
| Мат. ожидание ошибок пеленга | 3,73 град.     | 1,17 град.    |
| СКО                          | 12,25 град.    | 3,18 град.    |

Результаты показали, что калибровка волновода уменьшила ошибку определения пеленга более чем в 3 раза.

#### **Библиографический список**

1. Махнев, Ю. В. Анализ пространственно-временных характеристик низкочастотных гидроакустических сигналов в мелком море / Ю.В. Махнев, А.Т. Трофимов // Труды XIII Всероссийской конференции "Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики": сб. науч. работ. - Санкт-Петербург, 2016. - С. 376-378.

**Мещеряков В.Н., Ласточкин Д.В.**

#### **ЧАСТОТНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С РЕЛЕЙНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

*Липецкий государственный технический университет  
(mesherek@stu.lipetsk.ru)*

Принцип частотного управления в асинхронном электроприводе может быть реализован с помощью системы, в которой управление напряжением статора осуществляется путем построения замкнутых контуров с регуляторами фазных напряжений. Анализ существующих разработок [1,2,3] показал, что наилучшую форму выходного напряжения, максимально приближенную к синусоидальной, обеспечивает автономный инвертор тока (АИТ) на базе запираемых ключевых элементов, например IGBT-транзисторов или ГТО-тиристоры, с внутренним контуром регулирования напряжения и релейным регулятором напряжения. Функциональная схема электропривода показана на рис.1.

В инверторе тока с релейным регулятором напряжения (РРН) на входе регулятора имеется узел сравнения, на котором определяется разность синусоидального сигнала задания и сигнала обратной связи

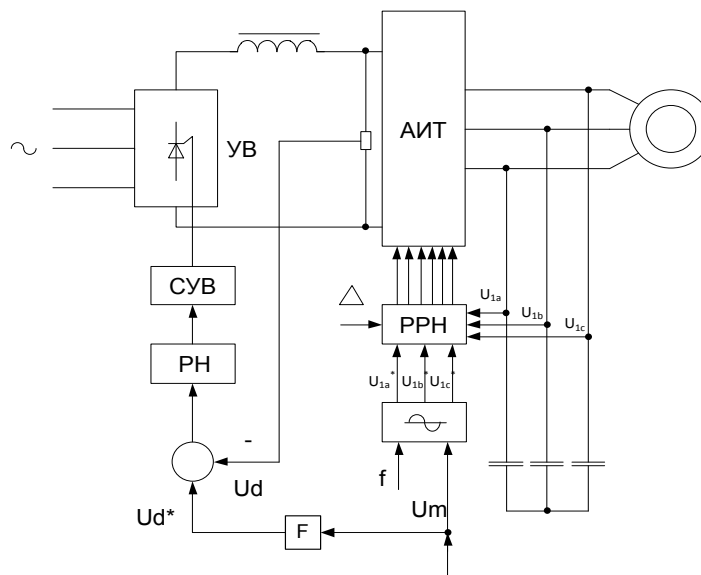


Рис.1. Функциональная схема частотного асинхронного электропривода с релейными регуляторами фазных напряжений

$$\begin{cases} \Delta u_{1A} = u_{1A}^* - u_{1A} \\ \Delta u_{1B} = u_{1B}^* - u_{1B} \\ \Delta u_{1C} = u_{1C}^* - u_{1C} \end{cases}$$

Сигналы рассогласования поступают на входы блоков гистерезиса, работающих в соответствии с алгоритмом:

$$\begin{cases} \text{если } \Delta u_1 \leq -\Delta/2, & \text{на выходе активное состояние (0);} \\ \text{если } \Delta u_1 \geq \Delta/2, & \text{на выходе активное состояние (1),} \end{cases}$$

где  $\Delta$  - модуль гистерезиса, устанавливаемый из условия заданной точности поддержания мгновенных значений напряжения статора.

$$\Delta = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{1H} \cdot \gamma}{100},$$

где  $U_{1H}$  - действующее значение номинального напряжения статора;  $\gamma$  - коэффициент, определяющий закон частотного регулирования напряжения.

Очередной ключевой элемент АИТ коммутируется, если разность сигналов задания и обратной связи превышает допустимое значение.

Данный принцип управления обеспечивает формирование напряжения питания обмотки статора с заданным уровнем высших гармонических составляющих. При возрастании частоты коммутации ключевых элементов инвертора до 5-6 кГц достигается высокое качество напряжения питания статора двигателя, отклонение от огибающей первой гармоники напряжения не превышает 10%.

#### Библиографический список

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272с.
2. Мещеряков В.Н. Применение беспоисковой адаптивной системы для управления электроприводом с вентильным двигателем / В.Н. Мещеряков, В.Г. Карантаев // Электромеханические комплексы и системы управления. – 2006. – №2. – С. 38-40.

3. Мещеряков В.Н., Анализ систем управления электроприводом на базе автономного инвертора тока с релейными регуляторами тока и релейными регуляторами напряжения со сглаживающим емкостным фильтром / В.Н. Мещеряков, А.С. Абросимов // Электротехнические комплексы и системы управления 2011. №3. С.64-68.

*Мещеряков В.Н. Сибирцев Д.С.*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

*Липецкий государственный технический университет  
(mesherek@stu.lipetsk.ru, sibirtsevd@gmail.com)*

Широкое использование регулируемых электроприводов привело к тому, что современный электропривод является не только энергосиловой основой, позволяющей обеспечить производственные механизмы необходимой механической энергией, но и средством управления технологическими процессами [1]. Из-за увеличения стоимости электроэнергии и ограниченной мощности генерирующих установок проблема экономии электроэнергии, в том числе снижения электропотребления, имеет большую актуальность. Широкое применение частотно-регулируемых асинхронных приводов позволяет решать проблемы энергосбережения.

Для оценки энергоэффективности работы частотного асинхронного электропривода примем такой критерий как максимум отношения «момент / ток статора» при заданных значениях угловой скорости вращения ротора и статического момента на валу двигателя, так как при этом требуемая производительность электропривода обеспечивается при минимальном потреблении электрической энергии из питающей сети. Этот энергосберегающий режим достигается при оптимальном значении разности угловых скоростей поля статора и ротора, определяющей величину скольжения асинхронного двигателя [2]. Этой переменной можно управлять с высоким быстродействием, корректируя с помощью системы управления сигнал задания на частоту тока статора, поскольку темп изменения скорости ротора определяется механической инерцией привода. Величина ЭДС в обмотках двигателя зависит от величины магнитного потока и разности частот вращения между полем статора и ротором. Быстрое изменение частоты напряжения статора приводит, из-за инерционности механической части ротора, к изменению разности частот вращения между полем статора и ротором [3]. Это позволяет также влиять на величину и положение векторов токов двигателя в выбранной пространственной системе координат. Коррекция динамических свойств систем электропривода переменного тока может осуществляться путем воздействия на переменные: амплитуду, частоту вращения моментобразующих векторных переменных, а также путем изменения угла фазового сдвига между этими векторами. Метод внесения дополнительного фазового сдвига является перспективным для повышения устойчивости системы электропривода. Для этого в системе управления, содержащей блок задания синусоидальных фазных токов, на первый вход которого поступает сигнал задания на амплитуду, а на второй – сигнал частоты задаваемых синусоидальных фазных токов статора, необходимо предусмотреть корректирующий сигнал, сдвигающий синусоидальный сигнал задания мгновенных значений фазных токов статора на корректирующий угол. Соответственно на такой же угол будет сдвигаться обобщенный вектор тока, рассматриваемый в декартовой системе координат. Выполненные аналитические исследования показали, что оптимальный угол между векторами тока статора и потокосцепления ротора  $\varphi$  должен быть равен  $45^\circ$ .

Поскольку между углом  $\varphi$  и абсолютным отклонением угловой скорости ротора  $\Delta\omega$  имеется функциональная зависимость, то на основании системы контроля над углом  $\varphi$  можно построить систему оптимального управления асинхронным двигателем.

### **Библиографический список**

1. Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И. Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. – М.: Академия, 2004. – 256 с.
2. Мещеряков, В. Н. регулируемого асинхронного электропривода для подъемно-транспортных механизмов: монография / В. Н. Мещеряков. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2005. – 112 с.
3. Мещеряков, В. Н. Системы электропривода переменного тока с частотно-токовым релейным управлением: монография / В. Н. Мещеряков. – Липецк: Изд-во ЛФ-МИКТ, 2011. – 104 с.

**ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ**

Тамбовский государственный технический университет  
(crems@crems.jesby.tstu.ru)

Важным и достаточно трудоемким этапом разработки систем энергосберегающего управления (СЭУ) является получение математических моделей динамики объектов управления. Наибольшие трудности возникают при моделировании многомерных технологических объектов, имеющих множество взаимосвязанных входных и выходных переменных. Одним из возможных вариантов, являются «многостадийные» математические модели, представляющие собой системы обыкновенных дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, успешно применяемые на практике при построении СЭУ [1-4].

В ряде случаев при получении модели динамики многомерного объекта некоторые взаимодействия входных и выходных переменных можно рассматривать как возмущающие воздействия. При таком рассмотрении объект условно разделяется на несколько зон, в каждой из которых выделяются фазовые координаты и управляющие воздействия, характерные только для этой зоны, а взаимные влияния зон друг на друга рассматриваются как возмущения (рис. 1).

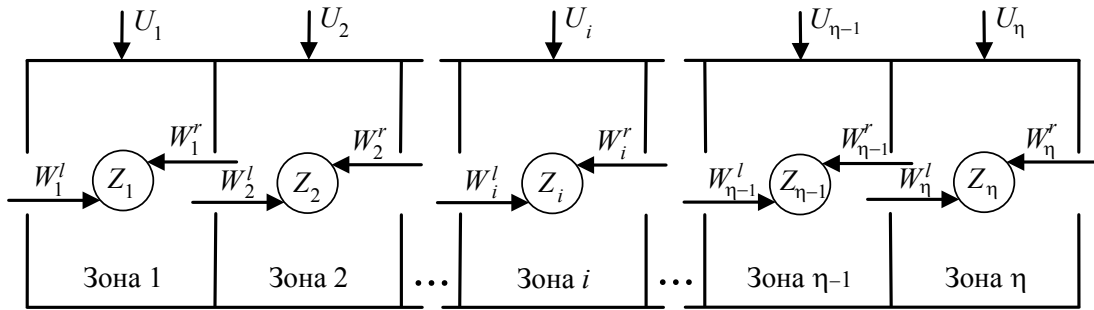


Рис. 1 – Упрощенная схема  $\eta$ -зонного многомерного объекта

На рис. 1 используются следующие обозначения:  $Z_i, U_i, i = \overline{1, \eta}$  – векторы фазовых координат и управляющих воздействий  $i$ -й зоны;  $W_i^l, W_i^r$  – возмущающие воздействия со стороны соседних зон.

Математическая модель  $i$ -ой зоны  $M_i$  представляется в виде:

$$\dot{Z}_i = \begin{cases} A_{i,1}Z_{i,1}(t) + B_{i,1}U_{i,1}(t) + C_{i,1}^l W_{i,1}^l(t) + C_{i,1}^r W_{i,1}^r(t), & Z_{i,1} \in [Z_{i,1}^0, Z_{i,1}^k]; \\ A_{i,2}Z_{i,2}(t) + B_{i,2}U_{i,2}(t) + C_{i,2}^l W_{i,2}^l(t) + C_{i,2}^r W_{i,2}^r(t), & Z_{i,2} \in [Z_{i,2}^0, Z_{i,2}^k]; \\ \dots & \dots \\ A_{i,S_i}Z_{i,S_i}(t) + B_{i,S_i}U_{i,S_i}(t) + C_{i,S_i}^l W_{i,S_i}^l(t) + C_{i,S_i}^r W_{i,S_i}^r(t), & Z_{i,S_i} \in [Z_{i,S_i}^0, Z_{i,S_i}^k], \end{cases}$$

где  $A_{i,j}, B_{i,j}, C_{i,j}^l, C_{i,j}^r, i = \overline{1, \eta}, j = \overline{1, S_i}$  – матрицы параметров для  $j$ -й стадии  $i$ -й зоны;  $Z_{i,j}^0, Z_{i,j}^k$  – границы  $j$ -й стадии  $i$ -й зоны;  $S_i$  – количество стадий в модели  $i$ -й зоны. Векторы, характеризующие взаимное влияние соседних зон объекта друг на друга  $W_{i,j}^l(t), W_{i,j}^r(t)$  можно рассматривать или как случайные величины или, в ряде случаев, как некоторые функции от значений фазовых координат соседних зон.

Модели отдельных стадий могут быть представлены в виде известных (базовых) моделей динамики таких как: апериодическое звено, двойной интегратор и т.д. При выборе количества стадий  $S_i$  в моделях зон, необходимо учитывать, что большое количество стадий  $S_i$  может существенно усложнить этап решения задач анализа и синтеза оптимального управления. При этом, как правило, если выбрать  $S_i \leq 3$  и использовать модели стадий в виде базовых моделей динамики, то возможно достичь высокого быстродействия СЭУ.

Важным этапом моделирования объекта является оценка адекватности полученной модели. При этом понятие адекватности модели для использования в ЗЭУ рассматривается не только с точки зрения точности. Помимо этого, адекватная модель должна иметь допустимые характеристики быстродействия и компактности для реализации алгоритмов синтеза управляющих воздействий в реальном масштабе времени.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

### ***Библиографический список***

1. Муромцев, Д.Ю. Энергосберегающее управление сложными объектами / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – №11. – С. 24-27.
2. Артемова, С.В. Система энергосберегающего управления процессами нагрева энергоемких объектов / С.В. Артемова, Н.Г. Чернышов // Автоматика и вычислительная техника. – 2001. – №3. – С. 23-33.
3. Белоусов, О.А. Конструирование интеллектуальных микропроцессорных систем энергосберегающего управления динамическими объектами / О.А. Белоусов, Ю.Т. Зырянов, А.В. Петров // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – №3. – С. 15-21.
4. Артемова, С.В. Система робастного энергосберегающего управления процессами нагрева / С.В. Артемова, А.Н. Грибков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – №5. – С. 31-34.

***Муромцев Д.Ю., Грибков А.Н., Коток А.Ю.***

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ПРИ НАЛИЧИИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(crems@crems.jesby.tstu.ru)*

Решение задачи энергосберегающего управления (ЗЭУ) многомерным объектом, а, следовательно, и успешное достижение цели управления в общем случае определяется рядом факторов, к которым можно отнести: наличие ограничений на управляющие воздействия и временной интервал управления, а также интенсивность и характер влияния возмущающих воздействий. Возмущающие воздействия могут оказывать существенное влияние на систему управления и приводить к отрицательным эффектам в поведении управляемых объектов, поэтому их необходимо учитывать на ранних этапах проектирования систем энергосберегающего управления, в частности, на этапе анализа ЗЭУ.

При проектировании систем энергосберегающего управления, большое внимание уделяется вопросам анализа и снижения негативного влияния случайных возмущений, действующих в каналах управления и измерения. Особенно актуальна данная задача применительно к системам управления многомерными объектами, поскольку они содержат множество управляемых и измеряемых величин.

Для снижения влияния случайных возмущений на работу систем энергосберегающего управления, применяются специальные алгоритмы синтеза оптимальных управляющих воздействий [1], однако и на этапе анализа ЗЭУ очень важно учитывать влияние возмущающих воздействий, поскольку на данном этапе принципиально важным является ответ на вопрос: существует ли решение задачи при наличии возмущений определенной интенсивности?

Для ответа на этот вопрос применяется аналитико-графический метод исследования области существования решения ЗЭУ [2], который можно представить в виде последовательности этапов, показанных на рис. 1. Практическая значимость этого метода заключается в том, что он позволяет непосредственно по значениям компонентов массива исходных данных проверить возможность существования решения ЗЭУ без определения видов и параметров функций оптимального управления.

По результатам анализа ЗЭУ для конкретного объекта, можно сформулировать требования к алгоритмическому обеспечению системы энергосберегающего управления, касающиеся необходимости применения алгоритмов синтеза оптимальных управляющих воздействий, позволяющих снизить негативное влияние возмущающих воздействий и повысить вероятность достижения цели управления.



Рис. 1 – Основные этапы метода исследования области существования решения ЗЭУ при наличии случайных возмущений

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

#### **Библиографический список**

1. Муромцев, Ю.Л. Энергосберегающее управление в условиях помех / Ю.Л. Муромцев, С.В. Артемова, А.Н. Грибков // Энергосбережение – теория и практика. Труды первой Всероссийской школы-семинара молодых ученых и специалистов. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – С. 49-53.
2. Метод исследования области существования решения задачи оптимального управления при наличии случайных возмущений / А.Н. Грибков, С.В. Артемова, И.А. Куркин, П.А. Подхвятилин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т.18. – №2. – С. 345-349.

**Мычка С.Ю., Шаталов М.А.**

#### **ОБОСНОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОЙ ПОЛИТИКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

*Воронежский экономико-правовой институт  
(nauka-vepi@yandex.ru)*

Одним из важнейших элементов формирования политики энергосбережения на государственном уровне является повышение энергетической эффективности в региональном разрезе, а также, являясь связующим звеном, планирование энергоэффективности объединяет территориальные и отраслевые вопросы управления в сфере энергетической эффективности [3]. Удельный вес энергоэффективности, а также его увеличение, зависит от степени разработанности и ограниченности целевых программ на уровне региона. Российская Федерация – огромная страна, поэтому здесь существует разрозненная ситуация в области энергоэффективности и энергосбережения, даже в географически соседствующих регионах, т.к. российские регионы различны между собой, как в количественных, так и в качественных показателях.

Сегодня современный город нельзя представить без развитых систем электро- и теплоснабжения. Основной особенностью отрасли можно выделить тождественность во времени процесса производства и потребления энергетической продукции [2]. Конечно же, ни электрическую, ни тепловую энергию невозможно складировать или запасать. Энергетические системы должны выдавать столько энергии и мощности, сколько требуется в данный момент. Отпуск тепло- и электроэнергии осуществляется на основании графика загрузки оборудо-



вания, т.к. спрос на электроэнергию неравномерен в течение дня, а на теплоэнергию – при изменении температуры воздуха. Следовательно, энергоэффективность, в основном, зависит от режима энергопотребления.

Естественно, для реализации мероприятий по повышению энергоэффективности в разнообразных типах программ применяют различные инструментари и механизмы стимулирования.

По данным проанализированной нормативной документации субъектов России можно выделить более 30 способов применения повышения энергетического сбережения, объединив их по следующим категориям [1]:

- методы информационной и методической поддержки, пропаганда энергосбережения, подготовка кадров;
- методы финансовой поддержки и стимулирования, налоговые льготы;
- методы тарифного регулирования;
- методы организационной и административной поддержки.

Одним из важнейших инструментов энергоэффективности выделим внедрение механизмов энергонедежмента:

1. Совершенствование отечественной системы стандартизации, ужесточение требований для аккредитованных и сертификационных органов, гармонизация принимаемых национальных стандартов на основе международных;

2. Информационная и образовательная поддержка организаций при внедрении стандартов энергонедежмента;

3. Реформирование системы договоров на энергоснабжение и т.д.

Таким образом, можно сказать, что анализ мероприятий по энергетическому сбережению в регионах показывает уровень образованности в сфере энергосбережения ниже среднего, как сотрудников органов исполнительной власти, так и органов местного самоуправления. Поэтому для эффективной реализации программ энергоэффективности на региональном уровне необходимо наличие высококвалифицированных специалистов в данной области. Ведение регулярной пропаганды по существующему вопросу – еще один приоритетный момент в увеличении энергоэффективности региона. Нельзя не отметить, что существующие в настоящий момент программы регионального развития энергетической эффективности нуждаются и доработке и адаптации к постоянно изменяющимся реалиям современной экономической и политической ситуации, как региона и страны, так и мира в целом.

#### ***Библиографический список:***

1. Мычка С.Ю. Проблемы формирования региональной политики энергоэффективности // Материалы XIX Отчетной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава под редакцией С.Л. Иголкина. 2016. С. 67-70.
2. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Механизм реализации политики энергоэффективности на региональном уровне // Современные проблемы развития экономики и управления в регионе материалы X Международной научно-практической конференции. 2016. С. 449-452.
3. Шаталов М.А., Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В. Технологии форсайт как фактор обеспечения устойчивого развития экономических систем // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2016. № 8-2. С. 48-50.

***Назмутдинов И.С., Ведищев Д.В.***

#### **ВЫБОР МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)  
(nazmytdinov71@mail.ru)*

Методологической основой построения процедур подготовки и принятия решений являются методы принятия решений.

При выборе метода принятия решений для конкретной задачи необходимо учитывать три условия:

во-первых, должно быть достигнуто соответствие метода принятия решений объективным характеристикам поставленной задачи, к которым относятся: условия выбора (определенность, риск и неопределенность), тип множества альтернатив (дискретное или непрерывное), количество критериев, тип постановки задачи и др.;

во-вторых, учесть характеристики должностного лица, например, его возможности, способности, привычки, которые связаны с использованием субъективных критериев, временными ограничениями, возможностью давать качественные и количественные оценки;

в-третьих, на выбор метода оказывает влияние представление должностного лица о последствиях принятия решений и возможность последующего обоснования использования того или иного метода, “степень доверия” ему, предшествующий опыт использования метода.

Наиболее важным является первое условие. Поэтому для поиска метода, который давал бы приемлемый результат решения задач технического обеспечения радиотехнических средств (ТО РТС), предлагается следующий подход. Для определения соответствия метода принятия решений объективным характеристикам поставленной задачи необходимо осуществить классификацию всех характеристик методов определенным образом и на этой основе осуществить его выбор.

Наиболее подходящий метод  $M_{ОПТ}$  определяется по признаку

$$M_{ОПТ} = \arg \min_{M_{mi} \in M} d(M_{mi}, M_z), \quad (1)$$

где  $M$  – множество описаний методов;  $d()$  – некоторое расстояние между описаниями задачи и метода (например, количество совпадающих признаков классификации);  $M_{mi} = (m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{ik})$  – описание  $i$ -го метода;  $M_z = (m_{z1}, m_{z2}, \dots, m_{zk})$  – описание области задачи;  $m_{ik}$  –  $k$ -я характеристика  $i$ -го метода;  $m_{zk}$  –  $k$ -я характеристика области задачи;  $k$  – номер характеристики;  $i$  – номер метода.

Фрагмент классификации наиболее известных методов принятия решений, используемых в различных организационно-технических системах, представлен в [1]. Однако бывает очень трудно классифицировать задачу по качественным и количественным характеристикам так, чтобы с каждым классом жестко связать определенное подмножество наиболее адекватных методов выбора. Поэтому необходимы дополнительные правила, позволяющие сузить множество рассматриваемых методов. Применение правил несет дополнительный положительный эффект, так как повышает доверие пользователя к системе поддержки принятия решения (СППР).

Осуществим выбор методов для решения конкретной задачи выбора РТС для отправки в ремонтные органы. Задача выбора РТС является многокритериальной задачей принятия решений и включает в себя следующие компоненты: набор альтернатив (количество альтернатив фиксировано); систему критериев; оценки альтернатив по критериям.

Проведя анализ существующих методов принятия решения [1, 2, 3] предлагается использовать комбинированный метод, основанный на интеграции методов анализа иерархий, оптимизации по Парето, простого взвешивания, ранжирования по расстоянию до идеальной точки и механизма реализации обратной связи. Использование данного метода позволяет представить процесс принятия решений, например, по управлению ремонтом в виде 2-х этапов: формирование иерархической структуры оценочных показателей и определение их весов; отбор и проведение анализа параметров технических средств.

#### **Библиографический список**

1. Буланова М.В. Теория и практика принятия решений в условиях компьютеризации. Учебное пособие. – М.: МГИАИ, 1989. – 38.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993 – 278.
3. Кононенко А.Ф. и др. Принятие решений в условиях неопределенности. / А.Ф. Кононенко, А.Д. Холезов, В.В. Чумаков. – М.: АН СССР, 1991. – 196.

**ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ ОРУЖИЯ  
И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
(г. Воронеж)  
(nazmytdinov71@mail.ru)*

В соответствии с требованиями действующих нормативных документов для новых и перспективных образцов вооружения и военной техники (ВВТ) должна быть реализована информационная поддержка жизненного цикла изделий (ИПИ) ВВТ. Информационная поддержка жизненного цикла (ЖЦ) изделий ВВТ основывается на использовании интегрированной информационной среды или единого информационного пространства Минобороны России и предприятий оборонно-промышленного комплекса. Сокращение затрат на поддержку ЖЦ изделия ВВТ, а именно на его эксплуатацию и ремонт, является одной из стратегических целей ИПИ-технологий.

Комплекс управленческих технологий, направленных на сокращение этих затрат, объединяется понятием интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) изделия. Одним из основных факторов, определяющих стоимость эксплуатации изделия ВВТ являются мероприятия по организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) [1, 2].

При организации ТОиР решаются следующие задачи: контроль фактического состояния, прогнозирование технического состояния по малой выборке для заданного упрежденного значения момента времени с использованием всей имеющейся априорной и измерительной информации и, наконец, поиск потенциально дефектных типовых элементов замеры (ТЭЗ). При решении перечисленных задач используются методы и средства технической диагностики. В настоящее время существуют два подхода к решению проблемы технического диагностирования: традиционный (допусковый) подход и современный, предполагающий использование количественных оценок состояний [3].

Недостатком традиционного (допускового) подхода является то, что система диагностирования не способна распознать приближение объекта к неработоспособному состоянию при приближении одного или нескольких параметров к границам полей допусков. Соответственно, становится невозможным прогнозирование состояния объекта на упрежденные моменты времени. Для устранения данного недостатка применяется подход, предполагающий использование количественных оценок состояний параметров ВВТ.

Достоинствами предлагаемого подхода являются возможность обнаружения «миграции» параметров к границам полей допусков и прогнозирование состояния изделия для некоторого времени в будущем. Однако за это приходится расплачиваться более сложной системой диагностирования и увеличенным временем обработки.

По результатам измерений и вычислениям функций принадлежности для всех параметров рассчитывается количественная оценка состояния изделия в целом. Задавая допустимую минимальную оценку можно определять приближение состояния объекта к критическим значениям [3].

Вывод о применении объекта по назначению делается только в том случае, когда значения всех параметров попадают в поля допусков, а также количественные оценки состояния объекта в настоящий и в прогнозируемый моменты времени превышают заданный минимальный уровень работоспособности.

Таким образом, внедрение ИПИ-технологий дают возможность повысить эффективность управления процессами ЖЦ ВВТ. Это осуществляется за счет интегрированной логистической поддержки, одной из составных частей которой является процесс технического обслуживания и ремонта. ТОиР ВВТ базируется на методах и средствах технической диагностики. Представленный современный подход к решению проблем технического диагностирования позволит увеличить эффективность функционирования системы ТОиР.

***Библиографический список***

1. ГОСТ Р 53394-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009.
2. Судов Е.В., Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. – М.: НИЦ CALS “Прикладная логистика”, 2002. – 130 с.
3. Заковряшин А. И., Агалецкий П. С. Элементы интегрированной логистической поддержки // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 49.

## ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОТТЕДЖА

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова  
(Vladimir.Glushkov@gmail.com)

В настоящее время гибридные системы электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии являются экономически обоснованным решением проблемы электрификации в сельской местности и в других районах, где сеть централизованного электроснабжения удалена, ненадежна или её прокладка дорога. Также немаловажна проблема экологически чистого способа получения энергии.

Для обеспечения энергией в тёмное время суток или в периоды, когда инсоляции недостаточного для обеспечения требуемой от системы мощности, необходимо использовать альтернативный источник энергии, в данном случае предлагается связка: система «батарея ионисторов и аккумуляторная батарея» и «топливный элемент». Топливные элементы представляют собой очень эффективный, надежный, долговечный и экологически чистый способ получения энергии [1], поэтому они являются хорошим дополнением к системе с использованием солнечной энергии.

Предлагаемая структурная схема автономной системы электроснабжения представлена на рис. 1.



Рис.1. Структурная схема автономной системы электроснабжения

При этом основными требованиями к предлагаемой системе электроснабжения являются:

- долговечность (благодаря использованию системы из ионистора и аккумулятора, а также использованию дополнительного источника – топливного элемента [2]);
- большое число циклов заряда/разряда (относительно к системе «ионистор и АКБ»);
- не критичность к нарушению условий зарядки и разрядки (также относительно к системе «ионистор и АКБ»);
- способность выдерживать глубокий разряд (для аккумуляторов);
- в определенных случаях, в зависимости от режима эксплуатации, требуется малое время заряда (обеспечивается использованием ионистора);
- бесшумность системы (в данной системе отсутствуют какие-либо подвижные части);
- её экологичность, которая обеспечивается использованием в системе солнечных батарей и топливного элемента;
- высокий КПД. Тот же топливный элемент имеет больший, чем 50%, КПД [3] и особенно эффективен при малых нагрузках. А при совместном использовании ионисторов и аккумуляторов (по сравнению с обычными аккумуляторами) получаем больший запас энергии (КПД ионисторов – до 95 %);
- меньшая стоимость. В данном случае при объединении ионисторов и аккумуляторов в одном блоке питания их недостатки взаимно компенсируются. В результате получаем меньшую стоимость.

Ко всему следует добавить, что для получения максимальной энергии от солнечных батарей непосредственно для выработки электроэнергии в нагрузку, а также для запаса энергии полученной энергией системой «батарея ионисторов и аккумуляторная батарея» для дальнейшей её выработки, следует предусмотреть систему ориентации солнечных батарей, предназначенную для наведения панелей солнечных батарей на Солнце.

### Библиографический список

1. Стационарные топливные установки [Cleandex]. – URL: <http://www.cleandex.ru/articles/2008/06/18/fullcell-station2> (дата обращения 25.03.2017).
2. Коровин Н.В. «Электрохимическая энергетика» – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264с.
3. Куашнинг Фолькнер. Системы возобновляемых источников энергии: учебник / Пер. с немецкого. – Астана: Фолиант, 2013. – 432 с.

\*Работа выполнена под руководством канд. тех. наук, доцента В.А. Глушкова.

*Николаенко С.А.*

### ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина  
(211521152115@mail.ru)*

В последнее время все более остро встает вопрос об угрозе вредоносных бактерий, вирусов и микроскопических грибов для организма человека, животного, насекомого. Человеческое сообщество уже не один десяток лет ведет с этим изнурительную борьбу. Для снижения вероятности заболевания и повышения жизнедеятельности и продуктивности организма, необходимо стремиться к снижению или частичному уничтожению вирусов и бактерий как в среде воздуха и воды, так и продуктах питания. Одним из распространенных способов борьбы с бактериями, вирусами и микроскопическими грибами является применение специальных обеззараживающих веществ [1].

В качестве обеззараживающего вещества в последнее время используют озон. Он способен эффективно уничтожать болезнетворные бактерии и грибы, а также оказывать быстрое и радикальное воздействие на многие вирусы. При этом отличительной особенностью его по отношению к антисептикам является то, что он не оказывает разрушающего и раздражающего действия на обрабатываемые материалы.

В Кубанском государственном аграрном университете имени И.Т. Трубилина ведется работа по модернизации существующих прототипов электроозонатора. Модернизация в первую очередь направлена на улучшения параметров электроозонирования с точки зрения энергоэффективности процесса. В качестве биологического объекта были использованы улья с пчелами. Пчелы, как и люди подвержены болезням. Выделяют инфекционные и инвазионные болезни пчел. В инфекционных большое внимание уделяют бактериозом. В настоящее время развивается большое количество методов лечения в борьбе с бактериозами пчел, одним из которых является использования озона [2,3].

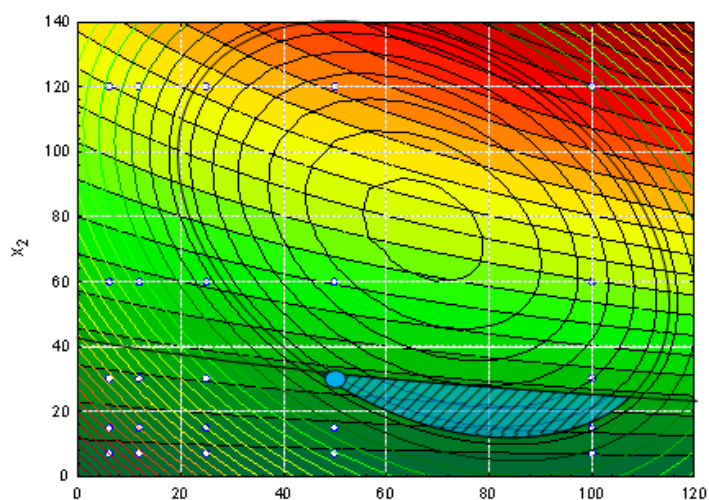


Рис. 1 Диаграмма влияния концентрации озона и времени воздействия на проекцию поля параметра выживаемости бактериоза

Так в результате анализа экспериментальных данных, проведенных в лабораториях университета, были определены множества сочетаний концентраций озона и времени обработки, при которых достигалась снижение выживаемости возбудителей бактериозов в улье до нулевого значения. Выбор конкретного режима следует произвести по критерию минимальной энергоёмкости обработки пчелиных семей. Это особенно существенно при автономном электроснабжении, так как влечет за собой выбор более мощного автономного источника и, следовательно, резкое увеличение капитальных вложений и эксплуатационных затрат [3].

В результате было установлено, что оптимальная энергоёмкость процесса обработки была достигнута при концентрациях озона 50 мг/м<sup>3</sup> и времени обработки 30 минут. На рис.1 представлена диаграмма влияния концентрации озона и времени озонирования на проекцию поля параметра выживаемости бактериоза.

В результате было установлено, что по критерию минимальной энергоёмкости обработки одного улья при концентрации озона 50 мг/м<sup>3</sup> и времени обработки 30 минут, энергоёмкость процесса составила 71 Вт·ч/улей. При этом данная величина учитывает особенности разрядного устройства и системы охлаждения.

### ***Библиографический список***

1. Система стабилизированного озонирования ульев для профилактики и лечения бактериозов пчел: монография / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар 2016: КубГАУ, 2016. – 168 с.
2. Николаенко С.А. Автоматическая система электроозонирования ульев с пчелами / Николаенко С.А., Бегдай С.Н. изд.: Орловский государственный аграрный университет, г. Орел, 2014. – С. 212-214.
3. Овсянников Д.А., Николаенко С.А. Стабилизация параметров обработки пчелиных семей озонном//Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 8. - 2007. - 2 с.

***Першина Т.А. Тюрина Е.Ю.***

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ «УМНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ**

*Волгоградский государственный технический университет  
(pershina-tatyana@yandex.ru, provotorova1994@mail.ru)*

Инновации прочно вошли в жизнь современного мира. Внедрение «умного» строительства как инновации, приобрело новый оттенок в строительной индустрии и дало усиленный толчок её развитию.

На сегодняшний день «умное» строительство в России набирает обороты и имеет огромные перспективы роста. «Умное» строительство – это процесс преобразования городской среды, основанный на планировании организации городского пространства в соответствии с принципами устойчивого развития.

В связи с постоянными растущими объёмами строительства в России с конца 90-х годов, всё более активно появляются новые материалы и технологии возведения зданий и сооружений. Это в свою очередь даёт большую экономию в денежных средствах и в сроках строительства промышленных объектов, жилых домов, сохраняя качество объектов на высоком уровне.

Сегодня в России при возведении строительных объектов применяется довольно большой спектр «умных» технологий.

Так, например, в зависимости от технологии и способа применения строительных материалов среди быстро возводимых зданий (БВЗ) выделяют: 1) сооружения на основе металлического каркаса и сэндвич-панелей; 2) здания с облегченным металлическим каркасом, двусторонней обшивкой и внутренним утеплителем, собираемые на месте строительства; 3) блочно-модульные здания с металлическим каркасом (здание собирается на основе модулей или блок-контейнеров).

Особенностью этих видов является их мобильность и лёгкость при демонтаже. Простая сборка этих конструкций даёт возможность сэкономить на материалах и использовать конструкции вторично. С помощью этих видов технологий дома «под ключ» можно построить меньше, чем за один сезон, нежели по традиционной технологии (кирпич, бетон, древесина).

Также, одним из «умных» технологий является возведение «Энергоэффективных домов». Энергия земли, солнца и ветра – это то, что становится более актуальным в России в настоящее время. Каждый такой дом проектируется индивидуально, для достижения максимального эффекта экономии. Учитываются все условия места строительства (климатические, технические, финансовые и т.д.). Так, например, новая и самая перспективная технология строительства жилья — «**Пассивный дом**» объединяет все последние достижения энергосберегающих технологий строительства (рисунок 1).



В России развитие солнечной генерации происходит медленно. Это прежде всего связано с «северным» расположением нашей страны. В настоящее время Россия обладает технологиями по преобразованию солнечной энергии в электрическую. Есть ряд предприятий и организаций, которые разработали и совершенствуют технологии фотоэлектрических преобразователей: как на кремниевых, так и на многопереходных структурах. Есть ряд разработок использования концентрирующих систем для солнечных электростанций. Ввиду расположения России (между 41 и 82 градусами северной широты) уровень солнечной радиации существенно варьируется: от 810 кВт-час/м<sup>2</sup> в год в отдаленных северных районах до 1400 кВт-час/м<sup>2</sup> в год в южных районах. На уровень солнечной радиации оказывают влияние и большие сезонные колебания: на ширине 55 градусов солнечная радиация в январе составляет 1,69 кВт-час/м<sup>2</sup>, а в июле – 11,41 кВт-час/м<sup>2</sup> в день. Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей) и в Южной Сибири и на Дальнем Востоке. Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики: Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Причем некоторые районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходят уровень солнечной радиации южных регионов. Так, например, в Иркутске (52 градуса северной широты) уровень солнечной радиации достигает 1340 кВт-час/м<sup>2</sup>, тогда как в Республике Якутия-Саха (62 градуса северной широты) данный показатель равен 1290 кВт-час/м<sup>2</sup> [1].

Для нормальной работы предприятия необходимо очень большое количество электроэнергии. Ввиду нестабильности погодных условий и расположения регионов России невозможно полностью обеспечивать предприятие солнечной энергией. На сегодняшний момент наиболее оптимальным является симбиоз традиционных невозобновляемых источников энергии с солнечной. Такое взаимодействие создает сразу несколько плюсов:

- экономия невозобновляемых полезных ископаемых;
- развитие новейших технологий в сфере возобновляемых источников энергии;
- сокращение выбросов отходов в атмосферу[2].

В данной работе рассматриваются проблемы в совмещении и использовании солнечной энергии совместно с традиционной.

Прежде всего, это размещение солнечных батарей в черте города, что возможно только на крышах зданий. Так же необходим быстрый и своевременный переход с одного вида энергии на другой. Аккумуляторные батареи, используемые совместно с солнечными батареями накапливают энергию только днем в солнечную погоду. Расходовать весь запас они могут в зависимости от емкости. Переход с невозобновляемых источников энергии на солнечный должна обеспечивать автоматика с соответствующим программным обеспечением. Именно она быстро совершает процесс замены источников питания[3]

Техническое оснащение для запуска новых солнечных электростанций играет важную роль. За последние пять лет, заметно подешевело оборудование для производства солнечной энергии, при этом возросла эффективность солнечных модулей. Вместе с ростом в интересах дешевающей «зеленой» энергии быстро развивается отрасль технологий для активного энергомониторинга и энергоменеджмента на уровне одного объекта или целой станции. Совмещение этих двух аспектов в единую систему позволит ускорить процесс развития российской энергетики в целом.

#### *Библиографический список*

4. Харченко Н.В. «Индивидуальные солнечные установки» Изд. Энергоатомиздат, Москва, 2014 г. — 208 с.
5. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. "Солнечная энергетика" МЭИ, 2015 год, 317 с.
6. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – Изд. Энергоатомиздат, Москва, 2014. – 314 с.



**МЕТОД АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕСУРСОМ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ  
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, Воронеж  
(ryalvy@mail.ru)*

На этапе разработки перспективных систем радиосвязи большое внимание уделяется обеспечению высокой помехоустойчивости на основе комплексного использования алгоритмов адаптивного управления структурным, алгоритмическим и параметрическим ресурсом входящих в систему элементов. При этом в дециметровом (ДКМ) диапазоне широкое распространение получили частотно-адаптивные радиолинии, в которых регулирование других параметров используется как дополнение к частотной адаптации, позволяющее увеличить отношение сигнал/шум [1]. В таких радиолиниях, связь на большие расстояния, как правило, обеспечивается передатчиками средней и большой мощности, что приводит к ухудшению электромагнитной совместимости (ЭМС) и разведзащищенности [1].

Устранение указанных недостатков может быть основано на применении антенных решеток (АР), позволяющих за счет концентрации энергии в заданном направлении адаптивно снижать уровень излучаемой мощности в зависимости от условий распространения радиоволн. Однако, реализация АР в ДКМ радиолиниях по известным причинам затруднительна [1].

Разрешение этого противоречия возможно на основе метода адаптивного управления структурно-параметрическим ресурсом сетей радиосвязи с распределенными элементами [2]. Суть данного метода, применительно к ДКМ диапазону, заключается в пространственном сложении мощности передатчиков мобильных ДКМ радиостанций, структурно объединяемых в антенную решетку для ретрансляции сигналов на большие расстояния [2].

Такая система представляет собой радиосеть, состоящую из узла отправителя сообщения, узла получателя сообщения и  $N$ -узлов-ретрансляторов (радиостанций). В общем случае отправитель сообщения является главной радиостанцией. Из совокупности элементов радиосети (узлов-ретрансляторов), распределенных на определенной территории, выбирается некоторое количество радиостанций для ретрансляции сигналов главной станции. В процессе ретрансляции обеспечивается синхронизация передатчиков выбранных ретрансляторов для синфазного сложения радиосигналов в точке приема. Совокупность ретрансляторов фактически представляет собой ФАР с распределенными в пространстве и не связанными физическими линиями передачи излучателями. Структура рассматриваемой ФАР является переменной и изменяется в зависимости от расстояния до получателя сообщения, состояния канала связи, оперативной обстановки и других условий связи. В случае перемещения получателя сообщения могут быть задействованы другие доступные ретрансляторы.

Для обеспечения синфазного сложения мощности передатчиков в требуемом пространственном направлении предлагается использовать синхронизацию передатчиков на основе оценки начальной фазы синхросигналов, формируемых на приемной стороне и передаваемых по каналу обратной связи в процессе вхождения в связь, а так же в ходе ее ведения [2].

Мощность передатчика и коэффициент усиления антенны в равной степени определяют уровень полезного сигнала в месте приёма, а, следовательно, повышение коэффициента усиления синтезируемой ФАР за счет увеличения количества ретрансляторов позволяет пропорционально снижать мощность их передатчиков. Это, в свою очередь, приведет к повышению ЭМС и разведзащищенности системы ДКМ радиосвязи.

Таким образом, рассмотренный метод адаптивного управления структурно-параметрическим ресурсом сетей радиосвязи с распределенными элементами, обеспечивает возможность адаптивного управления энергетическим ресурсом системы ДКМ связи, которая в совокупности с другими методами параметрической и алгоритмической адаптации позволит повысить ее устойчивость и разведзащищенность.

***Библиографический список***

1. Головин, О.В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи. / О.В. Головин, С.П. Простов – М.: Горячая линия. Телеком, 2006. – 598 с.
2. Рябов А.В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков дециметрового диапазона // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно - аналитический, и учебно - методический журнал. – М: Наука и технологии, 2012. № 9. – С. 22-28.

# КМОП УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД С ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ И ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ.

Национальный исследовательский университет  
 “Московский институт электронной техники”  
 (rolleasy37@yandex.ru)

На данный момент уже известны схемы различных усилителей с динамическими нагрузками. Динамическая нагрузка — нагрузка, которая характеризуется быстрым изменением её значения во времени. В нашем случае для повышения коэффициента усиления каскада с динамической нагрузкой мы добавляем в цепь транзистор VT13. Он выступает в роли линии задержки и фильтра нижних частот. По сравнению с каскадом “а”, каскад “б” позволяет нам получить коэффициент усиления существенно больший за счет того же транзистора (рис.1). Чем больше динамическое сопротивление, тем больше и усиление. Вместо него в цепь мы могли бы добавить резистор и конденсатор. Сопротивление резистора должно быть равно десяткам кОм, а емкость конденсатора порядка нескольких пФ. Из этого делаем вывод, что такие пассивные компоненты нам не подходят, потому что они занимали бы много места на кристалле. У транзистора постоянная времени также намного лучше. Данный транзистор имеет узкие каналы, так как у него задана маленькая ширина и большая длина. Также VT13 обеспечивает в цепи гальваническую связь.

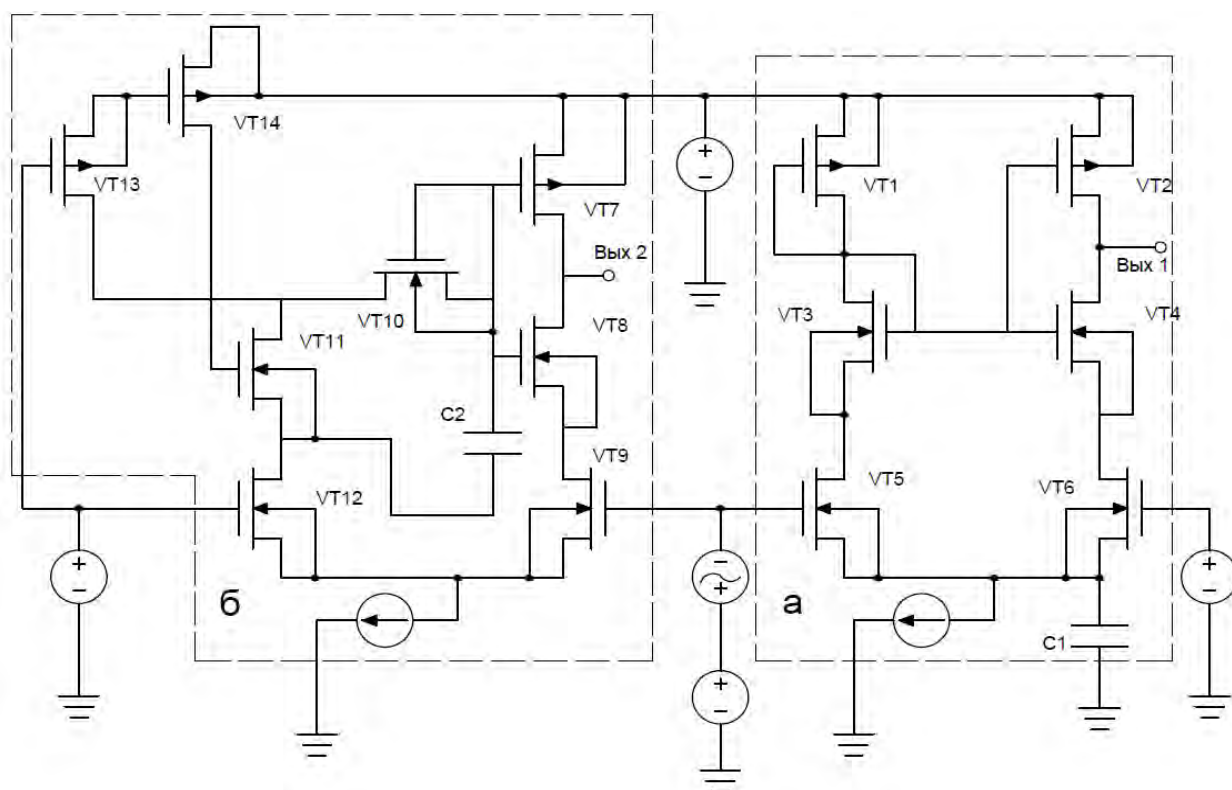


Рис. 1 – Схема КМОП усилительных каскадов с динамической нагрузкой:

а - обычный каскад; б - с добавлением в цепь фильтра нижних частот, реализованном на транзисторе VT13;

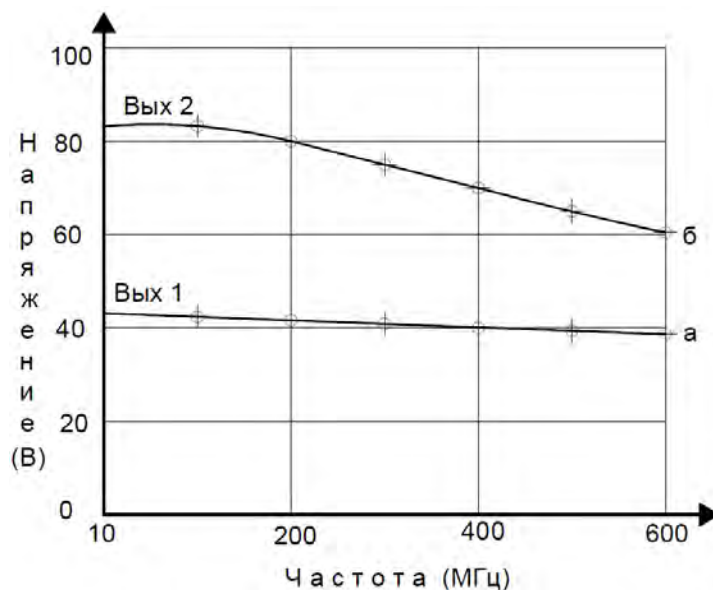


Рис. 2 - График зависимости напряжения от частоты на выходе:  
а – обычного каскада; б - каскада с добавлением  
в цепь фильтра нижних частот, реализованном на транзисторе VT13.

**Рябов Д.Ю., Попов Д.С., Новохатский В.Ю.**

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОГО РАДИОДОСТУПА**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия,  
(e-mail: den.ryaboff2010@yandex.ru, dimandmarina@gmail.com, novwit@yandex.ru)*

Наше современное общество уже немыслимо без беспроводных сетей связи. Они используются повсеместно, начиная с использования в быту и заканчивая авиацией и космосом. Их развитие не стоит на месте. Сети Wi-Fi, работающие на частотах 2,4 и 5 ГГц прочно вошли в нашу жизнь, но уже сейчас сети WiGig (мультимедийной беспроводной технологии связи, работающей в нелицензируемой полосе частот 60 ГГц) начинают активно внедрять.

Для широкополосных беспроводных систем связи идеальным вариантом является экспоненциально-щелевой излучатель, также известный, как излучатель Вивальди (рис. 1), относящийся к типу микрополосковых печатных антенн (МПА). В работе [3] показано, что широкополосные свойства данной антенны обеспечиваются благодаря плавной трансформации характеристического сопротивления щелевой линии, что обеспечивает эффективное излучение сегментов щели с размерами равными половине длины излучаемой волны.

Для данного типа излучателей характерны следующие преимущества:

- небольшая стоимость и технологичность изготовления;
- малые габариты;
- отсутствие необходимости резонансной поддержки;
- простота в производстве двухчастотных и двухполяризованных антенн;
- изготовление питающих линий совместно с антенной;
- лёгкость сопряжения с микроволновыми интегральными схемами;
- линейная и круговая типы поляризации.

Недостатками являются:

- слабое усиление (до 6 дБ);
- сложность структур питающих линий антенных решёток (АР) из излучателей Вивальди;
- излучение лишь в половину пространства для большинства антенн данного типа;
- узкая полоса пропускания;

- большая величина резистивных потерь в питающих линиях АР [1,2].

Некоторые из этих недостатков устраняются конструкторскими решениями. Например, маломощность и низкий коэффициент усиления решаются особой конфигурацией АР. Также существуют методы для увеличения пропускной способности данного типа антенн [1,2].

В силу особенности своей конструкции антенна Вивальди может использоваться в самых разных условиях. К примеру, антенны Вивальди используют на летательных аппаратах. Такое использование возможно потому, что антенна легко принимает обтекаемую форму. Кроме того антенна Вивальди идеально подходит для самолетов, поскольку работает на скоростях с числом Маха равным 2 [2].

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что антенна Вивальди (как сама по себе, так и АР на её основе) обладает практически всеми свойствами, необходимыми в современных беспроводных сетях связи. Она нашла применение во многих сферах жизни человека. В медицине её используют совместно с другими методами для обнаружения опухолей, службы безопасности применяют её для поиска спрятанного оружия, а в военной сфере — в радиолокационных станциях высокой дальности при использовании в составе АР.

### ***Библиографический список***

1. Рязанов, И.Г. Анализ и синтез широкополосной планарной щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа / И.Г. Рязанов, А.А. Бякин, О.А. Белоусов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. - №2. – С. 297-306.
2. О. А. Белоусов Антенная решетка на основе широкополосной планарно-щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем беспроводного широкополосного доступа/ О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Журнал Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. №2(56). 2015. Стр. 184-194

***Рябов Д.Ю., Попов Д.С., Новохатский В.Ю.***

### **ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЯ ВИВАЛЬДИ**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов  
(e-mail: den.ryaboff2010@yandex.ru, dimandmarina@gmail.com, novwit@yandex.ru)*

С широким развитием в настоящее время систем беспроводного широкополосного доступа в различном частотном диапазоне требует применения эффективных антенных систем, работающие в диапазоне частот от 1 до 10 ГГц, к такому типу излучателей можно отнести излучатель Вивальди.

Данный тип излучателя изготавливается на тонкой гибкой диэлектрической подложке, на одной стороне которой наносится слой металлизации, имеющий форму раскрытия излучателя, на другой – питающие линии и преобразователь. В силу такого типа производства антенна Вивальди с лёгкостью размещается на разнообразных поверхностях. Она отличается довольно простой конструкцией и относительно низкими требованиями к изготовлению. Структура излучателя изображена на рисунке 1.

Металлический слой может выполняться с одной стороны (микрополосковая линия) или с двух сторон (полосковая линия) диэлектрической подложки. Также возможно покрытие диэлектрика обработанным металлом [1].

В качестве диэлектрического материала применяются:

- воздух – относительная диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon = 1,00058986 \pm 0,00000050$ ;
- фторопласт  $\varepsilon = 2,1$ ;
- полистирол  $\varepsilon = 2,4-2,7$ ;
- материал Rogers RO4003  $\varepsilon = 3,35$  ;
- стеклотекстолит FR4  $\varepsilon = 4,5-5,2$ ;
- керамика  $\varepsilon = 10-20$ .

Значения относительной диэлектрической проницаемости для данных материалов даны при нормальных условиях (частота 0,9 МГц).

Для антенн, работающих в диапазоне выше 10 ГГц и требующих высокой точности изготовления рисунка схемы, следует использовать диэлектрические материалы с величиной относительной диэлектрической проницаемости менее 7,25, чтобы снизить требования по точности изготовления печатного рисунка и уменьшить резистивные потери. Для того чтобы уменьшить диссипативные потери и потери на отражение нужно выбирать диэлектрический материал с поверхностью по такому классу обработки, при котором высота микронеровностей не будет превышать половины глубины проникновения поля в металл [1,2].

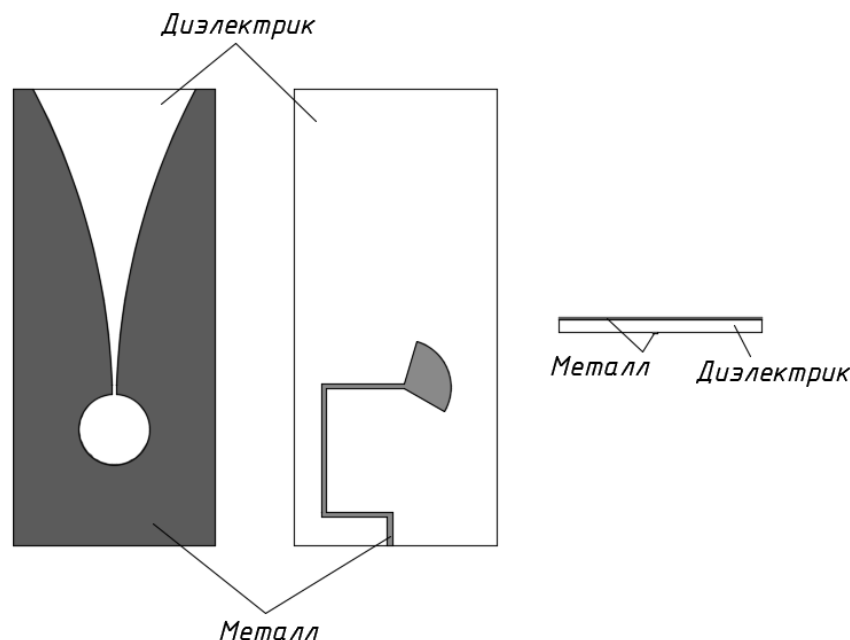


Рис. 1. Структура антенны Вивальди

Таким образом, применения такого типа излучателя позволит изготавливать широкополосные антенные системы с хорошей повторяемостью, что является не маловажным для данных частотных областей.

#### **Библиографический список**

1. Рязанов, И.Г. Анализ и синтез широкополосной планарной щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа / И.Г. Рязанов, А.А. Бякин, О.А. Белоусов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. - №2. – С. 297-306.
2. Проектирование полосковых устройств СВЧ: Учебное пособие. - Ульяновск, 2001. - 123с.

**Рябов Д.Ю., Попов Д.С., Новохатский В.Ю.**

#### **ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов  
(den.ryaboff2010@yandex.ru, dimandmarina@gmail.com, novwit@yandex.ru)*

В настоящее время область применения сверхширокополосных излучателей постоянно растет поэтому необходимо определить принципами построения таких излучателей, а именно разработка оптимальной конструкции, которая имеет хорошую повторяемость с сохранением основных электродинамических характеристик в соответствующем диапазоне частот. Рассмотрим данные особенности построения на примере излучателя Вивальди.

Излучатель Вивальди можно условно разделить на три зоны, которые имеют определённые функции при излучении и приёме сигнала:

- раскрыт – это зона, сформированная слоем металлизации. Выполняет функцию излучения и приёма сигналов;
- преобразователь – это зона, суть которой заключается в переходе несбалансированной полосковой или микрополосковой линии в сбалансированную линию, подключенную к раскрыту;
- резонатор – зона в начале щелевой линии. Резонатор исследуется отдельно от остальных зон, т.к. его функция – согласование электрических параметров питающей линии и излучателя [1].

Схематический вид антенны представлен на рисунке 1.

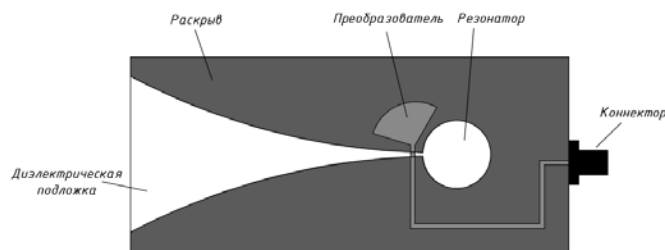


Рис. 1. Схематический вид антенны Вивальди:

- - верхний слой металлизации;
- - нижний слой.

Существует большое множество вариантов конструкций излучателя Вивальди, которые главным образом отличаются друг от друга формой раскрыва. Наиболее часто на практике встречаются линейный, ступенчатый, экспоненциальный раскрывы и раскрыв Клопфестена [1]. Схематические виды этих щелевых раскрывов приведены на рисунке 2.

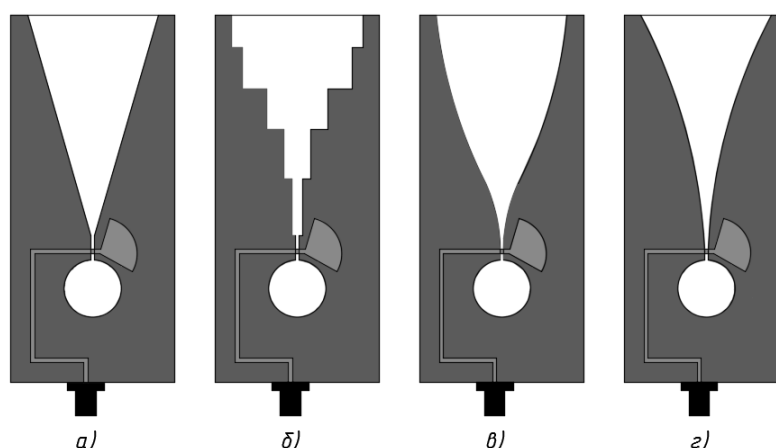


Рис. 2. Формы раскрывов излучателя Вивальди:

- а) – линейный; б) – ступенчатый; в) – Клопфестена; г) – экспоненциальный.

Щелевой раскрыв антенны имеет роль преобразователя импеданса апертуры антенны к значению, приблизительно равному импедансу щели, которая лежит в основе раскрыва (50 Ом) [1]. Наилучшим образом с этой задачей справляется экспоненциальный раскрыв.

Профиль щели излучателя Вивальди описывается выражением [1]:

$$W(y) = W_{S_{in}} \cdot e^{\alpha \cdot y}, \alpha = (1 / L_a) \cdot \ln(W_{S_{out}} / W_{S_{in}}),$$

где  $W_{S_{in}}$  – ширина щелевой линии в области возбуждения,  $W_{S_{out}}$  – ширина щелевой линии на выходе антенны,  $L_a$  – длина нерегулярной щелевой линии,  $y$  – координата по оси ординат.

Таким образом, придерживаясь основных критериев построения сверхширокополосных излучателей на примере излучателя Вивальди можно разрабатывать различные антенные системы с хорошей повторяемостью и с сохранением основных характеристик излучателя в данной частотной области.

#### Библиографический список

1. Рязанов, И.Г. Анализ и синтез широкополосной планарной щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа / И.Г. Рязанов, А.А. Бякин, О.А. Белоусов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. - №2. – С. 297-306.

## НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет  
(chief.ryazanoff2012@yandex.ru)

Для сокращения материальных и временных затрат представляется актуальным применение математических методов и алгоритмов для прогнозирования отклика на входное воздействие как технической системы в целом, так и отдельных ее элементов, позволяющее сократить объемы ресурсов для проведения испытаний.[1]

Одним из перспективных методов прогнозирования является применение прогностической модели работы технической системы построенной на использовании обучаемой нейронной сети.

Нейронная сеть отличается простотой каждого вычислительного элемента (нейрона). Нейрон представляет собой взвешенный сумматор, выход которого определяется как

$$y = f(u), u = \sum_{i=1}^n w_i x_i + w_0 x_0, \quad (1)$$

где  $x_i$  –  $i$ -й вход нейрона,  $w_i$  – синаптический вес связи  $i$ -го входа нейрона,  $f$  – активационная функция.

Вход  $x_0$ , представляющий собой фиксированный входной сигнал +1 и соответствующий ему вес  $w_0$ , называют смещением нейрона.

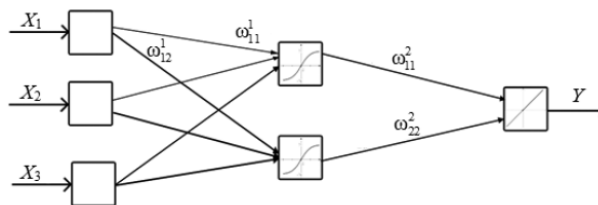


Рис.1 Топология нейронной сети

Возможна индивидуальная настройка каждого нейрона, позволяющая строить компактные математические модели для решения задач прогнозирования и выявления нелинейных функциональных связей. Наличие большого числа связей между нейронами, с одной стороны, требует увеличения количества вычислений, но с другой стороны, позволяет довольно точно аппроксимировать функции любой сложности.

Для нейронных сетей характерна гибкость. Нейронная сеть – совокупность нейронов, соединенных взвешенными связями. Существует множество видов нейронных сетей, которые различаются между собой топологией связей, видом нейронов и т. п. Кроме того, возможно построение новых типов нейронных сетей путем, например, создания гибридов из уже существующих типов. Это позволяет решать разнообразные задачи, в том числе задачу прогнозирования.

Также в процессе функционирования нейронной сети имеется возможность уточнения модели при поступлении новых данных. Существует модульный принцип обучения искусственной нейронной сети, при котором не происходит переобучения всей системы при поступлении новых данных, а изменению подвергаются лишь отдельные нейроны и связи. Это важно, так как обучение является сложным процессом и при полном переобучении существует вероятность потери сетью обобщающих способностей. Предложенный подход может быть применен для решения других научно-прикладных задач [2-5].

### Библиографический список

1. Грибков, А.Н. Аналитический метод получения видов функций и расчета параметров оптимального управления многомерным объектом с учетом ограничений на управляющие воздействия / А.Н. Грибков, И.А. Куркин // Информатика и системы управления. – 2014. – № 3. – С. 71-83.
2. Белоусов О.А., Иванов С.В. Интеллектуальная система управления и мониторинга газовой котельной // Программные продукты и системы №1 2012 стр.75-80.
3. Артемова, С.В. Поддержка принятия решений эргатическим элементом в условиях неопределенности методом Шортлифа- Бьюкенена/ С.В.Артемова, А.А.Артемов, В.И.Павлов, Д.Ю.Муромцев // Вестник Тамбовского государственного университета. - 2013. - Т. 18, вып. 4. -С. 1435- 1439 . (Импакт-фактор РИНЦ 2013 - 0,190).

4. Чернышова, Т. И. Оценка эффективности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. – 2013. – Вып. № 3(47). – С. 301 – 305.
5. Чернышов, Н.Г., Дворецкий, С.И. Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н.Г. Чернышов, С.И. Дворецкий //Радиотехника.- 2013. - №9.- С. 87-98.

***Зырянов Ю.Т., Рязанов И.Г.***

## **МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(chief.ryazanoff2012@yandex.ru)*

На сегодняшний день, в условиях нестабильной экономической ситуации, актуальным вопросом является прогнозирование технического состояния (ТС) сложных систем. Данный способ позволяет оптимально распределить ресурсы, требуемые для ремонта и поддержания в работоспособном состоянии технической системы.

Составными задачами, которые необходимо решить для построения более точного прогноза ТС являются:

- выбор вида математических моделей процесса старения составных элементов системы и прогнозирование их технических состояний;
- обоснование входных и выходных параметров модели;
- экспериментальные исследования процесса старения изоляции;
- структурная и параметрическая идентификация моделей;
- разработка метода и алгоритмов прогнозирования технического состояния составных элементов системы на основе полученных моделей ее старения;
- разработка методики прогнозирования технического состояния составных элементов технической системы.

Прогнозирование технического состояния и надежности можно осуществлять на различных стадиях создания и использования технической системы: на этапе проектирования, производства и эксплуатации. На этапе эксплуатации исходными данными являются предполагаемые закономерности изменения его технических параметров. При этом целью прогнозирования технического состояния является своевременное предупреждение отказов и применение таких рабочих условий и обслуживания системы, которые наилучшим образом отвечают задаче обеспечения заданной надежности и эффективности. [1, 2]

Существующие математические модели, позволяющие прогнозировать надежность и техническое состояние технической системы, однако одним из перспективных направлений по прогнозированию ТС технических систем можно считать применение нейросетевых алгоритмов прогнозирования. Данные алгоритмы позволяют строить прогноз технического состояния, учитывая факторы воздействия внешней среды на техническую систему, а также учитывать взаимное влияние элементов системы на работоспособность системы в целом. Предложенный подход может быть применен для решения других научно-прикладных задач [3-5].

### ***Библиографический список***

1. Стасенко, К. С. Метод и интеллектуальная информационно-измерительная система для повышения точности допускового контроля теплопроводности теплоизоляционных материалов / К. С. Стасенко, З. М. Селиванова // Вестник ТГТУ. 2015. Т.21. № 1. С. 42-49.
2. Чернышова, Т. И. Информационно-аналитическая система оценки и прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. – 2014. – Спец. выпуск (52). – С. 111 – 114.
3. Артемова, С.В. Поддержка принятия решений эргатическим элементом в условиях неопределенности методом Шортлифа- Бьюкенена/ С.В.Артемова, А.А.Артемов, В.И.Павлов, Д.Ю.Муромцев // Вестник Тамбовского государственного университета. - 2013. - Т. 18, вып. 4. -С. 1435- 1439 . (Импакт-фактор РИНЦ 2013 - 0,190)
4. Алькубати, А.Ф. Определение вероятностей состояний функционирования сложных систем при эрланговском распределении времен работы и восстановления их элементов / А.Ф. Алькубати, Д.Ю. Муромцев, В.Н. Шамкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20. – №1. – С. 6-16.



5. Глазкова В.В. Оценка точности вычисления нижних граничных значений вероятностей состояний функционирования сложных систем/ Муромцев Д.Ю., Шамкин В.Н.// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22. – №3. – С. 340-349.

*Рязанова А.Г.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(chief.ryazanoff2012@yandex.ru)*

Внимание разработчиков давно привлекает проблема создания сверхширокополосных (СШП) многолучевых антенн. Решением поставленной задачи может служить использование гибридных антенн систем, содержащих фокусирующую систему и облучающую систему в виде решетки [1]. Функцию фокусирующей системы может выполнять зеркало или линза, в частности, линза Люнебурга, которая может обеспечить очень широкий сектор обзора.

В большинстве работ, по исследованию СШП антенных систем, рассматриваются решетки из антенн Вивальди, а анализ проводится в режиме квазипериодического возбуждения. Это интересно с точки зрения их применения в качестве фазированных антенных решеток (ФАР).

Антенну Вивальди состоит из следующих функциональных зон:

- зона раскрыва, созданная металлизацией поверхности, используется для излучения сигнала;
- зона преобразователя, в которой микрополосковая линия переходит в сбалансированную щелевую линию;
- зона резонатора, функция которой заключается в согласовании электрических характеристик излучателя и питающей линии, расположенная в начале щелевой линии.

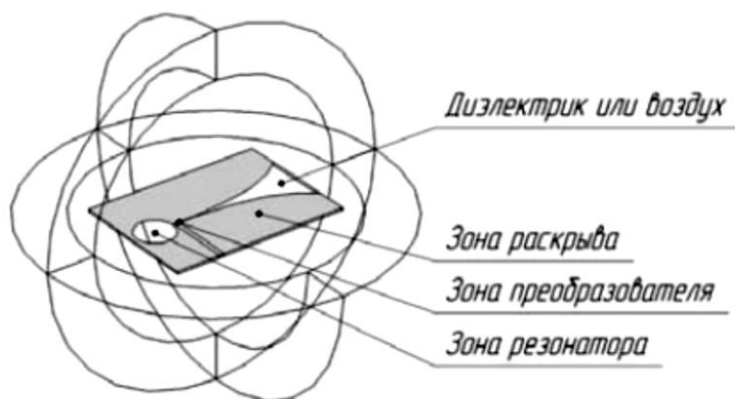


Рис. 1 Функциональные зоны антенны Вивальди

Функциональные особенности данного типа антенн, позволяют достичь оптимальных характеристик диаграммы направленности и КСВ при большом покрытии полосы частот.

Дальнейшее применение антенны Вивальди в качестве элемента антенной решетки позволяет создать СШП антенную систему для современных стандартов передачи информации четвертого поколения, а также может являться основой в будущем для разрабатываемых стандартов связи. Предложенный подход может быть применен для решения других научно-прикладных задач [2-4].

### **Библиографический список**

1. Белоусов О.А., Бякин А.А., Анализ и синтез широкополосной планарно щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа/// Вопросы современной науки и практики Университет имени В.И.Вернадского. №2 (46) 2013. Стр. 297-306
2. Ефремова А.С., Белоусов О.А. Применение фрактальных антенн для систем LTE// Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: международная конференция с эле-

ментами научной школы. Тамбов, 23-25 апреля 2014г. / Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2014. – Стр. 64-66

3. Калашников С.Н. Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения/ Калашников С.Н., Белоусов О.А. //Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2014. № 3 (53). С. 92 – 95.
4. Жуков, В.М. Радиостанция диапазона 1,5 – 80 МГц с кольцевыми фазированными антенными решетками //Международная конференция с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах» 23-25 апреля 2014 г., Тамбов.: ТГТУ, 2014. – С. 137 – 137.

*Селиванова З.М., Ерышова В.С.*

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

*Тамбовский государственный технический университет  
(veraeryshova@mail.ru)*

Повышение точности и оперативности интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС) параметров теплофизических свойств (ТФС) материалов, расширение функциональных возможностей системы обеспечивается в результате разработки реконфигурируемой структуры (РС) ИИИС, характеризующейся свойствами универсальности и многофункциональности [1-3].

При разработке ИИИС ТФС материалов существует проблема создания универсальной и многофункциональной структуры ИИИС с адаптацией к предметной области применения интеллектуальной системы. Для этого необходимо провести исследование типовой структуры аналога системы и на основании анализа полученных результатов создать информационное, программное, метрологическое и алгоритмическое обеспечение ИИИС реконфигурируемой структуры.

Создание ИИИС ТФС материалов с РС предполагает решение следующих задач: разработки математических моделей исследуемых материалов (ИМ), предметной области, ИИИС, методов определения ТФС материалов, создания множеств измерительных ситуаций, режимов работы системы, формирования структурных компонентов ИИИС (микроконтроллеров, баз знаний, интеллектуальных датчиков с реконфигурируемой структурой, усилителей, аналого-цифровых преобразователей) [4-5].

В результате решения вышеуказанных задач создаются варианты структур ИИИС ТФС материалов с РС и алгоритм выбора структуры системы в зависимости от класса ИМ, предметной области и измерительной ситуации на основе перестройки аппаратных, программных средств и реконфигурирования структуры ИИИС.

Разработана методика реконфигурирования структуры ИИИС в зависимости от измерительной ситуации:

1. Создаются модели структур ИИИС  $M_{si}$ ,  $i = 1, \dots, 3$ :  $M_{s1}$  – модель типовой структуры;  $M_{s2}$  – модель структуры контроля ИМ низкой теплопроводности,  $\lambda = [(0,02 \dots 0,2) \text{Вт/мК}]$ ;  $M_{s3}$  – модель структуры контроля ИМ средней теплопроводности,  $\lambda = [(0,21 \dots 5,0) \text{Вт/мК}]$ ;  $M_{s4}$  – модель структуры контроля ИМ высокой теплопроводности,  $\lambda = [(5,1 \dots 10) \text{Вт/мК}]$ .

2. Формируются операторы преобразования моделей структуры ИИИС  $\bar{W}_i$ ,  $i = 1, \dots, 4$  при изменении её конфигурации. Оператор  $\bar{W}$  представлен кортежем:  $\bar{W} = \langle V_o, V_k, A_{\text{кон}} \rangle$ , где множество модулей математического  $V_o = \{V_s^o, s = 1, \dots, k_o\}$ ; программного  $V_{\text{мат о si}}$ ; метрологического  $V_{\text{МО si}}$  обеспечений ИИИС;  $V_k = \{V_s^k, s = 1, \dots, k_k\}$  – множество модулей структур ИИИС;  $A_{\text{кон}}$  – алгоритм конфигурирования структуры ИИИС с использованием продукционных правил:  $R_{\text{пр}} = \{R_{\text{пр1}}, \dots, R_{\text{пр4}}\}$ . Операторы  $\bar{W}$  на основе продукционных правил осуществляют реконфигурирование структуры:  $R_{\text{пр1}}$  – согласно модели  $M_{s1}$ ;  $R_{\text{пр2}}$  – в соответствии с моделью  $M_{s2}$ ;  $R_{\text{пр3}}$  – по модели  $M_{s3}$ ;  $R_{\text{пр4}}$  – согласно модели  $M_{s4}$ .

3. Изменение моделей структуры  $M_{si}$ ,  $i=1, \dots, 4$  выполняется согласно алгоритму реконфигурирования, применяя продукционные правила:  $\bar{W}_1 \rightarrow A_{\text{кон1}} \rightarrow \{R_{\text{пр1}}\}$ ;  $\bar{W}_2 \rightarrow A_{\text{кон2}} \rightarrow \{R_{\text{пр2}}\}$ ;  $\bar{W}_3 \rightarrow A_{\text{кон3}} \rightarrow \{R_{\text{пр3}}\}$ ;  $\bar{W}_4 \rightarrow A_{\text{кон4}} \rightarrow \{R_{\text{пр4}}\}$ .

Реконфигурирование структуры ИИИС с РД повышает точность определения ТФС материалов, как показывают исследования, до 5 %.

### **Библиографический список**

1. Павлов, В. И. Оптимизация функционирования измерительных систем / В. И. Павлов, В. В. Аксенов, Т. В. Белова / Известия Томского политехнического университета. - 2010. - № 11. - С. 65-68.
2. Грибков, А. Н. Метод структурного синтеза алгоритма расчета параметров функций оптимального управления многомерным объектом / А. Н. Грибков, И. А. Куркин // Информатика и системы управления. - 2015. - № 3. - С. 72-83.
3. Дворецкий, С. И. Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. - 2016. - №4 (66). - С. 21-28.
4. Павлов, В. И. Алгоритм контроля и управления состоянием сложной технической системы / В. И. Павлов, Т. В. Белова // Антенны. М.: Изд-во «Радиотехника». - 2010. - №11. - С. 65-68.
5. Глазкова, В. В. Оценка точности вычисления нижних граничных значений вероятностей состояний функционирования сложных систем / Муромцев Д. Ю., Шамкин В. Н. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2016. - Т. 22. - №3. - С. 340-349.
6. Чернышова, Т.И. Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно - измерительных систем/Т.И.Чернышова, В.В. Третьяков//Вестник ТГТУ. 2015. Том 21. № 2.-с239-248

**Селиванова З.М., Хамза М.А.Х.**

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(selivanova@mail.jesby.tstu.ru)*

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме энергосбережения, что обусловлено высокими ценами на энергоресурсы. Решение проблемы минимизации тепловых потерь для объектов, производящих или использующих тепловую энергию, напрямую зависит от качества применяемых теплоизоляционных материалов (ТМ), важными показателями которого являются их теплофизические свойства (ТФС): теплопроводность и температуропроводность. Для определения ТФС предлагается интеллектуальный измерительный электронный прибор (ИИЭП) неразрушающего контроля (НК) параметров ТФС ТМ, реализующий нестационарный импульсный метод НК ТФС ТМ [1-3].

При проектировании и эксплуатации ИИЭП НК параметров ТФС ТМ в условиях производства необходимо обеспечить требуемую точность измерения в соответствии с нормативными документами. Для этого следует сформировать техническую и информационную среду, разработать математическую модель процесса измерения ИИЭП НК параметров ТФС материалов с учетом воздействующих дестабилизирующих факторов (ДФ) и различного диапазона теплопроводности ТМ. Решение данной задачи позволит расширить функциональные возможности ИИЭП, расширить класс ТМ по теплопроводности, приобрести свойство универсальности и повысить точность НК ТФС ТМ. При разработке модели процесса измерения ИИЭП необходимо определить его структурные компоненты; осуществить разработку их принципиальных электрических схем и оценить их техническое совершенство, создать алгоритм функционирования ИИЭП, установить влияние окружающей среды, разработать методику повышения точности ИИЭП [4-5].

При разработке модели процесса измерения ИИЭП необходимо определить: переменные модели  $M_{\text{ИИЭП}}$ , методы контроля ТФС ТМ, параметры структуры ИИЭП, методы метрологического анализа, ДФ, сформировать сведения об априорной и апостериорной информации о ТМ, методике измерений. Для точного и достоверного определения свойств ТМ в ИИЭП, предлагается математическая модель измерения ИИЭП, которая представлена следующим кортежем множеств:

$$M_{\text{ИИЭП}} = \langle X, V_{\text{ДФ}}, U, V_m, V_{\text{пр}} \rangle,$$

где  $X = \{X_i, i=1, \dots, 3\}$  - множество входных воздействий ( $T_i$  - температура,  $\tau_i$  - время,  $F_i$  - частота);  $V_{\text{ДФ}} = \{V_{\text{ДФ}i}, i=1, \dots, 4\}$  - множество воздействующих дестабилизирующих факторов ( $T_{\text{ОС}}$  - температура окружающей среды,  $\psi_i$  - шероховатость поверхности ТМ,  $R_{\text{т}}$  - контактное сопротивление в системе «Измерительный зонд - ТМ»,  $W_i$  - влажность);  $U = \{U_i, i=1, \dots, m\}$  - множество выходных параметров ТМ ( $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $\alpha$  - коэффициент температуропроводности,  $c$  - теплоемкость);  $V_m = \{V_{mi}, i=1, \dots, k\}$  - множество используемых методов НК;  $V_{\text{пр}} = \{V_{\text{пр}i}, i=1, \dots, r\}$  - множество методов принятия решений при функционировании ИИЭП.

Предложенная модель процесса измерения ИИЭП позволяет создать ИИЭП с учетом перспектив расширения области исследуемых ТМ при точном НК параметров ТФС.

### **Библиографический список**

1. Павлов, В. И. Оптимизация функционирования измерительных систем / В. И. Павлов, В. В. Аксенов, Т. В. Белова // Известия Томского политехнического университета, 2010. - № 11. - С. 65-68.
2. Муромцев, Д. Ю. Формирование моделей одномерных дискретных законов распределения для последовательности независимых испытаний надежности радиоэлектронных средств / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, И. Г. Рязанов // Надежность и качество сложных систем. – 2015. - № 3. – С. 80-86.
3. Муромцев, Д. Ю. База знаний интеллектуальной информационно-управляющей системы многомерным объектом / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, И. А. Куркин // Информационно-управляющие системы. – 2015. – № 5. – С. 60-64.
4. Дворецкий, С. И. Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. - №4 (66). - С. 21-28.
5. Павлов, В. И. Алгоритм контроля и управления состоянием сложной технической системы / В. И. Павлов, Т. В. Белова // Антенны. М.: Изд-во «Радиотехника». - 2010. - №11. – С. 65-68.
6. Чернышова, Т.И. Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно - измерительных систем/Т.И.Чернышова, В.В. Третьяков//Вестник ТГТУ. 2015. Том 21. № 2.-с239-248

**Серов И.А.<sup>1</sup>, Ушаков И. В.<sup>1, 2</sup>**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В РОССИИ**

*Тамбовский государственный технический университет<sup>1</sup>  
Научно-исследовательский технологический университет «МИСЦ»<sup>2</sup>  
(ivan.serov93@gmail.com; ushakoviv@mail.ru)*

В настоящее время потребление энергии увеличивается с каждым годом, тем самым обеспечивая условия для развития науки и техники.

Уже сегодня перед человечеством возникла глобальная энергетическая проблема – истощение традиционных углеродных источников энергии, при возрастающей потребности в энергии. Согласно оценке международного энергетического агентства ([англ. International Energy Agency](http://www.iea.org)) мировое потребление топливно-энергетических ресурсов в 2014 году составило 13 699 млрд. тонн условного топлива в год, что на 1,1% больше, чем в 2013 г [1].

По данным на начало 2016 г., совокупная установленная мощность в России по всем видам генерации составляла 225 ГВт, из них лишь 1% приходится на долю возобновляемых источников энергии, в том числе 0,6% – биомасса, 0,3% – малые гидроэлектростанции, 0,1% – ветряная, солнечная электроэнергетика и геотермальные источники [2].

Использование возобновляемых источников энергии широко применяется для решения проблем энергообеспечения. Ветряная энергетика – является одним из перспективных направлений в развитии альтернативной энергетики.

Основная задача программы развития ветроэнергетики в России - создание эффективных систем децентрализованного энергоснабжения потребителей на основе комплексного использования местных топливных и возобновляемых энергетических ресурсов.

Многофункциональный энергетический комплекс - это система, состоящая из отдельных модулей, конструктивно и функционально совместимых между собой (ветрогенератор + дизель-генератор, бензогенератор, газогенератор). В настоящее время проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, позволяющие решить задачу электромагнитной совместимости ветрогенераторов с локальными электрическими сетями и дополнительными источниками мощности (дизель-генераторами) для режимов недостатка мощности ветроэлектростанции.

В рамках данной задачи разработана концепция электростанции, оснащенной всережимным генератором мощностью 200 кВт и высокоточной системой управления, позволяющими на практике реализовать возможность автоматического управления агрегатами в составе многофункционального энергетического комплекса. Предусмотрена их параллельная работа с контролем частоты и фазы вырабатываемой электроэнергии.

Развитие сетевой ветроэнергетики в России достаточно проблематично: для эффективной работы сетевых ветрогенераторов необходимо подключение их к сети и обеспечить высокое качество электроэнергии, поставляемое в сеть. В нашей стране, до сих пор отсутствует законодательная и нормативная база, позволяющая независимым производителям продавать электроэнергию энергосистемам и даже включать свои генерирующие мощности в эту энергосистему [3],

### **Библиографический список**

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.energosovet.ru/bul\\_stat.php?idd=213](http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=213)
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru/pmef-2016/article/3342511>
3. Степанцева О.А. Российская ветроэнергетика сегодня / О.А. Степанцева // Энергия. -2009. - №12. – С.32 – 37.

**Скворцов А. А. \*, Жур Е. А. \*\***

### **ПРИМЕНЕНИЕ ШЕСТИГРАННОГО ВОЛНОВОДА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю. А., Россия, Саратов,  
(sotrudniki.1@yandex.ru, zhirea@yandex.ru)*

В настоящее время бурное развитие технологий микроволнового нагрева, требующих повышения интенсивности и равномерности воздействия электромагнитного поля на обрабатываемый материал, заставило обратиться к суммированию мощностей от нескольких генераторов СВЧ. Одним из путей решения поставленной задачи является применение СВЧ-устройства на связанных прямоугольных (ПрВ) и равностороннем шестигранном (ШГВ) волноводах (рис. 1), во вторичном канале которого возбуждаются три волны основного типа, отличающиеся плоскостями поляризации [1, 2]. При этом обрабатываемый материал располагается в центральной области ШГВ, где напряженность электрического поля максимальна. Возбуждение таких волн осуществляется с помощью совокупности шлейфовых разветвлений, расположенных на соответствующих гранях ШГВ и связывающих его с ПрВ, к которым подключаются генераторы СВЧ, различающиеся по частоте и мощности.

Модуль коэффициента передачи одиночного шлейфового разветвления СВЧ-устройства на связанных по широкой стенке полых ПрВ и равностороннем ШГВ можно рассчитать по формуле

$$|K_{ш}| = \frac{\Phi_{ш}^{-1} \lambda_{еш}}{2\sqrt{k^*} (a_1 b_1 \Phi_2^{-1} \lambda_{e1} \lambda_{e2})^{1/2}} \left[ \left( \cos\left(\frac{\pi h_1}{a_1}\right) \sin \gamma_1 \right)^2 + \frac{\lambda_{e1}}{2a_1} \times \right. \\ \left. \times \sin\left(\frac{\pi h_1}{a_1}\right) \cos \gamma_1 \right]^2 \left[ \left( \cos(\chi_{c12} h_2) \sin \gamma_2 \right)^2 + \left( \frac{\lambda_{e2}}{\lambda_{c12}} \sin(\chi_{c12} h_2) \cos \gamma_2 \right)^2 \right]^{1/2},$$

в которой  $\sqrt{k^*} \approx 1$ ;  $\Phi_2$  и  $\Phi_{ш}$  – параметры, определяемые формой поперечного сечения вторичного канала (волновода), выполненного на ШГВ, и волновода связи (шлейфа);  $h_1$ ,  $h_2$  – смещение центра шлейфа относительно средней линии соответственно первичного и вторичного волноводов;  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  – углы поворота шлейфа относительно средних линий тех же волноводов;  $\lambda_{e1}$ ,  $\lambda_{e2}$  и  $\lambda_{еш}$  – длины основных волн в первичном,

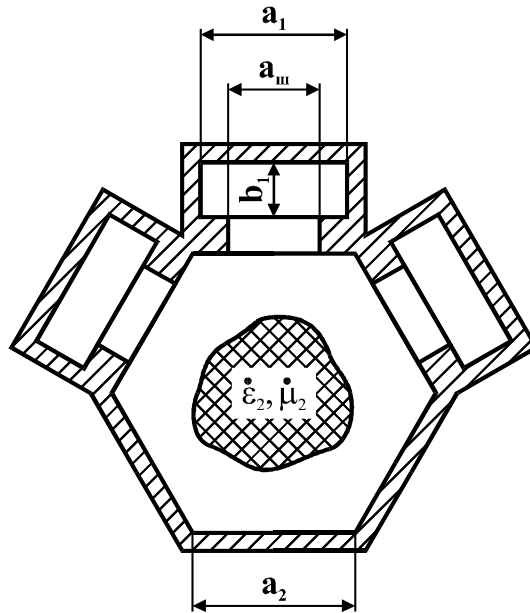


Рис. 1. Поперечное сечение СВЧ-устройства на связанных посредством шлейфовых разветвлений ПрВ и равностороннем ШГВ для термообработки диэлектрических материалов

вторичном каналах и шлейфе;  $\chi_{c12} = 2\pi/\lambda_{c12}$  и  $\chi_{c1w} = 2\pi/\lambda_{c1w}$  – поперечные волновые числа основных волн во вторичном канале и шлейфе;  $\lambda_{c12} = 2\sqrt{3}\pi\epsilon_2 \left[ \eta_{11} (2 + \sqrt{3}) \right]^{-1}$  и  $\lambda_{c1w}$  – критические длины основных волн во вторичном канале и шлейфе;  $\eta_{11} = 1,841$  – 1-й корень производной функции Бесселя первого рода 1-го порядка.

Влияние диэлектрического материала в равностороннем ШГВ, образующем вторичный канал рассматриваемого устройства, на коэффициент передачи одиночного шлейфового разветвления определяется выражением

$$|\dot{K}_{ш\epsilon}| = |\dot{K}_{ш}| (\lambda_{\epsilon 2\epsilon} / \lambda_{\epsilon 2})^{1/2} (\cos \varphi_r)^{-1},$$

где  $|\dot{K}_{ш\epsilon}|$  и  $\lambda_{\epsilon 2\epsilon}$  – модуль коэффициента передачи шлейфового разветвления и длина основной волны ШГВ при наличии во вторичном канале диэлектрического материала;  $|\dot{K}_{ш}|$  и  $\lambda_{\epsilon 2}$  – модуль коэффициента передачи шлейфового разветвления и длина основной волны ШГВ при отсутствии во вторичном канале диэлектрического материала;  $\varphi_r = \arctg(\Gamma''_{c12} / \Gamma'_{c12})$ ;  $\Gamma'_{c12}$  и  $\Gamma''_{c12}$  – действительная и мнимая части комплексной постоянной распространения основной волны в ШГВ.

Равномерное тепловыделение по длине обрабатываемого материала может быть достигнуто, если коэффициенты передачи  $n$  и  $n-1$  шлейфовых разветвлений связаны между собой соотношением

$$|\dot{K}_n| = |\dot{K}_{n-1}| / (1 - |\dot{K}_{n-1}|).$$

Таким образом, рассмотренное в настоящей работе СВЧ-устройство на связанных посредством шлейфовых разветвлений ПрВ и равностороннем ШГВ позволяет использовать менее мощные микроволновые генераторы при более эффективном воздействии на термообрабатываемый материал.

#### Библиографический список

1. Скворцов А. А. СВЧ-устройство на связанных прямоугольных и шестигранном волноводах для термообработки диэлектрических материалов // Вестник СГТУ. 2006. № 1, вып. 1. С. 144–148.
2. Сосунов В. А., Беляев В. И. Камера бегущей волны на шестигранном волноводе // Электротехнология на рубеже веков: материалы Поволжской науч.-техн. конф. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. С. 33.

## **ВЛИЯНИЕ ЖЁСТКОСТИ СТАНКА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(andrey.soldatoff2012@yandex.ru.)*

Механическая обработка заготовок в машиностроительном производстве на токарных станках выполняется с помощью инструментов и приспособлений. Все эти узлы и устройства образуют одну единую замкнутую упругую систему: станок–приспособление – инструмент – заготовка. Эта система обладает жёсткостью, и чем она выше, тем точнее и быстрее производится обработка поверхностей заготовок. На более жестких станках можно изготовить больше деталей за единицу времени, чем на станках меньшей жёсткости. Это ведёт к повышению производительности оборудования и в первую очередь значительному сокращению затрат электроэнергии на изготовление единицы продукции.

Производительность механической обработки находится в непосредственной связи с жёсткостью технологической системы. Основное уравнение жёсткости может быть представлено в виде формул:

$$y = \omega \cdot C_{py} \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \quad (1)$$

$$\omega = 1/j \quad (2)$$

где,  $\omega$  – податливость технологической системы;  $j$  – жесткость технологической системы;  $C_{py}$  – коэффициент, характеризующий твердость материала обрабатываемой заготовки;  $t$  – глубина резания, мм;  $s$  – скорость подачи, мм/об;  $x_p$  и  $y_p$  – показатели степени.

В формуле (1) податливость  $\omega = 1/j$  выступает в качестве коэффициента пропорциональности между производительностью и погрешностью обработки. Профессор А.П. Соколовский показал, что при токарной обработке заготовок быстрорежущими резцами за один ход с заданной точностью продолжительность обработки единицы поверхности, выраженная основным технологическим временем обработки, приблизительно обратно пропорциональна корню квадратному из жёсткости системы ( $\sqrt{j}$ ). Другими словами, повысив жёсткость системы в четыре раза, можно вдвое уменьшить машинное время обработки. Приведённые данные показывают, что одним из способов повышения точности обработки является уменьшение упругих отжатию технологической системы посредством повышения ее жёсткости.

Жёсткость технологической системы может быть повышена сокращением общего числа звеньев, входящих в размерную цепь. Податливость технологической системы определяется суммой податливостей входящих в неё звеньев, поэтому уменьшение числа звеньев уменьшает податливость и повышает жёсткость системы.

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n \quad (3)$$

Сокращать следует не только число звеньев технологической системы, но и количество отдельных элементов системы (промежуточных приспособлений и державок), а также деталей станков и приспособлений. Уменьшение числа деталей достигается посредством замены нескольких мелких деталей одной сложной и массивной деталью; созданием конструкции станков, у которых корпуса шпиндельных бабок отливаются вместе со станиной. При этом значительное влияние на жёсткость будет оказывать качество их сборки, а именно тщательность пригонки сопрягаемых поверхностей, величины зазоров в соединениях и предварительных натягов.

### **Библиографический список**

1. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». –Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. –512с.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ SCAD ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Ульяновский государственный технический университет  
(soloviev247@yandex.ru, prokofev.ivan.2015@yandex.ru)

Наибольшее распространение при анализе переходных процессов в электроэнергетических и электротехнических системах и устройствах получили численные автоматизированные программы, например, пакет Simulink [1]. В то же время численные методы не дают детальную информацию о переходном процессе, например, о наличии или отсутствии конкретных составляющих тока и напряжений. Такую информацию можно получить только аналитическими методами – классическим и операторным.

Однако автоматизированные программы анализа переходных процессов на основе аналитических методов отсутствуют из-за сложности их реализации, поэтому в настоящей работе рассматриваются возможности автоматизации некоторых этапов классического и операторного метода с помощью системы символьного анализа электрических цепей SCAD [2].

Исходными данными для системы является графическая информация о топологии и элементном составе схемы. Допускаются произвольные элементы линейных электрических цепей – независимые источники ЭДС и тока, активные (резистивные) сопротивления и проводимости, конденсаторы и индуктивности, источники напряжения и тока, управляемые как током, так и напряжением, идеальные операционные усилители (нулло-ры). При этом система позволяет получить символьное выражение для токов, напряжений в виде отношения двух полиномов – как в каноническом виде относительно комплексной частоты (оператора Лапласа), так и в свернутом виде.

Таким образом, для операторного метода система SCAD позволяет получить автоматически операторное дробно-рациональное выражение тока и напряжения. При этом начальные условия учитываются с помощью операторных источников напряжения или тока.

Для классического метода с помощью системы SCAD выполняются автоматически следующие этапы: 1) формирование принужденной составляющей искомого тока и напряжения при постоянном, синусоидальном или несинусоидальном периодическом воздействии; 2) построение характеристического уравнения цепи в виде степенного полинома; 3) нахождение начальных условий для переменных состояния при установившемся режиме до коммутации; 4) нахождение взаимных коэффициентов связи переменных состояния – схемных коэффициентов для построения системы уравнений относительно искомым постоянных интегрирования.

С применением системы SCAD проведен анализ переходных процессов в трехфазных сетях третьего и четвертого порядка – с взаимными индуктивностями между линиями при однофазном коротком замыкании (рис. 1,а), при включении сети с трансформатором и сети с изолированной нейтралью. Функции токов для схемы на рис. 1,а с численными параметрами на рис. 1,б имеют вид

$$\begin{aligned} i_A(t) &= 11,446 \cdot e^{-49,347 \cdot t} - 1,264 \cdot e^{-126,652 \cdot t} + 32,843 \cdot \sin(\omega t - 73,9^\circ); \\ i_B(t) &= 1,644 \cdot e^{-49,347 \cdot t} + 0,778 \cdot e^{-126,652 \cdot t} + 22,381 \cdot \sin(\omega t + 177,7^\circ); \\ i_C(t) &= 1,644 \cdot e^{-49,347 \cdot t} + 0,778 \cdot e^{-126,652 \cdot t} + 21,432 \cdot \sin(\omega t + 46,8^\circ). \end{aligned} \quad (1)$$

Несмотря на то, что рассматриваемая схема имеет третий порядок, в уравнениях присутствует только две экспоненциальных составляющих. Третьи составляющие, связанные с корнем характеристического уравнения (– 125,0 с<sup>-1</sup>), равны нулю, поскольку равны нулю соответствующие постоянные интегрирования.

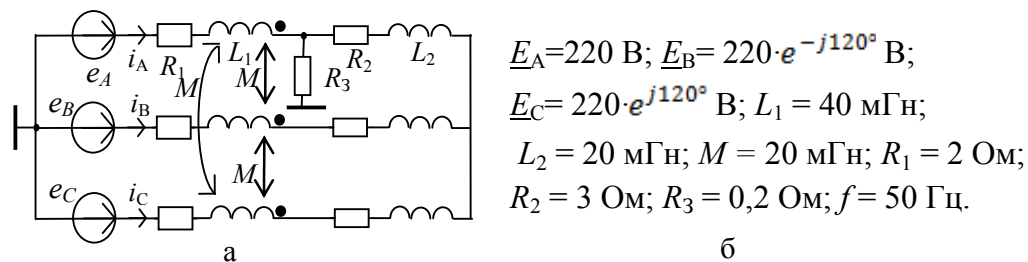


Рис. 1. Схема трехфазной цепи (а) и параметры элементов (б)

Как показали исследования, графики функций (1) соответствуют кривым, полученным численными методами с помощью пакета Simulink. В то же время эта система не дает детальной информации о токах, как уравнения (1).



### Библиографический список

1. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
2. Березуев Р.И., Курганов С.А., Филаретов В.В., Шеин Д.В. SCAD – система символьного анализа и диагностики линейных электронных цепей // Схемно-топологические модели активных электрических цепей: синтез, анализ, диагностика: Тр. междунаро. конф. КЛИН–2005. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – Т. 3. – С. 3–10.

Тихонов Д.О., Максимова И. А, Михеев А. В.

### ПРИМЕНЕНИЕ ГОФРИРОВАННЫХ РУПОРНО - ВОЛНОВОДНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ В ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕННАХ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов,  
(tixon68den@yandex.ru)

В настоящее время существует огромное множество облучателей зеркальных антенн. Простейшие вибраторные, щелевые и рупорно-волноводные облучатели обладают несомненными достоинствами: они компактны, минимально затеяют, раскрыв зеркала и весьма удобны как элементы облучающих АР в сканирующих, многолучевых, многочастотных зеркальных антеннах и антеннах с ДН специальной формы. Однако как одиночные облучатели они не обеспечивают одновременно высокий КИП и низкий УБЛ. Многомодовые рупорно-волноводные облучатели лишены таких недостатков, они формируют ДН требуемой формы с хорошими поляризационными характеристиками в узкой полосе частот. Наиболее оптимальными и широкополосными одиночными облучателями являются гибридно-модовые в виде рупорно-волноводных излучателей с ребристыми металлическими стенками.

В таких облучателях эффективно возбуждается гибридная волна  $HE_{11}$ , силовые линии  $E$  и  $H$  которой почти не искривляются в поперечном сечении, что обеспечивает осевую симметрию ДН облучателя и практическое отсутствие кроссполяризации.

При проектировании облучателя в виде цилиндрического гофрированного волновода (рис.1) следует выбирать: шаг гофра  $s < 0,15\lambda$ , толщину ребер  $t \geq 0,5s$ , глубину канавок  $d \geq 0,25\lambda$  в зависимости от диаметра  $kr_1$ . На рис.2 показаны зависимости оптимальных параметров для облучателя.

Такой выбор параметров облучателя обеспечивает осевую симметрию ДН до уровня -20...-25 дБ и кроссполяризационное излучение не более -30 дБ. Поле излучения цилиндрического гофрированного волновода с рабочей волной  $HE_{11}$  рассчитывается по следующим формулам:

$$E_\psi(\psi) = (1 + \beta \cos \psi) \Lambda L(\psi) + (\cos \psi + \beta) Q(\psi);$$

$$E_\xi(\psi) = -(1 + \beta \cos \psi) L(\psi) - (\cos \psi + \beta) \Lambda Q(\psi);$$

$$E_\xi = -(1 + \beta \cos \psi) L(\psi) - (\cos \psi + \beta) \Lambda Q(\psi),$$

где  $Q(\psi) = [x_1 J_1(x_1) J_1(u_1) - u_1 J_1(u_1) J_1(x_1)] / (x^2 - u^2)$ ;  $L(\psi) = [J_1(u_1) J_1(x_1)] / u_1 x_1$ ,

$u_1 = kr_1 \sin \psi$ ,  $x_1 = (k^2 - \beta^2)^{1/2} r_1$ ,  $\beta$  – коэффициент распространения в гофрированном волноводе;  $\beta = \beta / k$ ;  $\Lambda = 1$  для волн  $HE_{1,m}$ ,  $\Lambda = -1$  для волн  $EH_{1,m} \cdot \lambda$ .

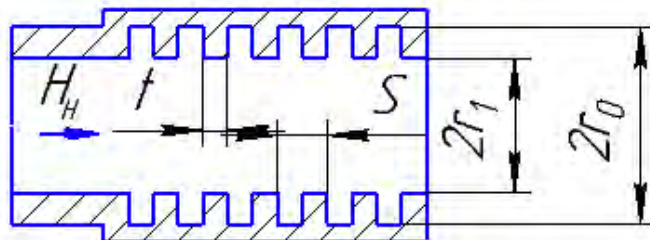


Рис. 1 – Гофрированный волновод.

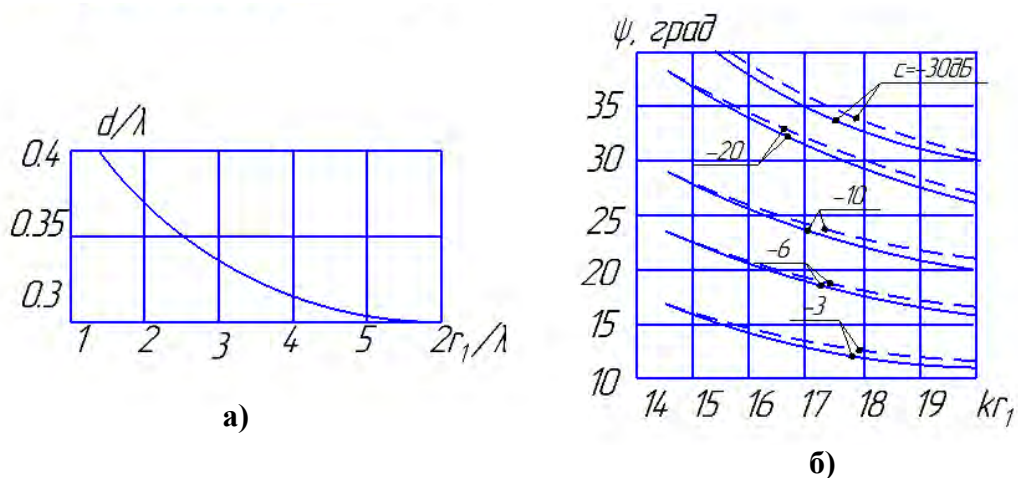


Рис. 2 – Зависимости оптимальных параметров для облучателя в виде цилиндрического гофрированного волновода:  
(а)  $d/\lambda$  от  $2r_1/\lambda$  (б)  $\psi$  от  $kr_1$

Таким образом, применения гофрированных волноводов в качестве облучателя зеркальных антенн позволяет осуществлять поляризационную развязку за счет применения различного типа волн в данном облучателе.

#### Библиографический список

1. Фролов О.П.; Антенны для земных станций спутниковой связи; «Радиолокация и связь»; 2000, - 376 с.
2. А. А. Летунов, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. С. Колмыкова, Р. Ю. Курносков Синтез гибридной зеркальной антенны для систем наземной спутниковой // Журнал Вопросы современной науки и практики. Университет им В.И. Вернадского. №4(58). 2015. С. 107-113.

Тихонов Д.О., Немченко С. И., Михеев А. В.

#### ОБЛУЧАТЕЛИ ГИБРИДНЫХ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ УПЛОТНЕНИЕМ

ФГБОУ ВО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
(tixon68den@yandex.ru)

В современных системах спутниковой связи все большее число спутников, например «Ямал-200» и «Express AM3», используют поляризационное уплотнение в широкой полосе частот С-диапазона. Для эффективной работы с данными спутника необходимо иметь антенные системы с большими коэффициентами усиления и возможностью поляризационного управления. К таким системам можно отнести системы на основе гибридных зеркальных антенн, облучатели которых имеют возможность поляризационного управления. На рисунке 1 представлен общий вид гибридной зеркальной антенны.

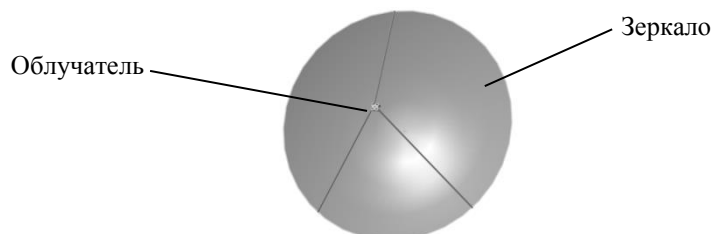


Рис. 1 – общий вид гибридной зеркальной антенны.

Гибридные зеркальные антенны имеют: широкую полосу пропускания, возможность балансировки трафика в зависимости от загрузки канала связи, формирование многолучевых диаграмм. Гибридные зеркальные антенны позволяют повысить помехоустойчивость канала связи в целом при воздействии различного рода помех, а также повысить энергоэффективность данных систем в целом.

Для улучшения эксплуатационных поляризационных характеристик антенны для ЗССС требуется сформулировать требования к угловой величине области. Угловая область является одним из важнейших компонентов общих требований по кроссполяризационной развязке, внутри которой должно выполняться требование на величину развязки. В связи с этим возникает ряд сложностей, одна из таких проблем состоит в том, что происходит фиксация определенной угловой области, примыкающей к направлению главного излучения во время эксплуатации антенной системы это направление не всегда строго ориентировано на бортовой ретранслятор. Целесообразно задавать указанную форму области в виде круга или квадрата[1,2] (рис. 2), угловая ширина, которой напрямую связана с суммой угловых флюктуаций, парциальные слагаемые которой учитывают различные механизмы образования упомянутого углового расхождения. Парциальное угловое расхождение можно оценивать через параметры антенных систем, т.е. диаметр и длину волны.

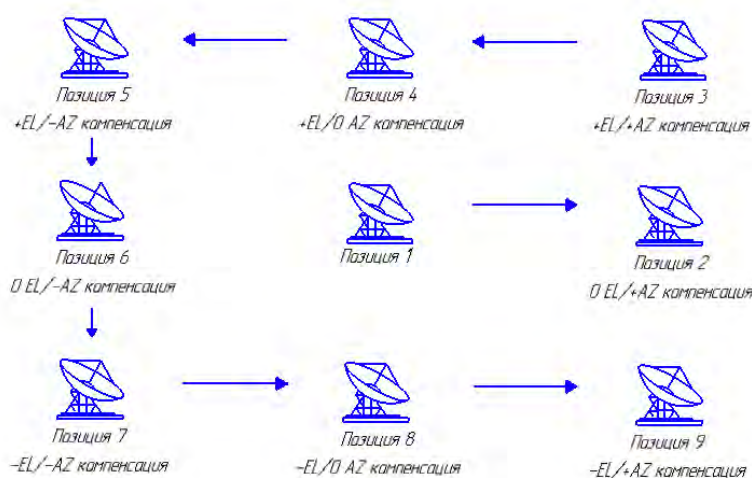


Рис. 2 – Структурная схема кроссполяризационного уплотнения

Такой выбор контура практически повторяет угловое перемещение максимума ДН антенны в процессе автоматического наведения на спутник. При таком выборе контура угловая область, соответствующая  $\pm 45^\circ$  - градусным плоскостям, расширена в 1,4 раза по сравнению с азимутальной и угломестной плоскостями. Это целесообразно, т.к. именно в этой плоскости находятся максимумы ДН по кроссполяризации. Если говорить о угловом размере области, то единицей измерения здесь служит параметр SS ( Step Size – величина шага) и вычисляется с помощью следующего выражения:

$$SS = 13,3(\lambda / D), \text{ град}$$

где D – диаметр антенны в метрах;  $\lambda$  - длина волны.

Таким образом, при такой конфигурации контура потери в основном сигнале составят границах контура в горизонтальной или вертикальной плоскостях 0,5 дБ, а в диагональных плоскостях 1.0 дБ.

#### Библиографический список

1. Фролов О.П.; Антенны для земных станций спутниковой связи; «Радиолокация и связь»; 2000, - 376 с.
2. А. А. Летунов, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. С. Колмыкова, Р. Ю. Курносов Синтез гибридной зеркальной антенны для систем наземной спутниковой // Журнал Вопросы современно науки и практики. Университет им В.И. Вернадского. №4(58). 2015. С. 107-113

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЦЕПЕЙ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP

Тамбовский государственный технический университет  
(tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru, boltnev.grisha@yandex.ru, bushueff.iwan2017@yandex.ru,  
dmitru008.mukin@yandex.ru).

Резонансные цепи играют важную роль в работе радиопередающих и радиоприемных устройств, системах радиочастотной идентификации, а также в измерительных и специальных схемах [1, 2]. Простейшей резонансной цепью является замкнутый параллельный (или последовательный) колебательный  $LC$ -контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора.

Исследовать физические процессы, протекающие в контуре, и наглядно продемонстрировать эффект резонанса удобно с помощью программы схемотехнического моделирования *Micro-Cap* [3].

На рис. 1 показана реализация схемы параллельного колебательного контура в программе *Micro-Cap*, где  $R1$  – эквивалентное сопротивление нагрузки и внутреннего сопротивления источника сигнала, а  $R2$  – эквивалентное сопротивление потерь в катушке. Значения параметров элементов контура  $L1$  и  $C1$  и формула для расчета резонансной частоты задаются с помощью директивы *define* в формате *Spice*.

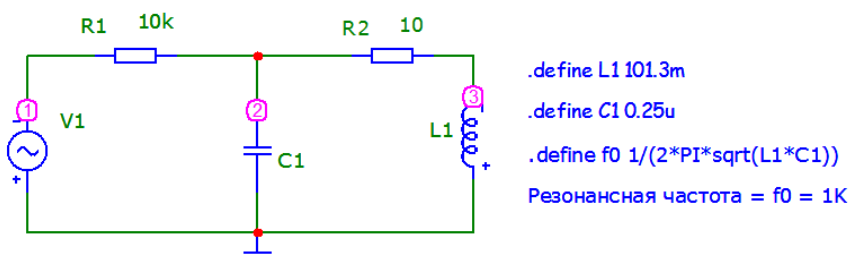


Рис. 1 Реализация параллельного резонансного  $LC$ -контура

На рис. 2 приведено окно с результатами моделирования, в верхней части которого показаны полученные в результате моделирования временные реализации напряжений в узлах 1 (сигнал с наибольшей амплитудой) и 2, которые на рис. 1 отмечены цифрами в кружках. В его нижней части показаны временные диаграммы токов в неразветвленной части контура – тока источника (кривая с маленькой амплитудой) и токов в емкостной (пунктирная кривая) и индуктивной ветвях контура. На начальном интервале времени 6 мс наблюдается переходной процесс, а затем устанавливаются стабильные колебания.

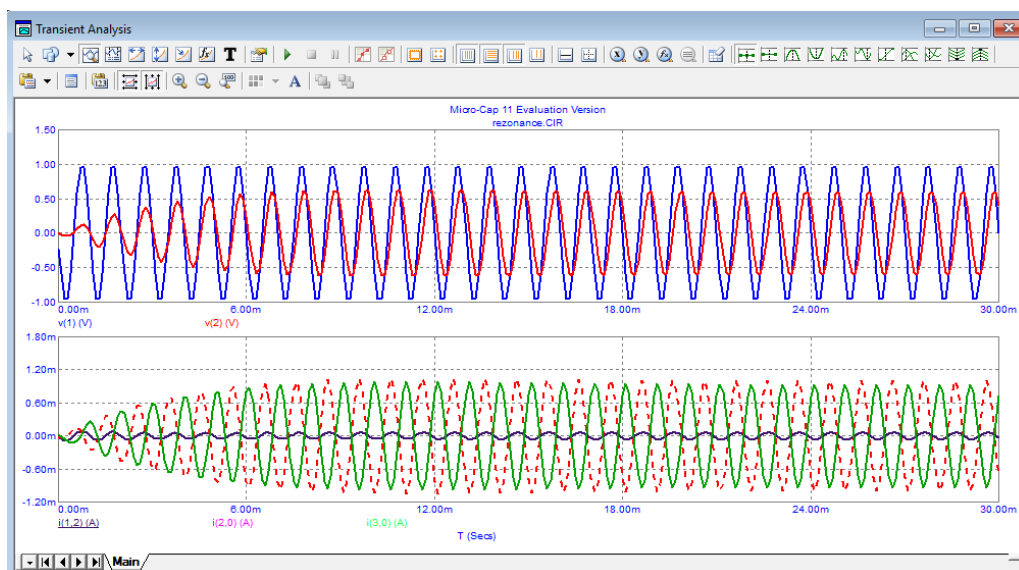


Рис. 2 Скриншот окна с результатами моделирования

Из рис. 2 видно, что токи в индуктивности и емкости противоположны по фазе, их амплитуды одинаковы и много больше амплитуды тока источника, то есть в параллельном колебательном контуре имеет место резонанс токов.

Аналогичным рассмотренному выполняется и моделирование последовательного колебательного контура при исследовании резонанса напряжения.

### **Библиографический список**

1. Томаси У. Электронные системы связи. / У. Томаси, пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 1360 с.
2. Дшхунян В.Л. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты. / В.Л. Дшхунян, В.Ф. Шаньгин. – М.: НТ Пресс, 2004. – 695 с.
3. Амелина М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. / М.А. Амелина, С.А. Амелин. – Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с.

**Тюрин И.В., Кузнецова М.С.**

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(tyrini@crems.jesby.tstu.ru, mbondartseva@mail.ru).*

Для решения задач идентификации моделей сложных объектов в основном применяются два класса информационных технологий. К первому относятся пакеты прикладных программ для выполнения различного рода математических вычислений и инженерных расчетов, а к второму – специализированные программы, входящие отдельными модулями в различные информационные системы.

Программный комплекс *MATLAB* фирмы *MathWorks* является наиболее ярким представителем информационных технологий первого класса и включает два пакета для идентификации моделей – *System Identification Toolbox*. Пакет предоставляет возможности для построения математических моделей линейных и нелинейных динамических систем по измеренным данным входа и выхода реальной системы. При помощи пакета *System Identification Toolbox* можно выполнять идентификацию системы как серого ящика для оценки параметров определенной пользователем модели.

Пакет имеет удобный графический интерфейс, помогающий в диалоговом режиме располагать экспериментальные данные и получать соответствующие модели. К основным свойствам пакета относятся:

- возможность предварительной обработки данных, включая фильтрацию, удаление трендов и смещений;
- выбор диапазона используемых данных;
- применение эффективных методов авторегрессии;
- возможности моделирования динамических свойств системы как во временной, так и частотной областях и др.

Для облегчения работы с разнообразными моделями в пакете они разбиты на группы: линейные, нелинейные, стационарные, нестационарные, непрерывные, дискретные, с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами и т.д.

При оценивании параметров модели заданной структуры в качестве критерия адекватности модели обычно используются средний квадрат рассогласования между экспериментальными данными на выходе и рассчитанными по модели.

В качестве примера информационной технологии второго класса рассмотрим программные модули экспертной системы «Энергосберегающее управление динамическими объектами», предназначенные для идентификации моделей [1]. Эти модули позволяют в автоматизированном режиме выполнять следующие работы.

1. Планировать проведение экспериментов и производить их первичную обработку. Основными целями данного этапа являются:

- получение исходных данных для идентификации модели динамики объекта;
- предварительное оценивание возможного эффекта от энергосберегающего оптимального управления;
- «эскизная» формализация возможного решения задачи оптимального управления.

2. Производить выбор вида (структуры) модели и оценку ее параметров. При этом возможны решения ряда задач идентификации, различающихся степенью изученности объекта. Например, структура модели известна и требуется оценить лишь параметры дифференциальных уравнений или идентифицировать структуру и др.

Особенностями решаемых задач идентификации являются следующие. Во-первых, получаемые модели должны годиться для оперативного решения ЗОУ, т.е. для них нужны соответствующие фреймы в базе знаний экспертной системы. Во-вторых, модели должны удовлетворять требованиям адекватности при различных значениях управляющих воздействий, во всем диапазоне изменения фазовых координат и состояний функционирования. В-третьих, значения параметров моделей не должны противоречить протекающим физическим процессам при динамических режимах. В-четвертых, должны соблюдаться ограничения на допустимость разрывов фазовых координат и их производных. В достаточной степени этим требованиям удовлетворяют модели в виде дифференциальных уравнений с разрывной правой частью при ограничении на разрывы производных в моменты «переключения» правых частей.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

### ***Библиографический список***

1. Муромцев Д.Ю. Энергосберегающее управление группой тепловых аппаратов/ Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов // Промышленные АСУ и контроллеры. 2005. №10. С. 44-45.

***Фролов Андрей Евгеньевич***

## **АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА "ТРАКТОРНЫЙ" ГОРОДА ЛИПЕЦКА**

*Липецкий Государственный Технический Университет  
(eryt347@mail.ru)*

В настоящее время в России, в том числе и в городе Липецке, преобладают централизованные системы теплоснабжения (ЦСТ).

Теплоснабжение зданий микрорайона "Тракторный" города Липецка осуществляется централизованно от липецкой ТЭЦ-2. На микрорайоне применен метод повышения надежности путем кольцевания тепловых сетей. В настоящее время сеть насчитывает двенадцать закольцованных участков (Рис.1а).

Во время отопительного периода в жилых домах, находящихся на территории микрорайона наблюдается как систематический недогрев, так и перегрев отопительных приборов в системах отопления зданий. Похожая проблема имеется во многих городах России, и этому есть ряд разумных объяснений:

- 1) уход от центрального качественного регулирования тепловой нагрузки;
- 2) подключение новых зданий и сооружений к действующей сети не сопровождалось соответствующей корректировкой отпуска теплоты;
- 3) переход на пониженный температурный график отпуска теплоты изменений в расчетный гидравлический режим тепловых сетей;
- 4) отсутствие комплексного учета факторов, влияющих на эффективность теплоснабжения.

Плюсом и, одновременно, минусом кольцевых сетей является способность и необходимость поддержания в них стабильного гидравлического режима. Поэтому рациональное использование такого метода весьма ограничено. Кольцевание обычно выполняют для крупных населенных пунктов, теплоснабжение которых осуществляется от нескольких источников.

В случае с ЦСТ микрорайона «Тракторный» города Липецка рекомендуется отступить от закольцованности путём приведения определенной запорной арматуры в закрытое состояние (Рис.1б) и условно разбить сеть на определенное количество ветвей, то есть, конфигурацию тепловой сети привести к тупиковой (радиальной) схеме. При этом в момент аварии секционирующие задвижки, закрывая или открывая те или иные участки, помогут избежать полного отказа системы.

Расположение секционирующих задвижек выбиралось так, что бы по ходу движения теплоносителя по каждой ветви с уменьшением расхода теплоносителя не наблюдалось увеличения диаметра трубопровода (Рис.1б).

С помощью программы Zulu было установлено, что, при размыкании кольцевого режима, самый «проблемный» потребитель будет снабжен необходимым количеством теплоносителя с достаточным напором, а значит предлагаемое изменение конфигурации тепловой сети вполне приемлемо.

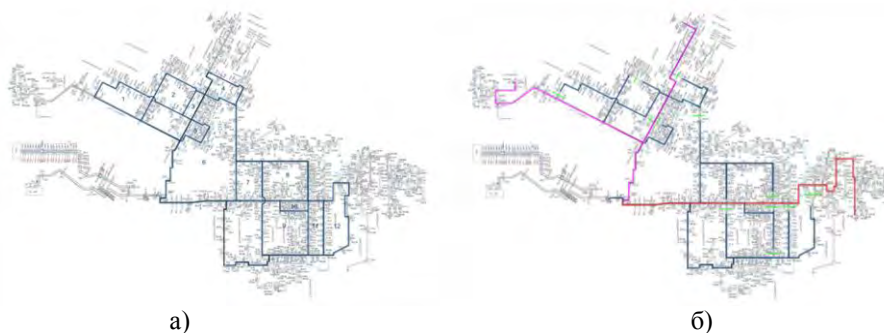


Рис.1. Схема теплоснабжения микрорайона «Тракторный» города Липецка:  
а) существующая , б) предлагаемая.

Для правильной корректировки гидравлического режима, необходимо выполнить гидравлическую увязку каждого потребителя путем варьирования режимами работы регулирующей арматуры, а значит длинами путей движения воды для отдельных ветвей.

Для определения надежности тепловой сети разработана методика [3], согласно которой определены значения реального и допустимого показателей надежности.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Стерлигов В.А.*

#### **Библиографический список**

1. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. - М.: Стройиздат, 1989. - 265 с.
2. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети». Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.
3. Публикация в сборнике тезисов докладов третьей международной конференции с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах» г. Тамбов, 2016г., 465 с.

*Худяков В.В., Дмитриев О.С., Баронин Г.С.*

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДОФАЗНОЙ ШТАМПОВКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(phys@nnn.tstu.ru)*

Фторполимерные нанокompозиты модифицированные дисперсным наполнителем находят применение во многих отраслях техники с неуклонным повышением объём выпуска изделий из них, что делает актуальным снижение энергетических и сырьевых затрат на их производства. Технология обработки давлением в твердой фазе является одной из перспективных на сегодняшний день. Она позволяет существенно сократить технологический цикл формования, повысить производительность и решить проблему отходов [1].

Главной проблемой, возникающей при разработке и реализации технологического процесса штамповки, является определение температуры прессформы и скорости штамповки, потому что при твердофазном формовании за счет диссипации механической энергии может возникнуть перегрев заготовки и деструкция нанокompозита. Для получения наилучших физико-механических характеристик с минимальными энергетическими и временными затратами необходимо при производстве соблюдать заданные оптимальные технологические режимы формования изделий, которые определяются на стадии разработки материала [1]. Одним из подходов разработки оптимальной технологии является математическое моделирование термокинетического процесса получения изделий из фторполимерных нанокompозитов и расчета на её основе оптимальных режимов твердофазного формования изделий методом штамповки [2, 3].

Технологический процесс твердофазной штамповки изделий сложной формы из фторполимерного нанокompозита включает в себя следующие операции:

- подготовка цилиндрической заготовки из нанокompозита;



- нагрев прессформы до температуры формования;
- нагрев заготовки из нанокompозита до нужной температуры;
- укладка заготовки материала в прессформу;
- подача давления и процесс штамповки;
- извлечение готового изделия из прессформы.

Рассмотрено течение вязкотекучего материала в цилиндрической камере прессформы, ограниченной сверху перемещающимся пуансоном и снизу нижней частью прессформы. Нижняя часть прессформы представляет собой поверхность сложной формы, определяющая форму формируемого изделия. Силой трения о стенки прессформы и действием объемных сил пренебрегаем. Область потока имеет всего один участок: течение внутри прессформы между перемещающимся пуансоном и нижней частью прессформы.

Математическая модель процесса твердофазного формования изделий включает в себя уравнения неразрывности, равновесия, теплопереноса с соответствующими начальными и граничными условиями и реологические соотношения.

Параметры математической модели были получены экспериментально на основе исследования теплофизических и триботехнических характеристик, а реологические параметры были взяты из проведенных ранее исследований [4]. Параметры прессования заготовки для последующей обработки в твердой фазе значительно влияют на теплофизические и триботехнические характеристики готовых изделий, что подтверждено экспериментальными исследованиями.

Полученная математическая модель позволяет получить оптимальные диапазоны параметров прессования для получения изделий с улучшенными качественными характеристиками.

*Работа выполнена в рамках базовой части госзадания Минобрнауки РФ № 2014/219, код проекта 2079.*

#### **Библиографический список**

4. Полуэктов В.Л. Особенности технологии комбинированной твердофазной экструзии, формирования структуры и свойств нанокompозитов на основе фторполимеров / В.Л. Полуэктов, В.М. Бузник, Г.С. Баронин, В.В. Худяков // Вестник ТГТУ. 2014. Т. 20. № 3. – С. 564-571.
5. Шапкин К.В. Математическое моделирование процессов реодинамики при плунжерной экструзии полимерных материалов / К.В. Шапкин, Л.С. Стельмах, А.М. Столин, Г.С. Баронин // Вестник ТГТУ. 2007. Т. 13. № 3. – С. 747-754.
6. Дмитриев О.С. Расчет и анализ оптимальных режимов отверждения изделий из стеклопластиков в зависимости от их толщины / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, Н.С. Кавун, А.О. Дмитриев // Пластические массы. 2011. № 10. – С. 21-27.
7. Баронин Г.С. Полимерные композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, модифицированного нанодобавками / Г.С. Баронин, В.М. Бузник, В.В. Худяков, О.С. Дмитриев, В.Л. Полуэктов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016. Т. 21. № 3. С. 886-889.

**Чернышов В.А. \*, Печагин Е.А. \*\***

#### **ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

*\* Орловский государственный аграрный университет, Орел*

*\*\* Тамбовский государственный технический университет, Тамбов  
(suroot@mail.ru, pechagin\_ea@mail.ru)*

Для решения проблемы телемеханизации воздушных сетей с изолированной нейтралью[1], необходим такой способ приема-передачи аппаратной информации, который не потребует больших капитальных вложений на свою реализацию, а главное будет надежно и эффективно функционировать.

Основная идея предлагаемого способа[2], поясняется на рисунке 1, на котором представлена принципиальная схема локализации замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью посредством спутниковой системы позиционирования.

Предлагаемый способ функционирует следующим образом.





## ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Тамбовский государственный технический университет  
(art\_mari@rambler.ru)

Метрологическая надежность (МН) является одной из главных характеристик качества электронных измерительных средств (ЭИС) и определяется характером и темпом изменения нормируемых метрологических характеристик (МХ). Оценка показателей МН на этапе проектирования ЭИС производится с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования, основанного на математической модели ЭИС и получением адекватных математических моделей МХ исследуемого измерительного средства [1-3].

Процесс прогнозирования характеризуется набором показателей качества, основными из которых являются: точность прогнозирования; эффективность прогнозирования; достоверность прогнозирования [1].

Предложен показатель достоверности прогнозирования, который позволяет определить степень доверия к построенным на этапе проектирования математическим моделям изменения во времени метрологических характеристик электронных измерительных средств и оценить качество решенной задачи прогнозирования метрологической надежности.

Оценка достоверности прогнозирования метрологической надежности проводится с применением основных положений теории Демпстера-Шафера. При этом используются два понятия: первое – получение степени доверия из экспертных оценок, второе – использование правила объединения экспертных оценок, при условии их независимости. Экспертная оценка представляет собой сведения о принадлежности – 1 или не принадлежности – 0 исследуемой метрологической характеристики допустимым значениям на области контроля  $T_1$ .

При сравнении достоверности прогнозирования математических моделей изменения во времени МХ для различных электронных измерительных средств одного типа в качестве экспертных данных используются данные об изменении во времени МХ, полученные с учетом реальных условий эксплуатации в моменты времени контроля состояния МХ при проведении проверок ЭИС. В результате проведенных преобразований и получения дополнительных экспертных оценок предложена расчетная формула для определения достоверности прогнозирования состояния МХ и соответственно МН ЭИС с учетом принятых математических моделей:

$$R = \frac{\sum_{x \cap y = z} R_{1,2} \cdot \dots \cdot R_n}{1 - \sum_{x \cap y = \emptyset} R_{1,2} \cdot \dots \cdot R_n}, \quad (1)$$

где  $R_{1,2}$  – мера доверия к математическим моделям изменения во времени метрологической характеристики в первой и второй точках контроля  $t_1, t_2$ ,  $R_n$  – мера доверия к принятой математической модели изменения во времени метрологической характеристики в конечной  $n$ -ой точке контроля.

Таким образом, определяется показатель достоверности прогнозирования метрологической надежности для различных математических моделей изменения во времени метрологических характеристик. Получены математические выражения для оценки достоверности прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств, позволяющие оценить степень достоверности для каждой используемой математической модели изменения во времени метрологической характеристики и выбрать для решения задачи прогнозирования метрологической надежности математическую модель с наиболее высоким рассчитанным показателем качества прогнозирования.

### Библиографический список

1. Чернышова, Т.И. Методы и информационно-измерительные системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий. Научное издание: монография/ Чернышова Т.И., Чернышов В.Н.-СПб: «Экспертные решения», 2016.-384 с.
2. Грибков, А.Н. Research method for existence domain of a solution to an optimal control problem under random perturbances / А.Н. Грибков, С.В.Артемова., П.А. Подхвятилин, И.А. Куркин //Вестник Тамбовского государственного технического университета.- 2012.- Т 18, № 2 — С.345-349 (Импакт-фактор РИНЦ 2013 - 0,190)
3. Артемова С.В., Артемов А.А., Мелисаров В.М., Подхвятилин П.А.Использование интеллектуальных датчиков для оперативной оценки влажности движущегося пастообразного материала в процессе сушки // Измерительная техника.– 2016.– № 4.– С. 365-368 (Импакт-фактор РИНЦ 2013 – 0,323). Scopus.

# ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СТРУКТУРЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет  
(romankurnosov@rambler.ru)

В настоящее время среди различных групп измерительных средств особую важность получили информационно-измерительные системы (ИИС), позволяющие реализовывать различные и достаточно сложные алгоритмы измерительных процедур. Высокая степень конструктивной, структурной и алгоритмической сложности современных ИИС делает весьма актуальной задачу обеспечения требуемого уровня их метрологической надежности (МН). МН является показателем качества ИИС, характеризующим их свойство сохранять во времени метрологические характеристики (МХ) в пределах установленных норм при эксплуатации в заданных режимах, техническом обслуживании, хранении и транспортировании. То есть МН определяется характером и темпом изменения нормируемых МХ исследуемых ИИС. Проведенные теоретические и практические исследования показывают, что МН ИИС определяются МН входящих в состав их измерительных каналов аналоговых блоков (АБ), в том числе блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Оценка МНАЦП представляет достаточно сложную задачу, одним из путей решения которой является использование аппарата математической метрологии [1].

Возможным путем оценки основной МХ АЦП - погрешности, определяющей уровень блока МН, является использование метода одного отсчета [2]. Метод предполагает при оценке полной погрешности АЦП учет 2-х составляющих погрешности:

- систематической погрешности квантования по уровню, относящейся к первой группе погрешностей;
- случайной погрешности  $\delta_{сл}$ , относящейся ко второй группе погрешностей и являющейся следствием наличия шумов, как во входном сигнале, так и в элементах АЦП.

Наиболее фундаментальной задачей в области оценки погрешности одного отсчета является определение закона распределения общей погрешности преобразования, вызванной обоими указанными источниками. В основе реализации рассматриваемого метода положены следующие допущения:

- 1) случайная погрешность имеет нормальный закон распределения

$$f(\delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\delta} \exp\left[-\frac{(\delta - m_\delta)^2}{2\sigma_\delta^2}\right] \quad (1)$$

где  $m_\delta, \sigma_\delta$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение случайной погрешности АЦП.

- 2) входная величина равномерно распределена внутри диапазона измерений, при этом плотность распределения входной величины:

$$f(x) = \frac{1}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

где  $x_{\max} - x_{\min}$  – максимальное и минимальное значение входной величины соответственно.

Очевидно, что закон распределения полной погрешности будет зависеть от расположения входного сигнала относительно сетки разрешенных уровней, т.е. от метода связи между кодами и соответствующими им разрешенными уровнями. При этом однократный учет в уровне сигнала систематической погрешности и ее исключения из результата измерений позволяет рассматривать доминирующий в полной погрешности АЦП составляющую случайную погрешность. В этом случае, рассматривая реализации нестационарного случайного процесса изменения во времени погрешности АЦП  $\delta(t)$ , представляется возможным определить вероятность метрологической исправности как основной показатель МН АЦП в любые моменты времени эксплуатации при известных характеристиках закона распределения погрешности  $m_\delta(t), \sigma_\delta(t)$  в соответствии с выражением:

$$P(t_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_\delta(t_j)} \cdot \int_{-\delta_{доп}}^{\delta_{доп}} \exp\left\{-\frac{[\delta(t) - m_\delta(t_j)]^2}{2\sigma_\delta^2(t_j)}\right\} dS \quad (3)$$

где  $\delta_{1доп}$  и  $\delta_{2доп}$  – нижний и верхний пределы допустимых значений нормируемой метрологической характеристики  $\delta$ .

Полученное выражение (3) является основой для расчета показателя МН АЦП на этапе проектирования с применением аналитико-вероятностного прогнозирования [1].

### Библиографический список

1. Чернышова Т.И., Третьяков В.В. Применение математического моделирования при реализации методов оценки и повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем – Вестник ТГТУ, – №3 2015. – 381-387 с.
2. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.

*Шмелёв В.Е., Капков А.С.*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ СООТНОШЕНИЙ

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
Россия, Владимир,  
(e-mail: shmelev@vlsu.ru, sasha.velikiy33@yandex.ru).*

Новизна разработки заключается в алгоритме автоматизированного построения системы дифференциальных уравнений в форме, удобной для обработки стандартными численными решателями, на основе топологических матричных соотношений.

Если моделируемая цепь с сосредоточенными параметрами, то процессы в ней описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями (ODE). Для решения ODE существуют стандартные решатели (например, в системе MATLAB), реализующие численные методы. Наиболее корректно эти решатели подключаются, если система ODE цепи сформирована методом переменных состояния. В качестве переменных состояния лучше всего выбирать магнитные потокосцепления идеальных индуктивных элементов и заряды идеальных ёмкостных элементов [1]. Первые производные по времени от этих физических величин представляют собой напряжения на зажимах индуктивностей и токи в ёмкостях. В соответствии со сказанным, система уравнений линейной электрической цепи с сосредоточенными параметрами в пространстве состояний имеет вид

$$\begin{cases} \frac{d[\Psi_L]}{dt} = [u_L] = [K_{LL}] \cdot [\Psi_L] + [K_{LC}] \cdot [q_C] + [K_{Le}] \cdot [e^{(e)}] + [K_{LJ}] \cdot [J^{(e)}], \\ \frac{d[q_C]}{dt} = [i_C] = [K_{CL}] \cdot [q_C] + [K_{CC}] \cdot [q_C] + [K_{Ce}] \cdot [e^{(e)}] + [K_{CJ}] \cdot [J^{(e)}] \end{cases} \quad (1)$$

где  $[\Psi_L]$ ,  $[q_C]$  – столбцы мгновенных значений потокосцеплений индуктивностей и зарядов ёмкостей;  $[u_L]$ ,  $[i_C]$  – столбцы мгновенных значений напряжений индуктивностей и токов ёмкостей;  $[K_{LL}]$ ,  $[K_{LC}]$ ,  $[K_{Le}]$ ,  $[K_{LJ}]$ ,  $[K_{CL}]$ ,  $[K_{CC}]$ ,  $[K_{Ce}]$ ,  $[K_{CJ}]$  – матрицы передач от переменных состояния и источников к скоростям изменения переменных состояния (матрицы скоростных передач);  $[e^{(e)}]$ ,  $[J^{(e)}]$  – столбцы мгновенных значений ЭДС ветвей и токов источников тока ветвей.

Авторами получены расчётные формулы, определяющие матрицы скоростных передач, в которые входят блоки топологической матрицы главных сечений, матрицы индуктивностей и ёмкостей ветвей, матрица сопротивлений резистивных ветвей дерева, матрица проводимостей резистивных ветвей связи. При этом ветви с источниками ЭДС и ёмкостные ветви должны быть ветвями дерева, ветви с источниками тока и индуктивные ветви должны быть ветвями связи. Это означает, что предлагаемый метод моделирования переходных процессов не предназначен для цепей с индуктивными сечениями и ёмкостными контурами.

Для решения дифференциальных уравнений в форме (1) в системе MATLAB имеются стандартные решатели, например, ode15s. Входными данными для разработанного вычислительного сценария являются: матрица узловых соединений, кодирующая анализируемую схему; списки ветвей дерева с ЭДС, с ёмкостями, с резисторами; списки ветвей связи с резисторами, индуктивностями, источниками тока; матрицы индуктивностей, ёмкостей, дескрипторы функций, вычисляющих мгновенные ЭДС и токи источников. В начале алгоритма из матрицы узловых соединений формируется матрица главных сечений, представляющая только ветви связи, размечаются её блоки. Далее вычисляются матрицы скоростных передач в системе (1). Потом строится дескриптор функции, вычисляющей скорости изменения переменных состояния по их мгновенным значениям и по источникам. Затем управление передаётся решателю, например, ode15s. Он возвращает временное распределение переменных состояния в матричной (табличной) форме обычно на неравномерной сетке времени. После по

матричному выражению, аналогичному (1), вычисляются временные распределения токов и напряжений всех ветвей, которые могут быть представлены графиками. По этим выходным данным может проводиться энергетический анализ смоделированного переходного процесса.

С разработанным алгоритмом проведена серия вычислительных экспериментов. В частности, проведено численное сравнение расчётов переходных процессов в цепи с тремя реактивными элементами по предложенному алгоритму и операторным методом. Оценка относительного расхождения осциллограмм переменных состояния не превысила величину  $2,5 \cdot 10^{-8}$ .

#### Библиографический список

1. Демирчян К.С., Коровкин Н.В., Нейман Л.Р. Теоретические основы электротехники. – СПб.: Питер, 2009. – Том 2. – 431 с. ISBN 9785388004116.

Юлдашев М.Н.

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
(mihail777str@yandex.ru)

Беспроводная сенсорная сеть представляет собой систему, которая получает от датчиков данные об окружающей среде, агрегирует их и отображает оператору. Возникает вопрос о том, с какой частотой должны передаваться полученные с сенсоров показания к главному модулю. С ростом количества сеансов связи увеличиваются энергозатраты датчиков, что приводит к уменьшению времени автономной работы, а с сокращением количества сеансов связи – повышается вероятность потери важных данных, что, в результате, может повлечь за собой неверное принятие решения. Данное противоречие показано на Рисунке 1[1].



Рис. 1 Предметное противоречие частоты передачи данных

Основной идеей предлагаемой энергосберегающей технологии является использование динамической частоты передачи данных. Для данной цели могут быть применены методы машинного обучения[2]. Используемый метод регрессии заключается в нахождении наиболее точной модели (функции)  $f$ , позволяющей при известных предшествующих показаниях датчика  $x_{k-1}, \dots, x_{k-m}$  рассчитать частоту передачи данных в момент времени  $k$ :

$$v_k = f(x_{k-1}, \dots, x_{k-m}).$$

Точность модели  $q$  определяется отношением количества принятых верных решений на основе переданных от датчиков данных  $X$  с динамической частотой  $v_k$  к количеству принятых решений при максимально возможной частоте передачи данных в сети. Задача поиска наиболее точной модели можно записать в виде следующего выражения:

$$q(X|v_k)/q_0 \rightarrow 1.$$

Таким образом, для использования энергосберегающей технологии необходимо решить задачи по поиску:  $m$  – количества предшествующих состояний сети до момента времени  $k$  и функции  $f(x_{k-1}, \dots, x_{k-m})$  с максимально возможной точностью.

### **Библиографический список**

1. Адамов А.П., Адамова А.А., Юлдашев М.Н. Методы обеспечения надежности в беспроводных сенсорных сетях по критерию сетевой нагрузки / Ежегодный Международный симпозиум “Надежность и качество”, Пенза, Пензенский Государственный Университет, 23.05.2015- 31.05.2015,- С. 197-199, том 1.
2. Юлдашев М.Н., А.П. Адамов, А.А. Адамова. Классификация состояний беспроводной сенсорной сети с использованием методов машинного обучения. / VII Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем», Зеленоград, 03.10.2016- 07.10.2016,- С. 68-71.

***Efimenko E.V., Alvares Peres, Andres Damianovich***

### **SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS (SAM)**

*Peoples' Friendship University of Russia, lizenok1994@mail.ru,  
andres.alvares.peres@gmail.com*

Due to the rapid development of nanotechnology, nanomaterials, based on nanoparticles with unique characteristics, have been developed. Particularly, thenanoscale organized film structures, including Langmuir-Blodgett films, self-assembled mono- and multi- layers.

SAMs are themselves nanostructures with a number of useful properties. For example, the thickness of a SAM is typically 1-3 nm; they are the most elementary form of a nanometer-scale organic thin-film material.

SAMs are well-suited for studies in nanoscience and technology because:

1. Self-assembling monolayers are easy to prepare, that means, they do not require ultrahigh vacuum (UHV) or other specialized equipment for their preparation;
2. They form on objects of all sizes and are crucial components for stabilizing and preforming of the nanometer-scale objects for example, thin films, nanowires, colloids and other nanostructures;
3. SAM can connect the external environment with the electronic (current-voltage responses, electrochemistry) and optical (local refractive index, surface plasmon frequency) properties of metallic structures;
4. SAM link molecular-level structures with macroscopic interfacial phenomena, such as wetting, adhesion, and friction.

#### **SAM forming**

There is evidence that the formation of SAM occurs in two stages: the first step is adsorption (an increase in the concentration of the solute at the interface of the two phases due to the uncompensated forces of the intermolecular interaction during the separation phase) and the second step is the monolayer organization. Adsorption occurs on the surface of the liquid-liquid contact, liquid-vapor and liquid-solid. The transfer of molecules to the surface occurs due to a combination of diffusion and convection. According to Langmuir or the kinetic model of Avrami, the rate of formation of sedimentary materials on the surface is proportional to the amount of free space on this very surface.

$$k(1 - \theta) = \frac{d\theta}{dt}$$

$\theta$  is proportional to the area of the deposited layer,  $k$  is the rate constant of the reaction.

#### **Application of self-assembled monolayers**

SAMs are inexpensive and versatile surface coatings for various applications, including control of wetting and adhesion (adhesion), chemical resistance, biocompatibility, sensitization (increasing sensitivity to any factor) and molecular recognition for sensors and nano-devices.

SAM applications also include: Biology, Electrochemistry and electronics, Nanoelectromechanical (NEMS) and microelectromechanical systems (MEMS).

Self-assembled monolayers can also be used as models for studying the membrane properties of cells and organoids, as well as the attachment of cells to the surfaces. The use of SAMs for obtaining new materials has gained considerable interest among scientists. It is proposed to create two- and three-dimensional organometallic superlattices by assembling SAMs consisting of nanoparticle clusters or collect them layer by layer from the nanoparticle arrays with dithiols.

#### Conclusion:

Nowadays, the activity in the field of self-assembled monolayers study using nanotechnology is extremely high, as it may be concluded by the exponential growth of foreign publications. These layers have a wide range of applications in various fields of science. In addition, the further development of self-assembled monolayers will help to solve numerous problems of diagnosing and monitoring the living organisms and environmental objects functioning, e.g. to determine small concentration substances.

#### Библиографический список

1. C. Vericat, M. E. Vela, G. Benitez, P. Carrob, R. C. Salvarezza. «Patterning self-assembled monolayers.» *Chemical Society Reviews* (2010).
2. J. Christopher Love, Lara A. Estroff, Jennah K. Kriebel, Ralph G. Nuzzo. «Self-Assembled Monolayers of Thiolates on Metals as a Form of Nanotechnology.» *Chemical Reviews*, Vol. 105, No. 4 (2005): 1106.
3. Schreiber, Frank. «Structure and growth of self-assembling monolayers.» *Progress in Surface Science*, Volume 65, Issue 5 (2000): 151-257.
4. Schwartz, D.K. «Mechanisms and Kinetics of Self-Assembled Monolayer Formation.» *Annual Review of Physical Chemistry* 52 (2001): 107-37.
5. Stefano Casalini, Carlo Augusto Bortolotti, Francesca Leonardic and Fabio Biscarin. «Self-assembled monolayers in organic electronics.» *Chemical Society Reviews* (2017).

**Komotskii V.A., Suetin N.V., Tarabrina I.V.**

#### LASER LIGHT MODULATION USING SCHEME WITH TWO PHASE DIFFRACTION GRATINGS.

*Peoples friendship university of Russia, i.v.tarabrina4991@ya.ru*

The thesis is devoted to **theoretical analysis** and **experimental study** of light modulation on the system of two diffraction gratings (DGs).

Modulating unit (Fig. 1) is a glass parallelepiped 2 from glass, fixed on an axis 6 of electromechanical drive 3. On opposite faces of the parallelepiped two similar phase DGs with period  $\Lambda$  and with a profile in the form of the meander are arranged. The axis of rotation is parallel to the lines of the grating grooves and extends through the center of one of the DG. The distance between the diffraction gratings is equal  $l_z$ .

A beam of coherent light from a source 1 passes through a system of two DGs and diffracts therein. One of the orders of diffraction is allocated with spatial filter 4. To register the radiation power photodetector 5 is applied.

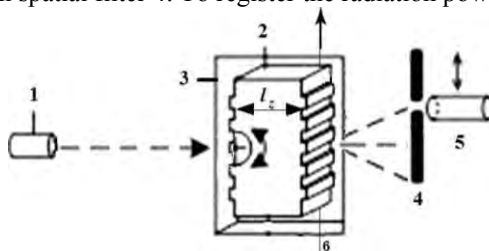


Fig. 1. Model of the modulator based on two phase diffraction gratings

Assuming that the amplitude of spatial phase modulation of the wave front resulting from the interaction of the optical wave with each diffraction grating is optimal [2], the power dependence of the first-order diffraction angle

of incidence of the laser radiation is of the form [2]:  $P_1(\theta) = P_i \left( \frac{2}{\pi^2} + \frac{2}{\pi^2} \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda} x(\theta) + \frac{\pi \lambda l_z}{\Lambda^2}\right) \right)$ , where  $P_i$  - power of the laser radiation with all the losses in the scheme, and the  $x(\theta)$  - offset of the track beam on the second grid. Settlement plots for parallelepipeds with  $l_z=13\text{mm}$  and  $l_z=1\text{mm}$  are presented in Figure 2.

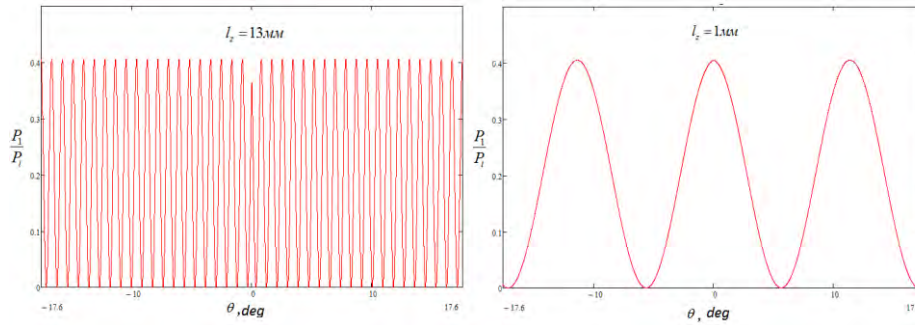


Fig. 2. Dependence of the intensity of the first order diffraction of the angle laser beam falling on the system of the two DGs

When turning the modulating unit relative to the drive axis of the radiation, power in the orders of diffraction periodically changes and has an oscillating character. At each ascending and descending parts we can distinguish linear region. Thus, when the block is rotated by the drive, we can carry out the change in the power output beam.

**Experimental device** layout was assembled in accordance with the scheme shown in Fig. 1. We used a block with the following characteristics:  $l_z = 13\text{mm}$ ,  $\Lambda = 200\text{mkm}$ , depth profile of each of the diffraction grating provides  $\Phi_M \approx 45^\circ$ . Stepper motor with step  $0.088^\circ$  is used as an electromechanical actuator.

We measured the dependence of the radiation power in the first order of diffraction of the step number. The position of the actuator, in which the light the source fell on the modulating unit at right angle, is taken as zero step. Graph of experimental dependence  $P_1(\text{step})$  is shown in Fig. 3.

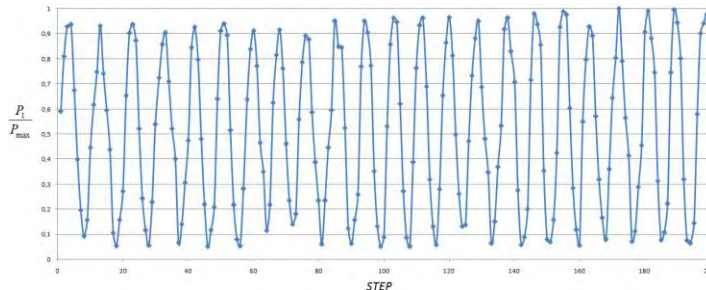


Fig. 3. Dependence of the power in the first order of the step number.

As can be seen from the graph, the relationship has an oscillating character. In this case the slope of the conversion  $P_1(\theta)$  is very high. Such a high transconductance is useful for sensors, but it is not good to be used in power modulation devices. To reduce the transconductance we can reduce the distance between the DGs. Thus, when  $l_z = 1\text{mm}$  (Figure 2) a change in power from zero to maximum corresponds to a rotation of the modulator unit on  $5.6^\circ$ , which corresponds to 64 driver steps.

In this thesis we have shown the possibility to perform the laser power modulation using simple device with two DG and stepper motor as drive.

### Bibliography

1. V.A.Komotsky, V.I.Korolkov, Y.M.Sokolov Investigation of small linear displacement sensor based on two phase diffraction gratings, "Optoelectronics" magazine (Novosibirsk), 2006, p.105-112
2. V.A.Komotsky, V.I.Korolkov, Yu.M.Sokolov, diffraction Optoelectronic sensors of small angular displacements, "Photonics" magazine issue №1, 2011, p. 16-19.



# ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет  
(*energo@nnn.tstu.ru, vvt\_89@mail.ru*)

Одной из наиболее актуальных задач современной метрологии является обеспечение высокого уровня метрологической надежности (МН) информационно-измерительных систем (ИИС) [1,2]. В данной работе рассматривается метод повышения метрологического ресурса (МР), как основного показателя МН ИИС, на этапе их эксплуатации.

Разработанный метод повышения МР ИИС реализуется путем коррекции выходных сигналов измерительного канала (ИК) ИИС  $y_k(t_k)$  с применением образцовых сигналов, подаваемых на вход ИК и с последующим вычислением, на их основе, погрешности измерения  $\delta_k(t_k)$ , и выработки соответствующей поправочной величины  $z_k(t_k)$ , вычитаемой из значения выходного измеряемого сигнала  $y_k(t_k)$ . В результате на выходе ИК формируется скорректированное значение измеряемого сигнала  $y_{kc}(t_k)$ . Процедура коррекции осуществляется однократно в момент времени проведения очередной поверки ИИС  $t_k$ ,  $k$  – номер очередной проводимой поверки. Разработанный метод повышения МН ИИС заключается в следующем.

1. Задается пороговое значение погрешности  $\delta_{кор}$ , при достижении которого реализуется процедура коррекции выходного сигнала ИК ИИС  $y_k(t_k)$ . Величина  $\delta_{кор}$  выбирается исходя из условия:

$$0,75 \cdot \delta_{доп} \leq \delta_{кор} < \delta_{доп}, \quad (1)$$

где  $\delta_{доп}$  – максимально допустимое значение погрешности ИИС [2].

2. Определяется время проведения очередной поверки  $t_k$ :

– по нормативной документации на ИИС выбирается наиболее оптимальное время межповерочного интервала (МПИ)  $t_{норм}$ ;

– по многофакторной математической модели изменения во времени погрешности, разрабатываемой на этапе проектирования ИИС [2], определяется время проведения очередной поверки  $t_{расч}$ ;

3. Меньшее из величин  $t_{норм}$  и  $t_{расч}$  принимается за МПИ  $t_k$ ;

4. Определяется погрешность  $\delta_k(t_k)$  в момент времени  $t_k$ ;

5. Проверяется выполнение условия:

$$\delta_k(t_k) < \delta_{кор}. \quad (2)$$

5. При выполнении условия (2), пункты 1-4 выполняются снова.

6. При нарушении условия (2) осуществляется процедура коррекции, в соответствии с выражением:

$$y_{kc}(t_k) = y_k(t_k) - z_k(t_k). \quad (2)$$

В результате реализации описанной процедуры коррекции, погрешность измерения  $\delta_k(t_k)$  компенсируется, и ИИС продолжает корректно функционировать до наступления момента времени  $t_p$  достижения погрешности измерения допустимого значения  $\delta_{доп}$ , соответствующему новому значению МР. На рисунках 1 а) и 1 б) представлены наглядные графические интерпретации процессов изменения во времени погрешности измерения ИИС и реализации описанной процедуры коррекции выходного сигнала ИК ИИС  $y_k(t_k)$ .

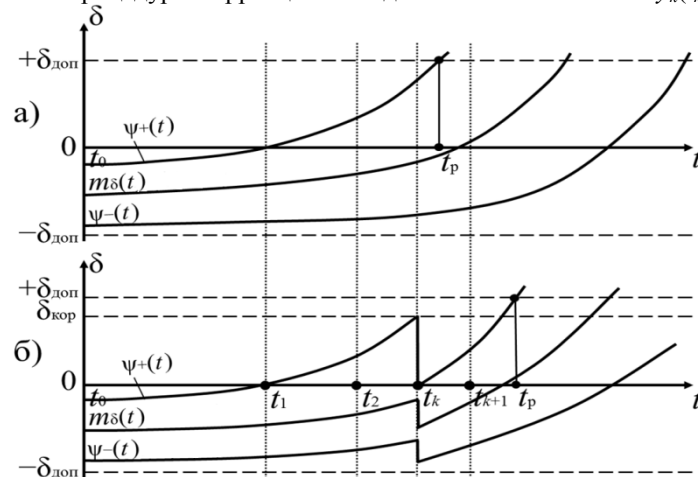


Рис. 1 Изменение во времени МХ АБ ИИС (а);  
Процедура коррекции погрешности исследуемой ИИС (б).

Таким образом, реализация разработанного метода повышения МН ИИС на этапе их эксплуатации путем внесения коррекции в выходной измеряемый сигнал ИК ИИС позволяет значительно повысить метрологический ресурс как основной показатель МН рассматриваемых измерительных средств.

### Библиографический список

1. Селиванова, З.М. Метод повышения точности информационно-измерительной системы параметров теплофизических свойств теплоизоляционных материалов / З.М. Селиванова, Т.А. Хоан // Вестник ТГТУ. 2017. Т. 23. № 1. С. 12-24.
2. Чернышова, Т.И. Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т.И. Чернышова, В.В. Третьяков // Вестник ТГТУ. 2015. Т. 21. № 2. С. 239-247.

Тюрин И.В., Болтнев Г.А., Бушуев И.О., Мукин Д.А.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ В СРЕДЕ MICRO-CAP

Тамбовский государственный технический университет  
(tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru, boltnev.grisha@yandex.ru, bushueff.iwan2017@yandex.ru, dmitru008.mukin@yandex.ru).

Одним из наиболее важных узлов радиоприемных устройств является система фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ), обеспечивающая требуемую точность настройки приемника при воздействии на него дестабилизирующих факторов [1].

При изучении принципа работы петли ФАПЧ студентами во время лабораторных занятий возникает необходимость в оперативной перенастройке ФАПЧ на различные частоты захвата. Решить такую задачу на лабораторном стенде с готовой схемой достаточно сложно, поскольку требует коррекции параметров компонентов ФАПЧ, т.е. изменения элементной базы.

Задачи подобного рода удобно решать с помощью современных программных средств схемотехнического моделирования [2], в которых реальную систему ФАПЧ заменяет компьютерная модель, позволяющая проводить с ней любые эксперименты, что особенно полезно в учебном процессе.

На рис. 1 показана реализация схемы ФАПЧ в среде *Micro-Cap*.

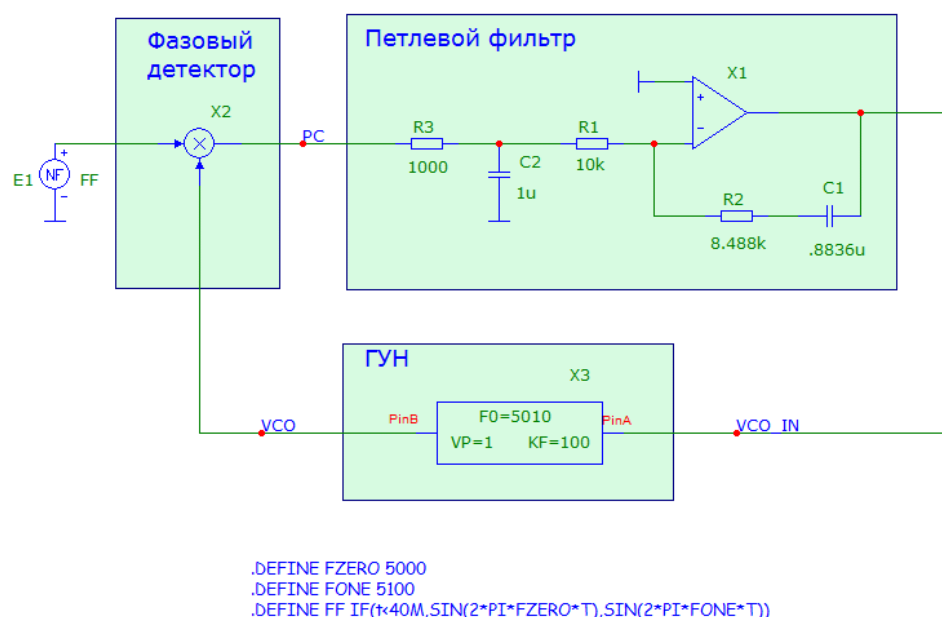


Рис. 1 Модульная схема ФАПЧ в среде *Micro-Cap*

В схеме задействованы готовые макросы генератора, управляемого напряжением (ГУН) и фазового детектора, находящиеся в библиотеке компонентов программы. Для петлевого фильтра подходящего макроса нет, поэтому схема фильтра выполнена на дискретных компонентах. В качестве источника сигнала использован свип-генератор, параметры выходного сигнала  $FF$  которого определены формулой, заданной директивой *define*.

На рис. 2 приведен скриншот окна с результатами моделирования, в котором графики отображают сигналы, снимаемые с выходов свип-генератора, ГУН, фазового детектора и петлевого фильтра соответственно.

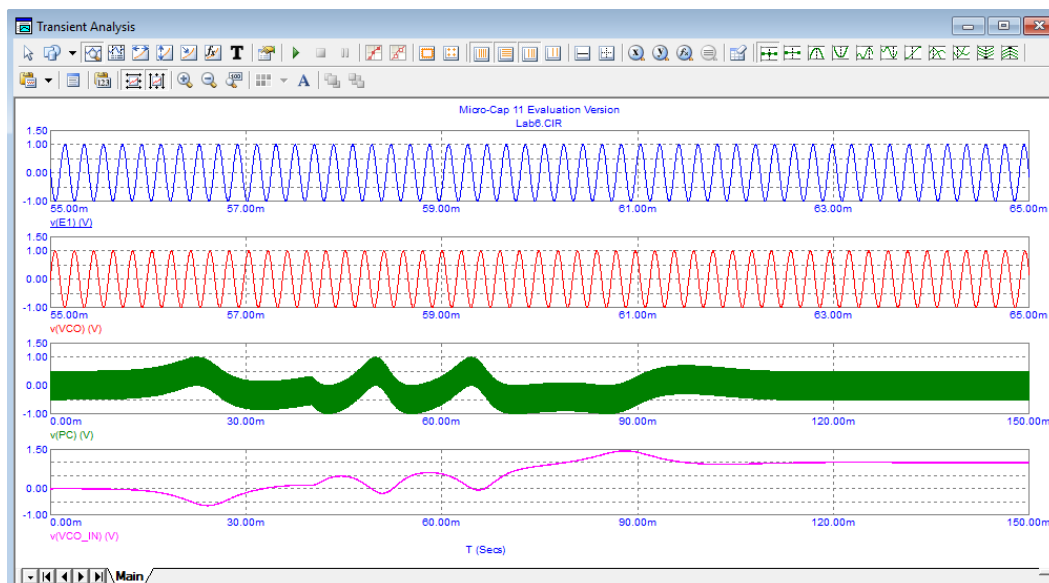


Рис. 2 Результаты моделирования

Из рис. 2 видно, что после нескольких циклов подстройки выходная частота ГУН становится равной внешней опорной частоте (произошел захват частоты системой ФАПЧ), и частота биений на выходе петлевого фильтра становится равной нулю, при этом величина и полярность напряжения пропорциональны разности фаз между внешним опорным сигналом и выходным сигналом ГУН.

### Библиографический список

1. Томаси У. Электронные системы связи. / У. Томаси, пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 1360 с.
2. Амелина М.А, Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. / М.А. Амелина, С.А. Амелин. – Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с.

## СЕКЦИЯ 2. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

*Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак*

### ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ТУМАНООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГТУ

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
(e-mail: leith\_amer@yahoo.com )*

Производительность газотурбинной установки (ГТУ), ее эффективность и генерируемая мощность сильно зависят от климатических условий, которые могут снизить выходную мощность до 40% [1].

Для повышения эффективности работы ГТУ в условиях жаркого климата применяют различные технологии по охлаждению воздушного потока на входе в компрессор ГТУ. Каждая конкретная технология имеет свои преимущества и недостатки в соответствии с различными факторами, такими как условия окружающей среды, инвестиционные затраты и время окупаемости, увеличение выходной мощности и мощности охлаждения.

В настоящее время наиболее популярной технологией является технология туманообразования. По состоянию на 2015 г. насчитывалось более 1000 противотуманных системы, установленных на ГТУ по всему миру [2]. Во многом такая популярность обусловлена преимуществами использования таких систем: низкие капитальные затраты; низкие эксплуатационные затраты; простота в монтаже и эксплуатации; незначительное падение давления воздушного потока; уменьшение выбросов оксидов азота.

Принципиальная схема охлаждения воздуха на входе в ГТУ с использованием системы туманообразования представлена на рис. 1.

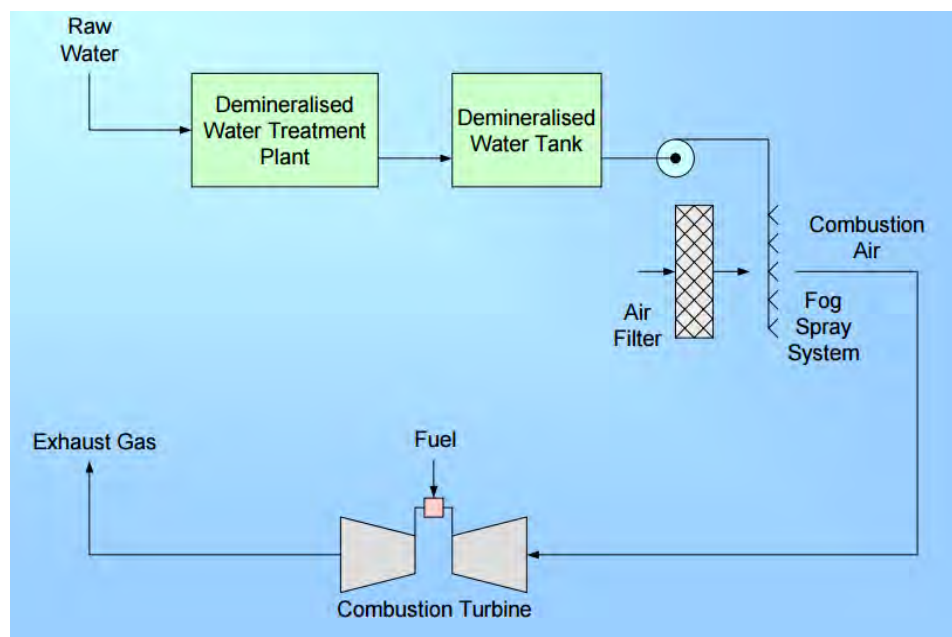


Рис. 1 Схема охлаждения воздуха на входе в ГТУ  
с использованием системы туманообразования.

Принцип работы основан на том, что деминерализованная вода насосом высокого давления поступает в воздухопровод через специальные туманообразующие форсунки (насадки). Поток воды, проходя через насадки, распыляется, при этом около 90% потока воды имеют размер капель до 20 мкм. [3]

Одновременно наблюдается эффект «молниеносного испарения», благодаря чему и понижается температура воздуха. Этот эффект называют термодинамическим. Его эффективность объясняется тем, что на испарение воды расходуется большое количество тепловой энергии. Отток этой энергии, требуемой для осуществления фазового перехода (испарения), как раз и приводит к снижению температуры.

Использование деминерализованной воды необходимо для того, чтобы предотвратить засорение лопаток компрессора, которое имело бы место, если вода с содержанием минеральных веществ выпаривалась в потоке воздуха.

Несмотря на ряд преимуществ у данной технологии есть и недостатки, такие как низкая эффективность использования в условиях влажного климата, сравнительно не высокая эффективность охлаждения воздушного потока по сравнению с другими технологиями.

*Работа выполнена под руководством ст. преподавателя кафедры «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» О.Н. Попова*

### **Библиографический список**

1. Thamir K. Ibrahim, M. M. Rahman and Ahmed N. Abdalla (18 February 2011). "Improvement of gas turbine performance based on inlet air cooling systems: A technical review". International Journal of Physical Sciences Vol. 6(4), pp. 620-627.
2. S. Savic, B. Hemminger, T. Mee "High Fogging Application for Alstom Gas Turbines," Proceedings of Power-Gen November 2013. High-Fogging
3. C. Meher-Homji, T. Mee, 2000. "Gas Turbine Power Augmentation by Fogging of Inlet Air." Proceedings of the 28th turbomachinery Symposium (2000), Texas A & M. Turbolab

***Аль Байяти Лайт Амер Абдулраззак, Попов О.Н.***

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов  
(e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Среди различных видов энергии, используемых человеком, особое место занимает электрическая энергия из-за экологической чистоты, возможности транспортировки на большие расстояния, высокой эффективности трансформации в другие виды энергии. Вопрос повышения эффективности производства электроэнергии на тепловых электрических станциях (ТЭС) является одним из ключевых в решении задач энерго- и ресурсосбережения в энергетике.

В настоящее время электроэнергию в основном получают на ТЭС, использующих традиционное паротурбинное оборудование с коэффициентом полезного действия производства электрической энергии не превышающим 35 – 40%. Учитывая это, в последние годы реконструкция старых, проектирование и строительство новых ТЭС ведется с использованием газотурбинных и парогазовых технологий. ГТУ и ПГУ имеют большой потенциал для совершенствования, в то время как паросиловые установки достигли определенного предела.

Основные способы повышения эффективности ГТУ:

- увеличение температуры газа перед турбиной;
- полезное использование теплоты уходящих газов;
- комбинированная выработка тепловой и электрической энергии;
- усложнение простого цикла, создание комбинированных установок;
- впрыск воды или пара в проточную часть двигателя.

Одним из наиболее эффективных способов улучшения эксплуатационных характеристик ГТУ является применение испарительного охлаждения рабочего тела путем впрыска воды в проточные части основных узлов ГТУ с целью охлаждения рабочего тела [1].

Данный способ основан на том, что деминерализованная вода под давлением поступает в воздухопровод через специальные туманообразующие форсунки (насадки). Поток воды, проходя через насадки, распыляется. При этом около 90% потока воды имеют размер капель до 20 мкм. [2] Одновременно из-за разности парциальных давлений водяного пара на поверхности капель впрыскиваемой воды и в воздушной среде вода испаряется, отбирая теплоту у циклового воздуха. Дополнительно интенсифицировать процесс испарения можно путём предварительного нагрева воды в котле-утилизаторе.

Впрыск воды может осуществляться:

- на входе в компрессор;
- за компрессором перед регенератором;
- в камеру сгорания;
- за турбиной (перед котлом-утилизатором).

Впрыск воды перед компрессором стабилизирует температуру поступающего в компрессор воздуха, что позволяет уменьшить падение мощности ГТУ при высоких температурах окружающей среды.

Промежуточное испарительное охлаждение воздуха уменьшает мощность, затрачиваемую на привод компрессора при постоянной степени повышения давления, либо, при неизменной мощности, увеличивает ее.

В ГТУ с высокими степенями повышения давления испарительное охлаждение воздуха за компрессором делает возможным применение регенерации дымовых газов. Кроме того, более низкая температура воздуха за компрессором, а, следовательно, более низкая температура воздуха в системе охлаждения турбины позволяет уменьшить расход охлаждающего воздуха, что положительно влияет на КПД установки в целом.

Впрыск воды в камеру сгорания (в зону горения) приводит к снижению вредных выбросов оксидов азота от 20 до 33% [3].

Ввод воды в затурбинный диффузор может оказаться целесообразным для ГТУ с водогрейным котлом-утилизатором, если требуется получение воды невысоких параметров. Понижение температуры дымовых газов впрыском воды в затурбинный диффузор позволяет упростить конструкцию водогрейного котла, увеличить его ресурс.

### ***Библиографический список***

1. Латыпов, Р.Ш. Вопросы рациональной эксплуатации газотурбинных установок: учебное пособие / Р.Ш. Латыпов. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 100 с.
2. C. Meher-Homji, T. Mee, 2000. "Gas Turbine Power Augmentation by Fogging of Inlet Air." Proceedings of the 28th turbomachinery Symposium (2000), Texas A & M. Turbolab
3. Богорадовский, Г.И. Экспериментальное исследование влияния впрыска пара в камеру сгорания ГТУ на характеристики агрегата. / Г.И. Богорадовский // Теплоэнергетика. – 1996. – №10. – С. 43 – 44.

***Абрашкин П.А.***

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: teplotekhnika@nnn.tstu.ru)*

Реализация программы энергосбережения в Российской Федерации в значительной степени определяется надежным и экономичным функционированием систем теплоснабжения.

Тепловые сети являются одним из основных элементов централизованного теплоснабжения. Наиболее экономичным видом прокладки теплопроводов тепловых сетей является надземная прокладка. Однако с учетом архитектурно-планировочных требований, требований экологии в населенных пунктах основным видом прокладки является подземная прокладка в проходных, полупроходных и непроходных каналах. Бесканальные теплопроводы, являясь более экономичными в сравнении с канальной прокладкой по капитальным затратам на их сооружение, применяются в тех случаях, когда они по теплотехнической эффективности и долговечности не уступают теплопроводам в непроходных каналах [1].

Тепловая изоляция предусматривается для линейных участков трубопроводов тепловых сетей, арматуры, фланцевых соединений, компенсаторов и опор труб для надземной, подземной канальной и бесканальной прокладки. При выборе материалов теплоизоляционных конструкций трубопроводов, прокладываемых в жилых, общественных и др. зданиях, проходных тоннелях, учитывают нормы проектирования пожарной безопасно-

сти. Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования должна отвечать требованиям: *энергоэффективности* (иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации); *эксплуатационной надежности и долго-вечности* (выдерживать без снижения теплозащитных свойств и разрушения эксплуатационные температурные, механические, химические и другие воздействия в течение расчетного срока эксплуатации); *безопасности* для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации и утилизации [2].

Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.

Для изоляции арматуры, сальниковых компенсаторов и фланцевых соединений следует применять преимущественно съемные теплоизоляционные конструкции.

В качестве теплоизоляционного слоя в этих конструкциях наибольшее применение в практике находят теплоизоляционные изделия на основе минерального и стеклянного волокна, выпускаемые различными предприятиями по ГОСТ 21880-94, ГОСТ 9573-96, ГОСТ 10499-95 и Техническим условиям (ТУ) производителей.

Эффективными теплоизоляционными изделиями для прокладываемых в каналах трубопроводов тепловых сетей являются цилиндры из минеральной ваты и стекловолокна. Российскими производителями этой продукции являются ЗАО «Минеральная вата» и Назаровский ЗТИ.

Импортная продукция представлена цилиндрами фирм Rockwool, «Флайдерер - Чудово», «Парок», «Изотерм». Преимуществом этих изделий является их формостабильность и технологичность при монтаже. Применение формостабильных теплоизоляционных изделий обеспечивает снижение трудозатрат при монтаже теплоизоляции тепловых сетей в каналах.

*Работа выполнена под руководством профессора Майниковой Н.Ф.*

#### ***Библиографический список***

1. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, – 2013. – С. 121 – 125.
2. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», – 2006, 256 с.

***Абрашкин П.А.***

### **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Реализация программы энергосбережения в Российской Федерации в значительной степени определяется надежным и экономичным функционированием систем теплоснабжения.

Тепловые сети являются одним из основных элементов централизованного теплоснабжения. С учетом архитектурно-планировочных требований и экологии в населенных пунктах основным видом прокладки является подземная прокладка в проходных, полупроходных и непроходных каналах. Бесканальные теплопроводы, являясь более экономичными в сравнении с канальной прокладкой по капитальным затратам на их сооружение, применяются в тех случаях, когда они по теплотехнической эффективности и долговечности не уступают теплопроводам в непроходных каналах [1].

При бесканальной прокладке трубопроводов теплофизические свойства (ТФС) основного теплоизоляционного слоя в конструкции определяются с учетом возможного увлажнения при эксплуатации. Коэффициент, учитывающий увеличение теплопроводности теплоизоляционного материала при увлажнении, в настоящее время имеет значения в пределах 1,0 – 1,15. Следует отметить, что значения этих коэффициентов подлежат уточнению с учетом эффективности применяемых в современной практике гидроизоляционных покрытий. Так, для труб с пенополиуретановой изоляцией в оболочке из полиэтилена высокой плотности и системой контроля влажности этот коэффициент может быть принят равным 1 независимо от влажности грунта. Для труб с армопенобетонной изоляцией и паропроницаемым гидроизоляционным покрытием и труб с пенополимерми-

неральной изоляцией с интегральной структурой, допускающих возможность высыхания теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации, коэффициент увлажнения, вероятно, может быть снижен до значений 1,05 в маловлажных и влажных грунтах и значения 1,1 в насыщенных водой грунтах [2]. В наиболее ответственных случаях следует осуществлять контроль ТФС основного теплоизоляционного слоя с помощью измерительных систем [3, 4].

При прокладке теплоизоляции также необходимо учитывать плотность теплового потока и толщину теплоизоляции. При увеличении плотности суммарная стоимость уменьшается до определённой точки (суммарная стоимость минимальна), а затем выравнивается и даже плавно увеличивается. При уменьшении толщины изоляции уменьшается и стоимость самой теплоизоляции.

В качестве примера, с учётом всех факторов авторами работы получены расчётные данные для оптимальной точки [5]:

| <b>Расчётные данные в оптимальной точке</b> |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Толщина теплоизоляции, мм                   | 62,470 |
| Теплопотери в подающей трубе, Вт/м          | 62,562 |
| Теплопотери в обратной трубе, Вт/м          | 26,813 |

Поэтому теплоизолирующий материал следует выбирать с особой тщательностью, подбирая при этом как сам материал с учетом ТФС, так и его себестоимость [6].

### ***Библиографический список***

1. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, – 2013. – С. 121 – 125.
2. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», – 2006 г.
3. Жуков Н.П., Майникова Н.Ф. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Приборы и техника эксперимента, 2005. № 2, С. 153 – 154.
4. Жуков Н.П., Майникова Н.Ф. Измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств / Приборы и техника эксперимента, 2005. № 4, С. 164 – 166.
5. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей / Энергосбережение, № 2002 г.
6. Жуков Н.П., Майникова Н.Ф. Монтаж и эксплуатация систем энергообеспечения. Учебное пособие. – Тамбов.: Издательство ТГТУ, 2012 г.

***Аль-Антаки Ахмед Малик Абдулган, Стромов Б.А.***

### **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БРОМИСТО-ЛИТИЕВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ В СРЕДЕ MATLAB**

*ФГБОУ ВО « Тамбовский государственный технический университет»,  
(stkarma@yandex.ru)*

Бромисто-литиевые абсорбционные холодильные машины (АБХМ) нашли широкое применение в технике, как нетоксичные, эффективные, экологичные устройства для получения холода в промышленности. Подобного рода холодильные машины могут использоваться в газотурбинных установках (ГТУ) для охлаждения поступающего воздуха и соответственно повышения эффективности работы установки в целом. Это приобретает особую важность при использовании ГТУ в климатических районах с высокой среднегодовой температурой наружного воздуха.

Для обеспечения оптимальной работы АБХМ необходимо провести всесторонний термодинамический анализ работы установки при различных условиях её применения. Использование программного обеспечения позволяет провести анализ с наибольшей полнотой.

Нами разработано программное обеспечение в среде MATLAB, позволяющее автоматизировать процесс термодинамического анализа одноконтурной бромисто-литиевой АБХМ. Принципиальная схема такой машины приведена на рисунке 1а. В расчете повсеместно применяется диаграмма энтальпия-массовая концентрация раствора бромида лития, диаграмма и термодинамический цикл приведены на рисунке 1б.



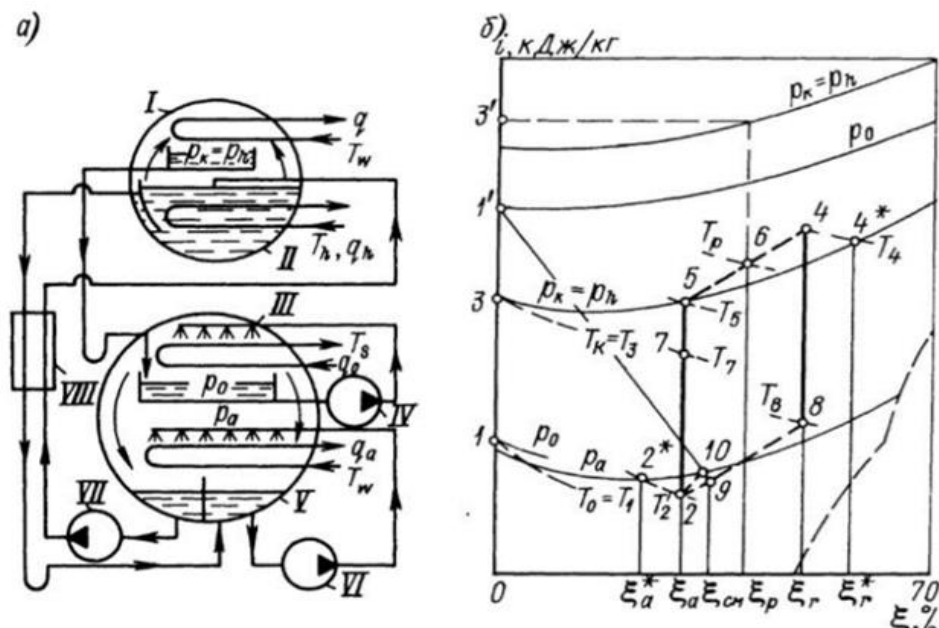


Рис.1 а- принципиальная схема АБХМ. б- Диаграмма энтальпия-массовая концентрация. I- генератор; II- испаритель; III- абсорбер; IV- насос слабого раствора; V- теплообменник; VI- конденсатор [1].

Разработаны отдельные программные блоки, позволяющие определять параметры раствора бромида лития, при этом использовались данные ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) [2]. Для определения параметров воды и водяного пара использовались данные IAPWS (International Association for the Properties of Water and Steam) [3].

Исходные данные для расчета – температуры холодного и горячего источников тепла (охлаждающая вода и дымовые газы), результатами расчёта являются термодинамические параметры в характерных точках цикла, тепловые нагрузки на отдельные узлы холодильной машины и холодильный коэффициент АБХМ. Результаты согласуются между собой, а так же с данными из российских источников и научно-технической литературы.

Таким образом в результате работы программы достигнута автоматизация не только расчёта, но и работы пользователя с e-i диаграммами.

Научный руководитель: Рогов И. В., к.т.н, доцент кафедры ЭПТ, ТГТУ.

#### Библиографический список

1. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / Е.М. Бамбушек, Н.Н. Бухарин, Е.Д. Герасимов и др. Л.: Машиностроение 1987- 423 с.
2. ASHRAE Handbook of Fundamentals. Atlanta Georgia 2009
3. IAPWS. 2007. Revised release on the IAPWS industrial formulation 1997 for the thermodynamic properties of water and steam. International Association for the Properties of Water and Steam, Oakville, ON, Canada.

Альмохаммед Сафаа Малик

#### ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В НЕБОЛЬШИХ ОФИСНЫХ ЗДАНИЯХ ИРАКА

ФГБОУ ВО « Тамбовский государственный технический университет»

В такой стране, как Iraq, спрос на охлаждение воздуха в помещении растет из-за растущих ожиданий комфорта и увеличения охлаждающих нагрузок. Тем не менее, кондиционирование доминирующих энергопотребляющих приборов и потребляло около 40% от общего потребления электроэнергии по сравнению с освещением и другими электроприборами в офисных зданиях. Небольшие офисные здания, такие как офисные здания, составляют примерно 57% от общего числа офисных зданий в Ираке. В большинстве небольших офисных зданий

используются обычные технологии охлаждения, в которых обычно используется компрессорная система с электрическим приводом, которая имеет ряд очевидных недостатков, таких как высокое потребление энергии, высокий спрос на пиковые нагрузки и, как правило, использование хладагентов, которые оказывают несколько негативное воздействие на окружающую среду. Из-за высокой стоимости энергии и роста загрязнения окружающей среды использование низкореективных возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия в холодильных системах, стало способом решения этих проблем. Солнечная система кондиционирования воздуха использует тепло от солнечной радиации для управления тепловым приводом чиллера, такого как абсорбционный охладитель. Солнечная система кондиционирования воздуха производит охлаждение со значительно меньшим потреблением электроэнергии, чем обычные системы кондиционирования воздуха.

Основные компоненты в солнечной системе Систему кондиционирования воздуха можно разделить на Пять основных компонентов, а именно: {солнечный коллектор, хранение горячей воды и охлажденной воды, Чиллер (холодное производство), Градири, Фанкойлы}.

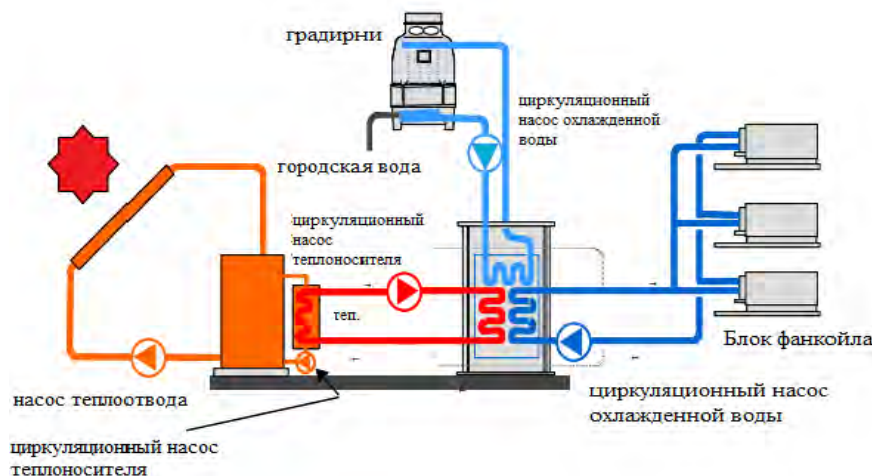


Рис. 1. Основные компоненты солнечной вспомогательной кондиционер

Солнечный коллектор является одним из основных Компоненты в солнечном вспомогательном воздухе Система кондиционирования, которая преобразует солнечную энергию К тепловой энергии, которая приводит в действие охладитель Или холодного производства. Ссылаться на Рисунок 2. Из-за высокой температуры Тре- бование по управлению чиллером в частности Абсорбционный охладитель, эвакуированные трубы солнечные Сборщик будет лучшим выбором из-за его Эффективность и способность производить высокие Температура по сравнению с плоской пластиной солнечной коллектор. Средняя рабочая температура Для абсорбционного охладителя от 80 ° C до 90 ° C зависит от типа модели Производителей.



Рис.2.Эвакуированный трубчатый солнечный коллектор

- Определение размеров вакуумированной трубки солнечной Область коллектора.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Охлаждение зданий в летний период в Ираке, является актуальной проблемой и солнечное охлаждение может ее решить. Пик спроса на охлаждение в летний период совпадает с высоким уровнем солнечной радиации и она может конкурировать с механическим кондиционированием воздуха. Особый интерес представляют городские районы, где помимо загрязнения окружающей среды в этот период, наблюдается пик потребления электрической энергии [1].

Коммерческое использование солнечной энергии для целей кондиционирования воздуха является относительно новым [2-4]. Различные технологии охлаждения доступные на рынке для систем выше 40 кВт могут быть использованы в сочетании с солнечными тепловыми коллекторами. Схема такой солнечной системы кондиционирования воздуха представлен на рис.1. Основными компонентами системы являются: солнечная установка, адсорбционная холодильная машина, распределительная система, система трубопроводов, элементы обеспечения техники безопасности.

Основные препятствия для крупномасштабного применения, кроме высокой себестоимости, являются отсутствие практического опыта и координации среди архитекторов, строителей и проектировщиков в части проектирования, управления и эксплуатации этих систем. Для небольших систем не существует на рынке доступных технологий и кондиционирования с использованием солнечной энергии представляется актуальным. Технологии охлаждения включают в себя в основном замкнутые циклы (абсорбция, адсорбция). Применение абсорбционных холодильных машин в температурном диапазоне от 55 до 95<sup>0</sup>С обеспечивает высокий к.п.д. по теплу (от 60% до 65%). Это позволяет производить холодную воду с температурой 8 до 12<sup>0</sup>С и распределять холод по зданию с помощью системы трубопроводов. Здесь применяются давно освоенные рынком системы поверхностного охлаждения, потолочные системы с охлаждением (т.н. «холодильные потолки»), системы кондиционирования или вентиляторные доводчики, известные также как «фанкойлы» (ФК).

Для отвода тепла, возникающего в процессе абсорбции и конденсации, применяется охлаждающая вода. Подачу охлаждающей воды можно организовать на практике с помощью охладителя оборотной воды (циркуляционного радиатора), башенных охладителей, геотермальных зондов или поглотительных колодцев.

В условиях Ирака возможно использование уже существующих установок с солнечными коллекторами для целей горячего водоснабжения в качестве компонента солнечной охлаждающей установки, что сократит экономические расходы потенциальных потребителей.

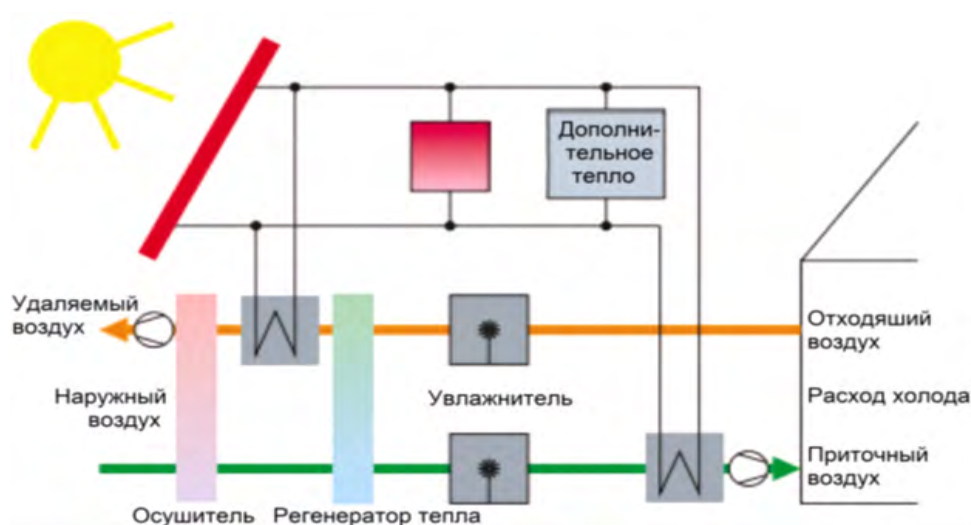


Рис.1 Солнечное охлаждение и солнечное кондиционирование

### Библиографический список

1. Papadopoulos AM, Oxizidis S, Kyriakis N. Perspectives of solar cooling in view of the developments in the air-conditioning sector. *Renew Sustain Energy Rev.*,2003.

2. Lamp P, Ziegler F. European research on solar-assisted air conditioning. Int J Refrig 1998.
3. Tsoutsos T, Anagnostou J, Pritchard C, Karagiorgas M, Agoris D. Solar cooling technologies in Greece-An economic viability analysis. Appl Thermal Eng 2003.
4. Karagiorgas M, Tsoutsos T, Drosou V, Pouffary S, Pagano T, Lara GM, et al. HOTRES: renewable energies in the hotels. An extensive technical tool for the hotel industry. Renew Sustain Energy Rev, 2004.

*Аль-фураиджи М.А.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
(e-mail: mushtag85@gmail.com)

Практически ни одна научная работа в области теплоэнергетики невозможна без соответствующего экспериментального исследования, поскольку подтверждением правильности результатов любых, даже самых сложных теоретических изысканий, является близкое совпадение теоретических и экспериментально полученных результатов. Именно такое совпадение и позволяет сделать заключение, что полученное теоретическое решение адекватно описывает исследуемые связи.

Инженерным экспериментом принято называть последовательную совокупность следующих этапов исследования:

- постановка задачи с четким формулированием цели исследования;
- разработка подробного плана и основ методики эксперимента;
- изготовление и подготовка экспериментальной установки;
- проведение эксперимента;
- обработка исходных опытных данных;
- обобщение и анализ результатов измерений;
- формулирование выводов и рекомендаций по результатам эксперимента.

Методом планирования эксперимента было проведено экспериментальное исследование ПТУ с тремя параметрами, влияющими на величину выходного параметра  $Y$  (термический КПД ПТУ). При этом параметры изменялись в следующих пределах: давление турбины, бар –  $60 < x_1 < 100$ ; температура на входе в турбину, °С –  $450 < x_2 < 650$ ; степень сухости водяного пара –  $0.79 < x_3 < 0.83$ .

Для матрицы планирования необходимо определить дробность использованной реплики, рассчитать коэффициенты регрессии и записать математическую модель в нормированном виде  $Y = f(X_1, X_2, X_3)$  и в размерной форме  $Y = f(x_1, x_2, x_3)$ .

Число факторов  $k$  используемой реплики равно 3. Число опытов полно факторного эксперимента выражается зависимостью  $N_{\text{ПФЭ}} = 2^k = 2^3 = 8$ . Число опытов в данном исследовании  $N = 4$ , что соответствует одной из полуреplik.

В результате, уравнение регрессии имеет следующий вид, с учетом найденных коэффициентов.

$$Y = -0.298X_1 + 4.175X_2 - 1.327X_3.$$

Указанное уравнение принято называть выборочным уравнением регрессии. Это уравнение характеризует зависимость между вариацией показателя и вариациями факторов. А мера корреляции измеряет долю вариации показателя, которая связана с вариацией факторов. Иначе говоря, корреляцию показателя и факторов нельзя трактовать как связь их уровней, а регрессионный анализ не объясняет роли факторов в создании показателя. Теория вероятностей и математическая статистика представляют лишь инструмент для изучения статистической зависимости, но не ставят своей целью установление причинной связи. Числовые данные обычно имеют между собой явные (известные) или неявные (скрытые) связи. Явно связаны показатели, которые получены методами прямого счета, т. е. вычислены по заранее известным формулам. Связи же второго типа (неявные) заранее неизвестны. Однако необходимо уметь объяснять и предсказывать (прогнозировать) сложные явления для того, чтобы управлять ими. Поэтому специалисты с помощью наблюдений стремятся выявить скрытые зависимости и выразить их в виде формул, т. е. математически смоделировать явления или процессы. Одну из таких возможностей предоставляет корреляционно-регрессионный анализ. Пользуясь методами корреляционно-регрессионного анализа, аналитики измеряют тесноту связей показателей с помощью коэффициента корреляции.

ляции. При этом обнаруживаются связи, различные по силе (сильные, слабые, умеренные и др.) и различные по направлению (прямые, обратные). Если связи окажутся существенными, то целесообразно будет найти их математическое выражение в виде регрессионной модели и оценить статистическую значимость модели.

Статья написана под руководством к.т.н., доцента кафедры «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» Балашова А.А.

### Библиографический список

1. <http://center-yf.ru/data/stat/Regressionnyi-analiz.php/#1> – Регрессионный анализ

Аль-фураиджи. М.А.

## ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ТЕРМИЧЕСКОГО КПД ЦИКЛА РЕНКИНА

ФГБОУ ВО «ТГТУ» Россия, Тамбов,  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)

Цикл Ренкина с перегревом пара является основным циклом теплосиловых установок, применяемых в современной теплоэнергетике (рис.1).

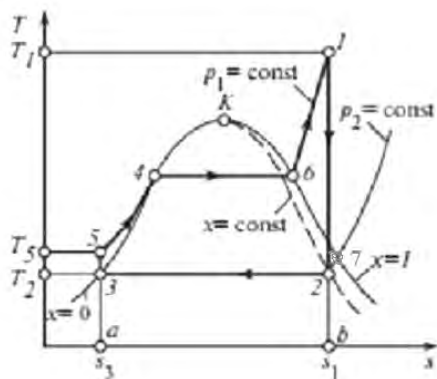


Рис. 1

Для того чтобы увеличить термический КПД цикла Ренкина, применяют так называемый перегрев пара в специальном элементе котла – пароперегревателе (ПП), где пар нагревается до температуры  $t_1$ , превышающей температуру насыщения при данном давлении  $p_1$ .

Поскольку процессы подвода и отвода теплоты в цикле Ренкина осуществляются по изобарам, а в изобарном процессе количество подведенной (отведенной) теплоты равно разности энтальпий рабочего тела в начале и конце процесса, то применительно к циклу Ренкина можно записать [1]:

$$q_1 = h_1 - h_5;$$

$$q_2 = h_2 - h_3$$

С учетом этих соотношений получаем для цикла термический КПД применительно к обратимому циклу Ренкина:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}.$$

Выберем оптимальный режим работы ПТУ при изменении давления, температуры и степени сухости пара (см. табл.), когда термический КПД принимает максимальное значение (рис. 2).

Таким образом, максимальный КПД в паротурбинной установке может быть достигнут при увеличении температуры  $t_1$  и увеличении давления  $p_1$ .

| № опыта | Давление $p_1$ (бар) | Температура $t_1$ (°C) | Сухости степень $x_2$ | термический КПД (%) |
|---------|----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1       | 100                  | 650                    | 0.83                  | 44.13               |
| 2       | 100                  | 650                    | 0.79                  | 46.83               |
| 3       | 100                  | 450                    | 0.83                  | 34.99               |
| 4       | 100                  | 450                    | 0.79                  | 38.12               |
| 5       | 60                   | 650                    | 0.83                  | 44.63               |
| 6       | 60                   | 650                    | 0.79                  | 47.31               |
| 7       | 60                   | 450                    | 0.83                  | 36.31               |
| 8       | 60                   | 450                    | 0.79                  | 39.38               |

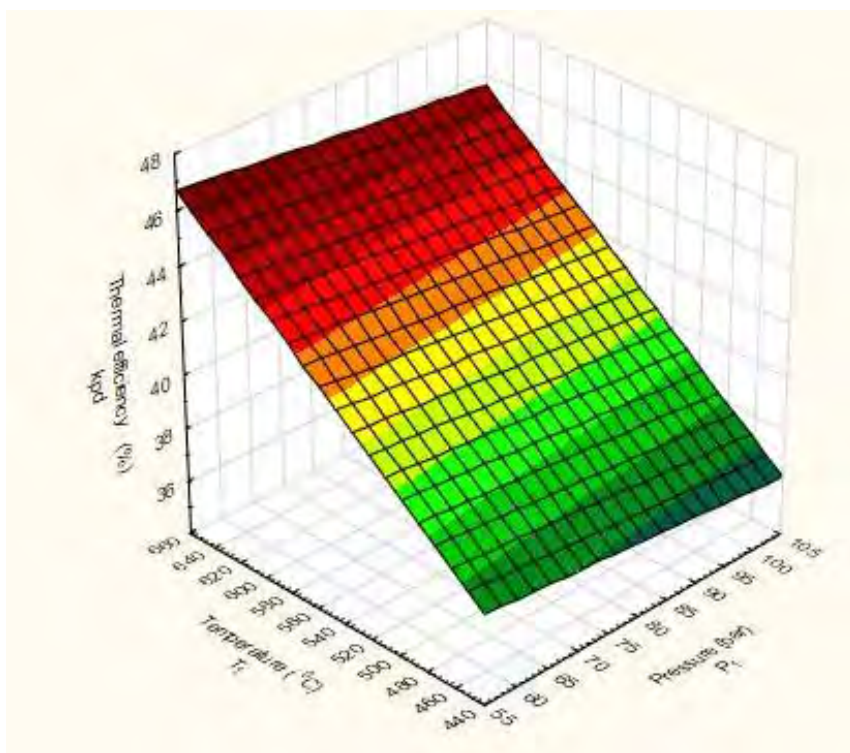


Рис. 2 3D поверхность термического КПД в зависимости от  $p_1$  и  $t_1$

#### *Библиографический список*

1. Ярмизина А.Ю. История развития газовых турбин энергетических газотурбинных установок / А.Ю. Ярмизина, Д.С. Кацуба, А.А. Балашов // Проблемы современной науки. – 2014. – С. 160–167.

*Альхассани Хенд Дахель Схаль*

#### **КОТЛЫ С ЦИРКУЛИРУЮЩИМ КИПАЮЩИМ СЛОЕМ**

При рассмотрении перспектив использования твердого топлива для энергоблоков нового поколения одним из основных вопросов является его эффективное сжигание, т.е. экономичное и не приводящее к большим выбросам вредных веществ (в первую очередь оксидов серы и азота). Для выполнения указанных выше требований разработана и внедрена в практику технология сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) при атмосферном давлении (рис.1).

Топливо из бункера(2) направляется на воздухораспределительную решетку топki (10), под которую для горения подается горячий воздух(1). На нее же из другого бункера(1) поступает известняк, который вступает в химическую реакцию с серой, связывает ее и в дальнейшем вместе с сухой золой отводится из котла. Таким образом, исключается попадание серы в дымовые газы и затем в воздушный бассейн. Образующийся кипящий слой передает часть своей теплоты рабочему телу, движущемуся в экранах(3), которыми облицованы стены топki. Из верхней части топki смесь продуктов сгорания и частиц топлива, не сгоревших в кипящем слое, направляется в циклон (V), где происходит отделение частиц несгоревшего топлива от продуктов сгорания. Несгоревшие горячие частицы смешиваются с частицами свежего топлива, и эта смесь поступает в горячий кипящий слой топki. Продукты сгорания поступают в конвективную шахту(6), в которой расположены другие поверхности нагрева рабочего тела: конвективный первичный и промежуточный пароперегреватели, экономайзер, воздухонагреватель.

На выходе из конвективной шахты из продуктов сгорания удаляется летучая зола, и затем они поступают в электрофильтры (7) для удаления остатков летучей золы, после чего они направляются в дымовую трубу для **рассеивания** верхних слоев атмосферы.



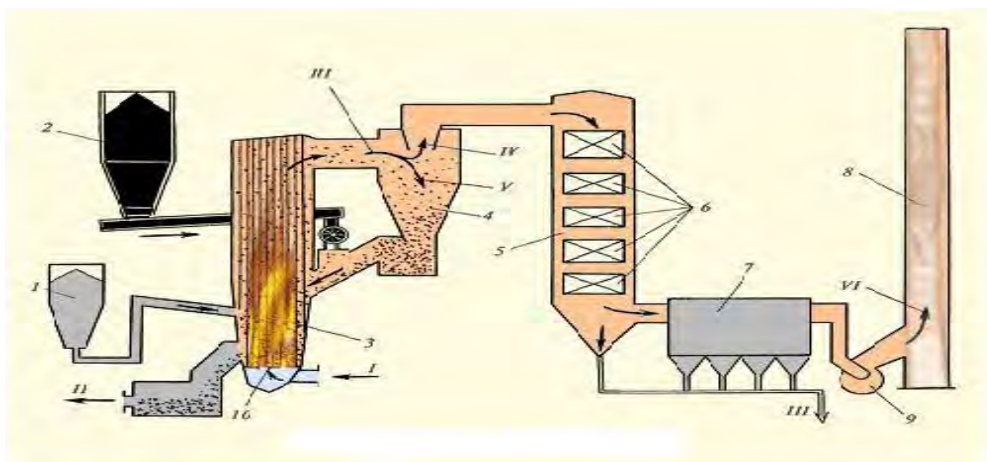


Рис.1 Типовая схема котельной установки с ЦКС.

Одна из основных идей, реализуемых в котлах с ЦКС, состоит в том, что температура кипящего слоя оказывается невысокой — на уровне 820—900 °С. При таких температурах образование окислов азота идет очень медленно. Заметим, что в факельных пылеугольных топках температура горения достигает 2000 °С. В свою очередь, низкая температура горения обеспечивается большим размером частиц угля (от 2 до 25 мм) и их разобщенностью в кипящем слое, в отличие от пылеугольного сжигания, когда размер пылевых частиц находится на уровне 200 мкм.

Другая важная идея — многократная циркуляция горячей смеси золы, известняка и сравнительно небольшого количества подводимого свежего топлива. Это обеспечивает не только хорошую сероочистку продуктов сгорания, но и существенно интенсифицирует процесс сжигания.

В ЦКС эффективно сжигаются некачественные топлива: угли с большим содержанием породы, которая в ЦКС играет роль циркулирующего наполнителя слоя; угли с высоким содержанием золы и влаги, а также трудно зажигаемые топлива и разнообразная биомасса.

В России и в мире разрабатываются котлы с ЦКС паропроизводительностью 160, 500 и 1000 т/ч для сжигания каменных и бурых углей различных месторождений и биогенных отходов в том числе. Вместе с тем, по сравнению с пылеугольными котлами, котлы с ЦКС более сложны, работают в более тяжелых условиях, имеют повышенный расход электроэнергии на привод высоконапорных вентиляторов для подачи воздуха в зону горения и создания кипящего слоя.

Тем не менее, для условий Ирака, использование технологии ЦКС позволяет при выработке тепловой и электрической энергии решить проблему утилизации биогенных отходов (пески нефтяных месторождений, твердые бытовые отходы, отходы сельского хозяйства). Экологические преимущества ЦКС (низкие упронны выбросов) обеспечивают рекреационные возможности территорий вблизи тепловых станций.

*Альхассани Хенд Дахель*

### **«КИПЯЩИЙ СЛОЙ» РЕШАЕТ ПРОБЛЕМЫ И ЭНЕРГЕТИКИ, И ЭКОЛОГИИ**

В наши дни наблюдаются две тенденции. Первая — курс на развитие малой энергетики, обеспечивающей большую независимость от поставщиков электроэнергии, рост числа мини-ТЭЦ, обеспечивающих генерацию не только тепла и пара, но и электроэнергии. Вторая тенденция — рост интереса к технологии «кипящего слоя», которая может применяться и применяется не только в малой, но и в большой энергетике.

Технология «кипящего слоя», пришедшая в энергетику из химии, начала применяться в России еще в 1970-е годы при сжигании углей. Помимо повышения КПД котлов из-за более глубокого «дожигания» топлива эта технология позволяла добиваться снижения вредных выбросов. Но к рациональному использованию древесных отходов в нашей стране до недавнего времени не относились серьезно. На целлюлозно-бумажных комбинатах для их сжигания вплоть до последнего времени использовались малоэффективные котлы с колосниковыми ре-

шетками, требовавшие постоянной «подсветки» влажных коро-древесных отходов мазутом. Технология «кипящего слоя» для сжигания древесных отходов начала применяться при модернизации целлюлозно-бумажного производства. Здесь она позволила решить несколько задач: утилизировать отходы, сократив при этом расход дорогого мазута, и обеспечить производство собственным дешевым паром, теплом и электроэнергией.

Для России это новое слово в развитии энергетики на региональном уровне. В чем заключаются плюсы технологии «кипящего слоя»? Во-первых, она позволяет повышать эффективность сжигания низкокачественных или нетрадиционных видов топлива, в том числе углей с высоким содержанием золы, отходов углеобогащения, сланцев, антрацитов, шламов осадков сточных вод и так далее. Второе преимущество – экологичность, в частности, количество выбросов токсичных оксидов серы в атмосферу может быть снижена больше чем на 90%. Третье преимущество – высокая эффективность сжигания и теплообмена. Разумеется, внедрение сравнительно новой для России технологии предполагает решение новых задач, прежде всего с подготовкой топлива, его фракционному составу. За рубежом требуемый фракционный состав топлива обеспечивают в основном сами поставщики угля, в России это имеет место только при поставках коксующегося угля для металлургической промышленности. Для решения этой проблемы ОАО НПО ЦКТИ имени Ползунова разработало и выпустило специализированные дробильные комплексы. Можно предсказать, что внедрение технологии «кипящего слоя» будет пользоваться все большей популярностью и в малой и в большой энергетике по мере роста цен на газ и мазут, ориентации на наращивание экспорта российского газа, повышение роли использования местных энергоисточников (в том числе биотоплива, торфа и т.д.) и ужесточения требований экологов. Значительная часть предприятий в малой, средней и даже в большой энергетике в планах расширения и замены устаревшего оборудования уже планируют установку котлов с применением технологии «кипящего слоя».

Широко используется также другой, менее затратный вариант – реконструкция существующих котлов с установкой новых топочных устройств с кипящим слоем. Если учитывать специфику богатого лесными ресурсами российского Северо-Запада и опыт близких к нам по природным условиям стран Северной Европы, то получается, что примененное в Вологодской области решение является наиболее оптимальным. К примеру, в Финляндии 30% энергии производится именно с использованием древесного топлива и торфа, и при производстве этих 30% используется главным образом технология «кипящего слоя» в различных модификациях. Преимущества этой технологии связаны не только с тем, что она позволяет использовать нетрадиционные и низкосортные виды топлива (щепа и другие древесные отходы, торф, низкокалорийные угли, шламы и др.), но и с возможностью сжигания различных видов топлива в одном топочном устройстве. Далее, применение технологии сжигания топлива в «кипящем слое» обеспечивает выполнение жестких экологических норм по выбросам  $SO_2$  и  $NO_2$  без сооружения дополнительных установок по серо- и азотоочистке, что очень важно для стран европейского мира, а вскоре должно стать актуальным и для России. Не случайно сжигание топлива в «кипящем слое» является наиболее экономичным вариантом получения энергии в том случае, если в вашем распоряжении имеется достаточно хороший запас возобновляемых ресурсов. Идеальный вариант – ресурсы, которые являются отходами производства и достаются вам практически даром.

*Амиров Ж.А., Уваров М.Е.*

## **КОНТАКТНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА**

*Московский технологический университет,  
институт тонких химических технологий  
(uvamikhail@yandex.ru)*

Кристаллизация при непосредственном контакте хладагента с раствором используется для выделения веществ из растворов [1]. Такой процесс позволяет значительно упростить аппаратное оформление, выделение веществ из растворов.

В данной работе нами был исследован процесс выпарной кристаллизации при непосредственном контакте раствора с нагретым воздухом. Принципиальная схема установки для проведения рассматриваемого процесса показана на рис.1.

Процесс кристаллизации здесь осуществляется следующим образом. Исходный ненасыщенный раствор  $F$  с концентрацией растворённого вещества  $x_F$  подаётся в контактный кристаллизатор Кр при температуре  $t_F$ , где происходит частичное испарение растворителя посредством поступающего в кристаллизатор нагретого воздуха  $П$  с влажностью  $x_l$  и температурой  $t_l$ . Увлажненный поток воздуха отводится из аппарата при темпе-



ратуре  $t_2$  с влагосодержанием  $x_2$ . В результате частичной отгонки растворителя раствор достигает пересыщенного состояния, что приводит к образованию кристаллической фазы в кристаллизаторе. Полученная таким образом суспензия далее направляется на стадию сепарации  $\Phi$ , где происходит отделение кристаллов  $S$  от маточника  $L$ . Сепарация обычно осуществляется с помощью фильтров или фильтрующих центрифуг. Из кристаллизатора увлажнённый воздух  $\Pi$  поступает в конденсатор  $K$ , где он охлаждается до температуры  $t_3$ . При этом происходит конденсация паров воды с последующим отводом образующегося конденсата  $W$ . Из конденсатора воздушный поток  $\Pi$  с влагосодержанием  $x_3$  при температуре  $t_3$  направляется в подогреватель  $\Pi$ , где он нагревается до температуры  $t_1$ , а затем снова подаётся на стадию кристаллизации  $Kp$ .

Пары теплоносителя  $G_X$ , циркулирующего в контуре теплового насоса, сжимаются в турбокомпрессоре  $TK$  от давления  $p_1$  до давления  $p_2$ . При этом температура теплоносителя повышается от  $t_1$  до  $t_2$ , а его теплосодержание изменяется от  $i_1$  до  $i_2$ . Далее сжатый теплоноситель  $G_X$  поступает в подогреватель  $\Pi$ , где в результате его охлаждения и конденсации выделяется теплота  $Q_{\Pi}$ , необходимая для подогрева воздуха до температуры  $t_1$ . Сконденсированный теплоноситель затем дросселируется в дроссельном вентиле  $ДВ$  от давления  $p_2$  до  $p_1$ . Полученная парожидкостная смесь с энтальпией  $i_4$  поступает в конденсатор  $K$ , где в результате теплообмена с влажным воздухом происходит испарение теплоносителя, а его энтальпия достигает значения  $i_1$ .

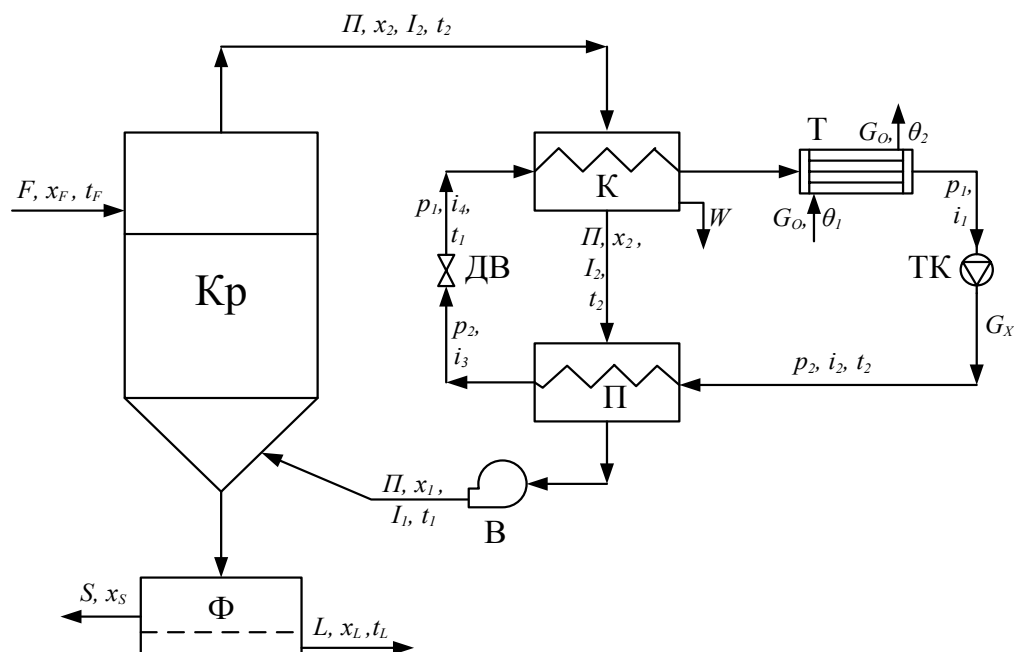


Рис. 1 Принципиальная схема установки контактной кристаллизации с тепловым насосом закрытого типа.

В случае, если тепловой поток, выделяющийся при конденсации паров воды  $W$ , недостаточен для испарения промежуточного теплоносителя  $G_X$ , предусмотрена дополнительная установка теплообменника  $T$ .

Произведён анализ влияния основных технологических параметров на процесс выделения солей из их водных растворов с использованием рассматриваемого варианта контактной кристаллизации. При этом установлено, что использование теплового насоса позволяет на 30 – 50 % снизить энергетические затраты.

#### Библиографический список

1. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Основы техники фракционной кристаллизации / М.: Химия, 1986. - 303 с.

## ИМПУЛЬСНЫЕ ПОТОКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет

В системе электроснабжения протекают различные процессы. Они вызваны как внешними, так и внутренними воздействиями. Эти процессы, во многих случаях, очень скоротечны и для их описания применяют понятие о потоке импульсов.

В теории вероятности под потоком понимают последовательность событий, происходящих одно за другим. Импульсный поток служит наглядной математической моделью широкого круга прерывных во времени процессов. Один из простейших потоков – поток бесконечно коротких импульсов. Импульсы таких потоков могут быть заданы дельта-функцией  $\delta(z - Z_i)$ , где  $Z_i$  - случайный момент появления  $i$ -го импульса. С введением в анализ дельта – функции поток бесконечно коротких импульсов (рис.) можно представить в виде суммы [1]

$$\varphi(z) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \delta(z - Z_i), \quad (1)$$

где  $Z_i \geq Z_{i-1}$ .

Основной характеристикой такого потока служит вероятность его появления в заданном интервале. Потоки делятся на детерминированные и случайные, а основными характеристиками служат: стационарность, ординарность, последствие. Количественными характеристиками потока являются темп потока и интенсивность потока. Для потока бесконечно коротких импульсов получить функцию распределения длительностей импульсов невозможно. Поэтому для такого потока определяют распределение длительности пауз. Оно может быть выполнено по ансамблю или по времени.[2]

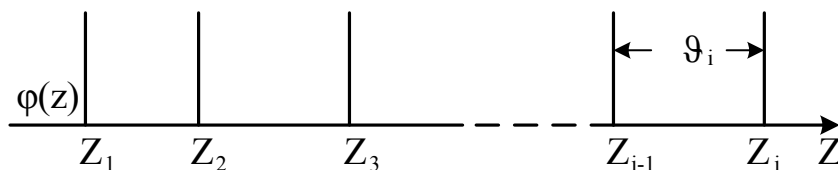


Рис.1 Примерная реализация  $\varphi(Z)$  потока бесконечно коротких импульсов  $\varphi(Z)$

Определение вероятности появления за время  $t$  определенного числа импульсов в стационарном и ординарном потоке сводится к расчету функции Пальма [2]:

$$f_0(t) = \frac{1}{b} \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{p_0(t/\tau)}{\tau}, \quad (2)$$

где  $p_0(t/\tau)$  - вероятность непоявления импульса в интервале  $\tau, \tau + t$ , вычисленная в предположении, что в интервале  $0, \tau$  появился по крайней мере один импульс;  $b$  – интенсивность потока  $\varphi(Z)$ .

Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Шпиганович А.Н., заведующий каф. электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет». тел. +7 (4742) 32-80-48, e-mail: kaf-eo@stu.lipetsk.ru

## Библиографический список

1. А.Н. Шпиганович, Случайные импульсные потоки [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. – Елец: УГУ им. И.А. Бунина, Липецк: ЛГТУ, 2004. – 292 с.
2. Н.М. Седакин, Элементы теории случайных импульсных потоков [Текст]: Учебное пособие/ Н.М. Седакин. – М.: Советское радио, 1965. – 261 с.

## СОВПАДЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ И ИХ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет

Рассматриваются характеристики свойственные импульсным потокам, и их совпадениям во времени. К основной характеристике импульсного потока можно отнести функцию автокорреляции. Определение данной характеристики математически отражено зависимостью высоты импульса от одновременного воздействия нескольких возмущающих факторов. В случае когда длительность импульса  $\tau$ , а их высота равна  $h$ , то получим автокорреляционную зависимость, представленную следующим выражением [1]:

$$K(\delta) = K_2(\delta) - \bar{X}(\xi)^2,$$

где  $K_2(\delta)$  – моментная функция второго порядка,  $\bar{X}(\xi)$  – стационарный поток в точке  $\xi$ .

Потоки со взаимно независимыми высотами импульсов, длительностями импульсов и пауз определяются двумерной плотностью вероятности импульсов и может быть выражена амплитудно-временной функцией [1]:

$$f(\tau, h) = \alpha(\tau) \cdot \gamma(h),$$

где  $\alpha(\tau)$  – плотность вероятности длительности импульса,  $\gamma(h)$  – плотность вероятности высоты импульса.

Математическое ожидание длительностей импульса и паузы для независимого потока может быть определена как интеграл от вероятностей данного события и представлена следующими выражениями [1]:

$$\bar{\tau} = \int_0^{\infty} \tau \alpha(\tau) d\tau;$$
$$\bar{\theta} = \int_0^{\infty} \theta \beta(\theta) d\theta,$$

где  $\beta(\theta)$  – плотность вероятности длительности паузы,  $\theta$  – пауза случайной длительности.

В зависимости от рассматриваемых задач могут использоваться различные потоки с амплитудно-временными параметрами. Они образуют суммарный импульсный поток. Перекрывания от импульсных потоков на временной оси образует импульс совпадения. Его высота зависит от числа перекрытых импульсов. В рассматриваемом случае появление импульса или паузы любого из потоков не зависит друг от друга. Следовательно, система может совершить переход из состояния  $k$  только в  $k+1$  или  $k-1$ , таким образом продолжительность и частота нахождения системы в состоянии  $k$  будет определяться как сумма от состояний случайных потоков.

В результате данный метод может быть использован при рассмотрении состояния системы, относительно элементов, входящих в её состав [2].

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Шпиганович А.Н., заведующий каф. электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет». тел. +7 (4742) 32-80-48, e-mail: kaf-eo@stu.lipetsk.ru.*

### Библиографический список

1. А.Н. Шпиганович, Случайные импульсные потоки [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. – Елец: УГУ им. И.А. Бунина, Липецк: ЛГТУ, 2004. – 292 с.
2. Бош В.И., Оценка изменения параметров безотказности элементов систем [Текст] / В.И. Бош // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2007. - №5 - с. 53-56.

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА НА ТЕРМОГРАММЕ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
([tstu@admin.tstu.ru](mailto:tstu@admin.tstu.ru))

Применим, для термограммы, полученной в [1] метод двумерной фильтрации с целью выделения полезного сигнала в виде «плато». Это плато образуется структурным переходом в полимере с эндотермическим эффектом, так как известно, что структурные переходы совершаются при постоянной температуре [1].

Полученную центральную часть термограммы [2] представим в виде двумерного сигнала (рис. 1).

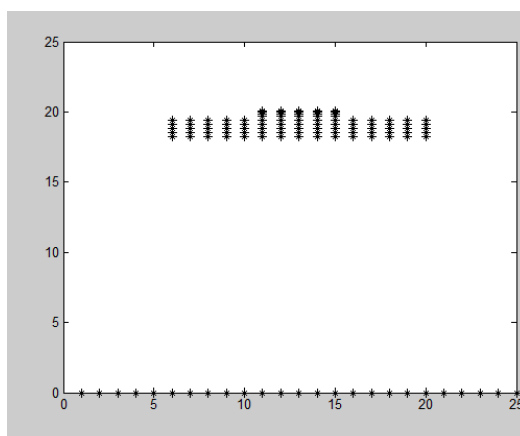


Рис. 1. Изображение полезного сигнала

Применим сглаживающий фильтр для подчеркивания интересующих объектов.

Простейший прямоугольный сглаживающий фильтр радиуса  $r$  задается при помощи матрицы размера  $(2r+1) \times (2r+1)$ , все значения которой равны  $1/(2r+1)^2$ , а сумма значений равна единице. Это двумерный аналог низкочастотного одномерного П-образного фильтра скользящего среднего. При фильтрации с таким ядром значение пикселя заменяется усредненным значением пикселей в квадрате со стороной  $2r+1$  вокруг него. Пример маски фильтра  $3 \times 3$  (1):

$$M_1^{low} = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Одним из направлений применения фильтров является шумоподавление. Шум меняется независимо от пикселя к пикселю и, при условии, что математическое ожидание значения шума равно нулю, шумы соседних пикселей при суммировании будут компенсировать друг друга. Чем больше окно фильтрации, тем меньше будет усредненная интенсивность шума, однако при этом будет происходить и соответствующее размытие значащих деталей изображения. Образом белой точки на черном фоне при фильтрации (реакция на единичный импульс) будет равномерно серый квадрат.

Шумоподавление при помощи прямоугольного фильтра имеет существенный недостаток: все пиксели в маске фильтра на любом расстоянии от обрабатываемого оказывают на результат одинаковый эффект. Немного лучший результат получается при модификации фильтра с увеличением веса центральной точки (2):

$$M_2^{low} = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Известно, что показателем эффективности фильтрации сигналов может служить относительное изменение их энергии. В [2] предложен функционал эффективности, связывающий характеристики входного и выходного сигналов с параметрами фильтра. При этом можно разложить энергию входного сигнала в двумерный ряд Фурье

$$e = 2 \sum_{l=-a-i}^b \sum_{i=-(a+b)}^0 \alpha_{l+i} \cdot \alpha_l s_i + 2 \sum_{l=-a-i}^b \sum_{i=-(a+b)}^{-1} \alpha_{l+i} \cdot \alpha_l s_i + 2 \sum_{l=-a}^{b+i} \sum_{i=-(a+b)}^{-1} \alpha_{l-i} \cdot \alpha_l s_i + \sum_{l=-a}^b \alpha_l^2.$$

$i \neq 0$

Таким образом, показана возможность применения готовых фильтров для выделения полезного сигнала из шума.

### **Библиографический список**

1. Балашов, А.А. Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А.А. Балашов, Н.Ф. Майникова, Н.П. Жуков // Приборы. – 2010. № 12. – С. 53–57.
2. Обработка многомерных сигналов. В 2-х книгах. Кн. 1. Линейная многомерная дискретная обработка сигналов. Методы анализа и синтеза. Монография / Под ред. А.В. Богословского. – М.: Радиотехника. – 2013. – 168 с.

**Балашов А.А., Капленкова В.В., Григорьева Е.Н.**

### **О ПРИМЕНЕНИИ КУБИЧЕСКОГО СПЛАЙНА ДЛЯ ПОИСКА СТРУКТУРНОГО ПЕРЕХОДА НА ТЕРМОГРАММЕ**

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)

Информация о структурных переходах в полимере необходима для назначения технологических режимов их переработки в изделия. В [1] предложен метод фиксации структурных переходов в полимере методом неразрушающего контроля. Однако при работе информационно-измерительной системы, реализующей данный метод, возникает шум с достаточно большой амплитудой из-за теплового движения заряженных частиц в элементах электрических цепей. Для последующего определения возможных структурных переходов в полимере необходимо увеличить соотношение сигнал/шум. Целью данной работы является исследование возможности поиска структурного перехода в полимере на термограмме с использованием сплайнов.

На рис. 1 представлена экспериментальная термограмма, зафиксированная центральной термопарой на изделии из политетрафторэтилена (ПТФЭ) при следующих условиях [1].

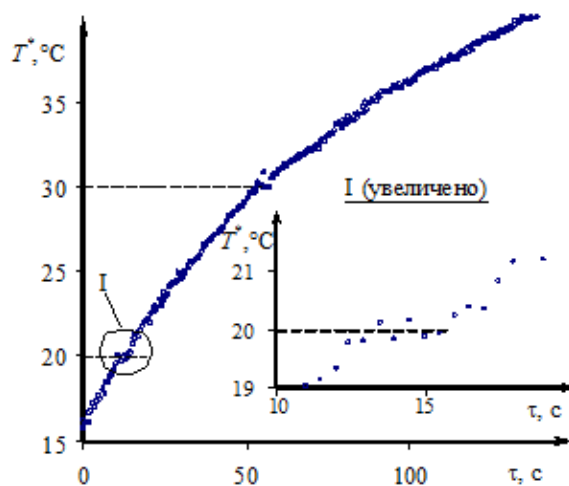
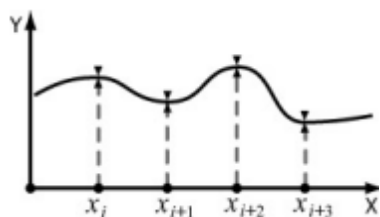


Рис. 1. Термограмма, зафиксированная на изделии из ПТФЭ

Более детально, пусть нам даны значения некоторой функции в некоторых точках области определения. Перед нами стоит задача наиболее точно определить вид этой функции по заданным значениям. Один из возможных подходов – прибегнуть к интерполяции сплайнами.



Сплайн – функция, которая вместе с несколькими производными непрерывна на всем заданном отрезке  $[a, b]$ , а на каждом частичном отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$  в отдельности является некоторым алгебраическим многочленом (рис. 2)[2].

На практике наиболее часто используются *кубические сплайны*  $S_3(x)$  – сплайны третьей степени с непрерывной, по крайней мере, первой производной. При этом величина  $m_i = S'_3(x_i)$ , называется наклоном сплайна в точке (узле)  $x_i$ .

Рис. 2. Сплайн в общем виде

$S_3(x) = f_i + \frac{(x-x_i)^2(2(x_{i+1}-x)+h)}{h^3}f_{i+1} + \frac{(x-x_{i+1})^2(2(x-x_i)+h)}{h^3}f_{i+2} + \frac{(x-x_i)^3}{h^3}m_i + \frac{(x-x_{i+1})^3}{h^3}m_{i+1}$ . Разобьём отрезок  $[a, b]$  на  $N$  равных отрезков  $[x_i, x_{i+1}]$ , где  $x_i = a + ih$ ,  $i=0, 1, \dots, N-1$ ,  $x_N = b$ ,  $h = (b-a)/N$ . Если в узлах  $x_i, x_{i+1}$  заданы значения  $f_i, f_{i+1}$ , которые принимает кубический сплайн, то на частичном отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$  он принимает вид:

$$+ \frac{(x_{i+1}-x)^2(x-x_i)}{h^2}m_i + \frac{(x-x_i)^2(x-x_{i+1})}{h^2}m_{i+1}.$$

Таким образом, для того, чтобы задать кубический сплайн на отрезке, необходимо задать значения  $f_i, m_i$ ,  $i=0, 1, \dots, N$  в  $N+1$  в узлах  $x_i$ .

Кубический сплайн, принимающий в узлах те же значения  $f_i$ , что и некоторая функция, называется интерполяционным и служит для аппроксимации функции  $f$  на отрезке  $[a, b]$  вместе с несколькими производными.

Достоинства кубической сплайн-интерполяции: график построенной функции проходит через каждую точку массива; конструируемая функция сравнительно легко описывается (число подлежащих определению коэффициентов равно  $4n$ ); заданным массивом построенная функция определена однозначно; степень многочленов не зависит от числа узлов сетки и, следовательно, не изменяется при его увеличении; построенная функция имеет непрерывные первые и вторые производные; построенная функция обладает хорошими аппроксимационными свойствами.

К недостаткам кубических сплайнов является то, что они склонны осциллировать в окрестностях точки, существенно отличающейся от своих соседей [2].

### Библиографический список

1. Балашов, А.А. Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А.А. Балашов, Н.Ф. Майникова, Н.П. Жуков // Приборы. – 2010. № 12. – С. 53–57.
2. Волков, Е.А. Численные методы. – Наука, М., –1987. – 254 с.
3. Ушаков А.В., Баршутин М.Н., Баршутин С.Н. Исследование эффективности резонансно-туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2015. Т. 21. № 3. С. 526-531.

**Балашов А.А., Майникова Н.Ф., Рогов И.В.**

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ

ФГБОУ ВО «ТГТУ» Россия, Тамбов,  
teplotehnika@nnn.tstu.ru

Способ неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах (ПМ) основан на модели нестационарного теплопереноса от плоского ограниченного источника тепла постоянной мощности в виде диска радиусом  $R$ , встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ).

Решение задачи о распространении тепла в полупространстве от плоского нагревателя в виде круга радиусом  $R$ , создающего тепловой поток  $q$ , имеет вид [1]:

$$T(\tau) = 2 \frac{q\sqrt{a\tau}}{\lambda} \left( \frac{1}{\sqrt{\pi}} - \text{ierfc} \left[ \frac{R}{2\sqrt{a\tau}} \right] \right),$$

где  $q$  – плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $R$  – радиус нагревателя, м;  $a$  – температуропроводность, м<sup>2</sup>/с;  $\tau$  – время, с.

При малых значениях времени  $\tau$  температурное поле от ограниченного круглого нагревателя будет аналогично температурному полю от бесконечного нагревателя, действующего в плоском полупространстве. В реальном эксперименте следует учитывать утечки тепла в подложку ИЗ, «инерционность» нагревателя, наличие термических сопротивлений, конечность размеров изделия и подложки.

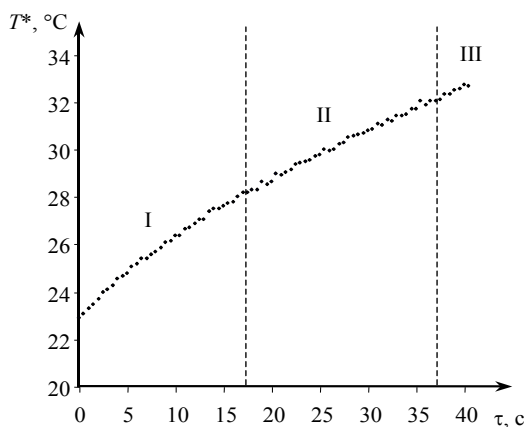


Рис. 1.

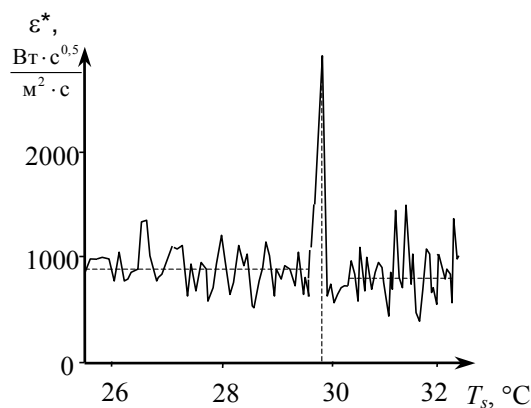


Рис. 2.

На термограмме, полученной на изделии из коксонаполненного политетрафторэтилена, можно выделить три участка (рис. 1).

Участок I соответствует температурному полю, описываемому дифференциальным уравнением, причем членом уравнения, ответственным за распространения тепла в радиальном направлении, можно пренебречь. Тепловой поток, поступающий в изделие, зависит от времени, нагреватель обладает инерционностью, присутствуют термические сопротивления. На II участке сохраняется одномерное температурное поле, процесс проходит стадию регуляризации. На III участке нельзя пренебречь радиальным распространением тепла.

Выражение, описывающее термограмму на II участке [2]:

$$T^*(t) = 2 \frac{qt}{(\epsilon + \epsilon')\sqrt{\pi}} - \frac{qc_n}{(\epsilon + \epsilon')^2}, \quad (1)$$

где  $T^*$  – избыточная температура, °C;  $t = \sqrt{\tau}$ ;  $q$  – удельная мощность на нагревателе, Вт/м<sup>2</sup>;  $\epsilon, \epsilon'$  – тепловая активность материала и поправка для II участка;  $c_n$  – теплоемкость нагревателя, отнесенная к единице площади, Дж/(м<sup>2</sup>·К).

Выражение (1) можно записать в виде:

$$T^*(t) = d_1 t + d_0, \quad (2)$$

$$A = \frac{2q}{\sqrt{\tau}}, \quad B = qc_n, \quad d_1 = \frac{A}{(\epsilon + \epsilon')}, \quad d_0 = -\frac{B}{(\epsilon + \epsilon')^2}. \quad (3)$$

Значения  $d_1, d_0$  определяются из термограммы  $T^*(t)$ , а значения  $A, B, \epsilon'$  – являются постоянными ИЗ [2].

Модель (2) работает на II участке термограммы. Значение коэффициента  $d_1$  обратно пропорционально значению тепловой активности. При структурном переходе в ПМ теплоемкость изменяется значительно в узком температурно-временном интервале, следовательно, значение  $\epsilon$  также изменится (рис.2).

Эксперимент подтвердил данное предположение и доказал работоспособность способа.

### Библиографический список

1. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля / Жуков Н.П., Майникова Н.Ф. // Приборы и техника эксперимента. 2005, № 2. – С. 153 – 154.
2. Метод неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерах/ Жуков Н.П., Майникова Н.Ф., Рогов И.В., Балашов А.А. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. 2010, № 1-3, – С. 253 – 259.
3. Ушаков А.В., Баршутин М.Н., Баршутин С.Н. Исследование эффективности резонансно-туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2015. Т. 21. № 3. С. 526-531.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ПОКРЫТИЙ ТВЁРДЫХ СЫРОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Известны тепловые контактные методы неразрушающего теплового контроля, позволяющие определять толщину покрытий в двухслойных изделиях при известных теплофизических свойствах (ТФС) слоёв. Толщину слоя (например, полимерного покрытия) определяют по рабочим участкам термограмм, полученным при тепловом воздействии на поверхность двухслойного объекта от круглого плоского нагревателя постоянной мощности [1, 2].

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойных изделиях. Определена возможность определения дефекта в виде воздушного включения (расслоения) на границе раздела: парафиновое покрытие (оболочка) – сыр «1 олландский». Тепловое воздействие на систему с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R_H$ , встроенного в теплоизоляционную подложку измерительного зонда (ИЗ) радиусом  $R_{ИЗ}$ . Термодатчики регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени. В основе метода НК лежит предположение, что на термограмме имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям [2].

ТФС материалов полочки зонда, нагревателя, слоёв объекта исследования (сыр в парафиновой оболочке) представлены в таблице. Численно определяли значения температуры и теплового потока в следующих точках: в парафиновом покрытии вблизи границы раздела подложка зонда – парафин; в центре слоя парафина; в парафине вблизи границы раздела парафиновое покрытие – сыр.

Полученные данные позволили выделить на термограммах рабочие участки и сделать выводы о реализации режима регуляризации теплопереноса и одномерного распространения тепла для локальной области объекта.

Исследования метода, реализующего НК качества, проводились для различных случаев некачественного покрытия твердого сыра.

Изделия имели различные геометрические размеры включений в защитном парафиновом слое в виде воздушных расслоений (включений) толщиной 0,1 мм и 0,25 мм, диаметр которых равнялся 20 – 60 мм.

Значения температуры контактных поверхностей измерительного зонда и исследуемого тела фиксировались на оси нагревателя  $T_1 = f(\tau)$ . Существенные отклонения полученных термограмм от исходной зависимости начинают проявляться с момента нагрева, продолжительностью более 15 – 20 секунд.

Результаты численного исследования показали, что исследуемый метод, предусматривающий фиксирование термограмм нагрева термодатчиком, расположенным в центре контактной поверхности зонда, позволяет зарегистрировать воздушные расслоения (включения) в парафиновой оболочке сыра.

*Работа выполнена под руководством профессора Майниковой Н.Ф.*

***Библиографический список***

1. Multimodel method of nondestructive determination of the thermophysical properties of solid material / N.P. Zhukov, N.F. Mainikova, I.V. Rogov, E.V. Pudovkina // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2012, T.85, №1. – С. 203 – 209.
2. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013, T.19, №3. – С. 506 – 511.



## **О КРЫШНЫХ КОТЕЛЬНЫХ ГОРОДА ТАМБОВА**

*Тамбовский государственный технический университет  
(trido68@gmail.com).*

В последнее время остро стоит вопрос об энергосбережении в сфере жилищно-коммунального хозяйства города Тамбова. В связи с активным строительством новых многоквартирных домов возникает необходимость качественного обеспечения новостроек теплом и горячей водой. Существующие тепловые сети изношены, требуют капитального ремонта, а в некоторых случаях и полной замены.

Выходом является строительство крышных котельных. Крышная котельная – это котельная, установленная на крыше здания в специально оборудованном помещении и обеспечивающая теплом и горячей водой только одно конкретное здание. Основной нормативной базой для разработки крышных котельных, являются: СП 89.13330.2012 «Котельные установки»; СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»; СП 41-104-2000 «Проектирование автономных источников теплоснабжения»; СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация». По данным нормативным документам допускается установка в жилых зданиях котельных мощностью до 3 МВт, в производственных – до 5 МВт. Температура горячего теплоносителя не должна превышать 115 °С. Не допускается проектирование крышных котельных к зданиям детских дошкольных и школьных учреждений, к лечебным корпусам больниц и поликлиник с круглосуточным пребыванием больных, к спальным корпусам санаториев и учреждений отдыха.

Крышные котельные часто совмещают с индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП). В данном случае котловой блок и ИТП находятся на крыше. Так же допускается установка котлового блока на крыше, а ИТП – в подвале. Однако ИТП нельзя размещать в подвале под квартирами и другими жилыми помещениями. В жилых домах ИТП размещают, как правило, в подвальных помещениях под лестницами, магазинами, размещенными на первом этаже.

Стоимость котельной закладывается застройщиком в квадратные метры жилья. Цена одного (1) МВт мощности котельной зависит от стоимости установленной автоматики, котлов и насосов.

В среднем по Тамбову стоимость котельной (1 МВт) составляет 6–10 миллионов рублей. Более дешевые варианты оборудования имеют низкое качество. Иностранное оборудование является более дорогим, достаточно сложным в эксплуатации. В данный момент в Тамбове нет специалистов для обслуживания такого оборудования. Стоимость 1 Гкал тепловой энергии, вырабатываемой крышной котельной, складывается из нескольких факторов: затраты на газ, электроэнергию, водоснабжение и водоотведение; амортизационные отчисления; оплата труда персонала и обслуживание. В целом, все перечисленные факторы позволяют жильцам значительно экономить. Конечная стоимость тепловой энергии выходит дешевле, чем по тарифу центрального теплоснабжения.

В данный момент, в Тамбове установлено большое количество крышных котельных в микрорайоне «Московский». Крышные котельные обеспечивают теплом и горячей водой крупные торговые центры «РИО» и «Плаза». Планируется установка новых крышных котельных в новостройках по всему городу, что объясняется малой рентабельностью квартальных котельных.

Применяют две основных схемы компоновки крышных котельных. В первом случае, в котельную устанавливают 2 больших неразборных котла, максимально проходящих по расчету, так как котельная на базе двух котлов мощностью 1,5 МВт будет дешевле, чем котельная на базе трех котлов мощностью 1 МВт. Затраты складываются из цен на котлы, горелки, плюс оборудование и стоимость площади котельной. Но основной недостаток этого пути – через лет 10 котел вырабатывает свой ресурс и его необходимо заменить. Из-за невозможности разборки, приходится демонтировать котел весом в 2 - 4 тонны с крыши. Демонтаж требует огромных затрат, которые должны оплачивать жильцы дома.

Однако, есть другой путь. В котельную устанавливаются минимум два разборных котла с весом максимального элемента до 100 кг и габаритами, проходящими через стандартную дверь. Примером может служить отечественный водогрейный котел PREMIX RS-P250 КПД и различные импортные конденсационные котлы (в основном до 0,5-1 МВт). Цена импортного котла в разы больше отечественного. Импортное оборудование сложно окупить. Поэтому установка таких котлов, чаще всего, не рассматривается. Применение импортного оборудования увеличивает стоимость котельной, но увеличивается и надежность котельной.

*Работа выполнена под руководством профессора Жукова Н.П.*

# ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТА АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: teplotehnika@nnn.tsu.ru)

Известно, что композиционный полимерный материал, работающий в паре трения с металлом, должен обладать высокими показателями теплопроводности и термостойкости. Композит должен быть: устойчив к воздействию влаги; способен образовывать устойчивые пленки из продуктов износа с низким коэффициентом трения и высокой адгезией поверхности композита к таким пленкам. Для полимера, работающего в паре трения с металлом, когда затруднен отвод выделяющейся теплоты из зоны трения, присутствует пластификация или химическая модификация поверхности [1].

Антифрикционные свойства материалов на основе полиамида-12 (ПА12), в состав которого были введены синтетические волокна Аримид-Т (10% масс.) и Фенилон (10% масс.) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства ПА12.

| Материал | Твердость по Бринеллю, МПа | Ударная вязкость, КДж / м <sup>2</sup> | Разрушающее напряжение, МПа |        |       | Теплостойкость по Вика, °С. Нагрузка 10 Н |
|----------|----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|--------|-------|-------------------------------------------|
|          |                            |                                        | Растяжение                  | Сжатие | Изгиб |                                           |
| ПА12     | 90                         | 90                                     | 47                          | 56     | 60    | 160                                       |

Выбор данных волокнистых наполнителей определялся их физико-механическими свойствами и химическим сродством с полимерной матрицей, при котором возможно возникновение эффекта самоармирования [2].

Образцы-колодочки для испытаний (размером 4x10x15 мм) из ПА12 и композита на его основе получали прессованием.

Рабочую поверхность пластмассовых образцов шлифовали до получения ровной матовой поверхности.

Режим определения антифрикционных показателей: давление – 15 МПа; площадь контакта – 40 мм<sup>2</sup>; скорость скольжения – 0,02 м/с; путь трения – 9,4 м (табл. 2).

Таблица 2 – Зависимость коэффициента трения от давления

| Режим трения                        | Коэффициент трения при различных нагрузках |       |       |       |       |      |      |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|                                     | Давление, МПа                              |       |       |       |       |      |      |
|                                     | 8                                          | 10    | 15    | 20    | 25    | 30   | 32   |
| ПА12                                | 0,15                                       | 0,145 | 0,143 | 0,14  | 0,135 | 0,14 | 0,14 |
| ПА12<br>+10% Фенилон<br>+10% Аримид | 0,075                                      | 0,073 | 0,07  | 0,065 | 0,06  | 0,06 | 0,06 |

Деформационная теплостойкость наполненного композита на основе ПА12 возрастает с величины 160 до 180°С, что объясняется образованием более плотно упакованного пограничного слоя на поверхности волокон, армирующих полимер.

При тяжелых (критических) режимах трения надмолекулярные полимера деформируются и становятся более мелкими, вследствие чего коэффициент трения уменьшается. Коэффициент трения по стали армированного ПА12 ниже в 2 раза, чем у исходного материала (таблица 2). Таким образом, показана целесообразность совместного введения в полиамид-12 синтетических волокон Аримид и Фенилон в указанных концентрациях с целью повышения деформационной теплостойкости и улучшения антифрикционных свойств применительно к исследованным условиям нагружения пар трения.

*Работа выполнена под руководством профессора Майниковой Н.Ф.*

## Библиографический список

1. Дроздов, Ю.Н. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник / Ю.Н. Дроздов, В.Г. Павлов, В.Н. Пучков. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
2. Антифрикционные свойства ПА-12, армированного волокнистыми наполнителями / М.Л. Кербер, Н.Ф. Майникова, Ю.В. Воробьев, Т.П. Кравченко, Н.Я.Валецкая // Пластические массы. – 1984, № 7. – С. 9 – 10.

## **ВЕРОЯТНОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН**

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»*

Теория вероятностей построена на предпосылках аксиоматики. Она оперирует категориями, отличающимися от других математических наук. Исходным является случайное событие, рассматриваемое как первичное. В результате испытаний (опыта) оно может принять соответствующее значение, заранее неизвестно какое. Случайные величины могут быть прерывного (дискретного) и непрерывного типа. Описывается случайная величина законом распределения. Случайная величина описана, если известна ее вероятность. Соотношение, определяющее взаимосвязь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями, называется законом распределения.

Случайная непрерывная величина характеризуется «распределением вероятностей» для построения такого распределения вероятностей пользуются не вероятностью значения  $X=x$ , а вероятностью события  $X<x$ , где  $x$  – текущая переменная. Вероятность события  $X<x$  зависит от текущей переменной  $x$ . Следовательно, она является функцией от  $x$ , называемой функцией распределения события  $X<x$ . Ее обозначают через  $F(x)$ , т. е. [1]:

$$F(x)=P(X<x).$$

Функция распределения имеет место как для непрерывных, так и для случайных непрерывных величин. Это самая универсальная характеристика случайной величины, являясь одной из форм закона распределения. Ей присущи следующие свойства:

- функция распределения  $F(x)$  – неубывающая функция. Когда  $x_2>x_1$ , то  $F(x_2) \geq F(x_1)$ ;
- на минус бесконечности функция  $F(x)$  равна нулю, т. е.  $F(-\infty)=0$ ;
- на плюс бесконечности функция распределения равна единице:  $F(+\infty)=1$ .

Совместные события относятся к сложным событиям, потому что осуществление каждого из них обуславливается исходом ряда других событий. Появление одного события влияет на исход другого и наоборот.

Случайные процессы могут быть стационарными или нестационарными. Стационарными называют процесс, если его статистические характеристики, полученные в процессе опытов, не зависят от выбора начала времени. Исчерпывающей характеристикой случайной функции как для стационарных, так и для нестационарных процессов служит многомерный закон распределения.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Шпиганович А.Н., заведующий каф. электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет». тел. +7 (4742) 32-80-48, e-mail: kaf-eo@stu.lipetsk.ru.*

### ***Библиографический список***

1. Шпиганович А. Н. Случайные импульсные потоки: Учебное пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, Липецк: ЛГТУ, 2004. – 292 с.

*Гизатуллина Д.М.*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОДБОРА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ К СБОРКЕ ИЗ СВЕТОДИОДНЫХ МОДУЛЕЙ**

*ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»*

Для обеспечения продолжительного срока службы, высокой надежности и стабильности характеристик светильников светодиодам, которые используются в этих светильниках, необходим постоянный ток определенного значения. Такой ток может обеспечить специальное устройство – светодиодный источник питания или драйвер.

Подбор драйвера для комплекта светодиодных модулей выполняют исходя из соответствия характеристик комплекта и драйвера. Выходные характеристики светодиодного источника питания: ток, мощность и диапазон напряжения – должны соответствовать параметрам светодиодного комплекта, а именно: выходной ток источника должен быть равен току комплекта, а его максимальная выходная мощность – больше мощности этого

комплекта, полное напряжение набора из светодиодных модулей должно входить в диапазон выходного напряжения драйвера.

В качестве примера выполнили подбор драйвера к сборке из четырех светодиодных линеек, соединенных последовательно. В линейках светодиоды Samsung LM561B в количестве 18 штук мощностью 0,5 Вт с рабочим током 150мА были включены по следующей схеме: две группы из 9 последовательных полупроводника соединены между собой параллельно.

Рассчитали параметры линейки. Требуемый ток через линейку составил  $150\text{мА} \cdot 2 = 300\text{мА}$ . Определили, что полное напряжение на четырех линейках находится в диапазоне 100,8...111,6В. Максимальная мощность комплекта равна  $300\text{мА} \cdot 111,6\text{В} = 33,48\text{Вт}$ .

Для такой сборки подобрали источник питания ИПС 35-300Т IP20 со следующими выходными параметрами: выходной ток равен 0,3А  $\pm 5\%$ , допустимый диапазон выходного напряжения от 40В до 116В, максимальная мощность 35 Вт.

При выборе драйвера также следует обращать внимание на производителя, коэффициент пульсаций, габариты и т.д. Критерии выбора зависят от того, с какой целью и где будет использоваться осветительный прибор. Например, для использования в офисных помещениях коэффициент пульсации светового потока согласно СП 52.13330.2011 не может превышать 10%-20% в зависимости от требований к освещению помещений [1]. Габариты источника питания подбираются в соответствии с конструкцией всего светильника.

Очень важным параметром светодиодных источников питания является коэффициент полезного действия (КПД). Он определяет процент потребляемой драйвером от сети энергии, которая идет на нагрузку. КПД большинства используемых драйверов находится в пределах 85-95%.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента В.А.Медведева*

#### ***Библиографический список***

1. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. – Взамен Актуализированная редакция СНиП 23-05-95; Введ. 2011-05-20. – М: Минрегион России, 2011

***Гончарова Л.О., Федотов Д.А.***

#### **ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
ms.mila.lyuda@mail.ru, subs1stem@yandex.ru*

В настоящее время применение энергосберегающих технологий актуально во всех сферах деятельности человека, особенно в промышленности. Энергоресурсосбережение является одной из самых распространенных задач 21 века. С ростом населения в развивающихся странах происходит увеличение энергопотребления, в особенности на металлургических предприятиях и в химической промышленности. До 90% потерь электроэнергии приходится на сферу энергопотребления, поэтому основные усилия должны быть сконцентрированы именно в сфере потребления электроэнергии.

Регулирование деятельности в сфере энергосбережения и стимулирования предприятий к внедрению энергоэффективных технологий в России отражается в Федеральном Законе № 261-ФЗ от 23.11.2009г. "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Энергоресурсосбережение – это необходимость, которая продиктована невозможностью обеспечения прибыльности производства при постоянной положительной динамике цен на энергоносители и начинающемся дефиците газа и электроэнергии.

Одним из актуальных направлений в энергосбережении является разработка систем энергосберегающего управления динамическими объектами по критерию минимума затрат энергии. К таким объектам, прежде всего, следует отнести тепловые аппараты, машины с электроприводами и транспортные средства. Теоретические и практические исследования показывают, что экономия энергоресурсов при оптимальном управлении динамическими режимами таких объектов составляет от 5 до 30 % по сравнению с традиционным управлением [1].

Современный уровень развития электроники, позволяет сделать системы энергосбережения предельно компактными, а также интегрировать функции энергосбережения в уже имеющиеся компьютерные системы управления оборудованием. Многие устройства и объекты предусматривают подключение к сети Интернет,

что позволяет упростить процедуру идентификации модели объекта и отладку алгоритмов синтеза управляющих воздействий за счет использования технологии удаленного доступа.

Вместе с тем создание и внедрение систем энергосберегающего управления связано с решением следующих сложных задач, например:

- формализация и решение задачи оптимального управления, идентификация модели динамики объекта;
- функционирование в условиях неопределенности, заключающееся в изменении производственных и других ситуаций в процессе реальной эксплуатации объектов, что ведет к изменениям исходных данных задачи оптимального управления, а, следовательно, к необходимости получения нового решения сложной задачи и др.

Ожидаемый эффект от внедрения системы достигается при грамотном обслуживании и обеспечении возможности внесения изменений в алгоритмическое обеспечение при смене производственных ситуаций. Поэтому эффективное функционирование системы энергосберегающего управления в реальных условиях во многом определяется решением следующих задач:

- разработкой автоматизированных рабочих мест для проектировщиков алгоритмического обеспечения систем энергосберегающего управления и создание сетевой технологии доступа к базе знаний интеллектуальной системы автоматизированного проектирования;
- созданием эмуляторов-тренажеров, позволяющих проводить обучение инженерного персонала;
- использованием технологии удаленного доступа для внесения изменений в алгоритмическое обеспечение систем энергосберегающего управления с удаленно расположенного автоматизированного рабочего места.

### **Библиографический список**

1. Чернышов Н.Г. Система энергосберегающего управления процессами нагрева энергоемких объектов / Н.Г. Чернышов, С.В. Артемова // Автоматика и вычислительная техника. - 2001. - №3. - С. 25-33.

**Губарев В.Я. Арзамасцев А.Г. Ярцев А.Г.**

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ**

*Липецкий государственный технический университет  
(gv\_lipetsk@rambler.ru, arzamastcev-ag@mail.ru, yartsevlekha@mail.ru)*

Рассмотрен теплообмен при турбулентном течении в цилиндрическом горизонтальном канале с местным сопротивлением, схема которого представлена на рис. 1.

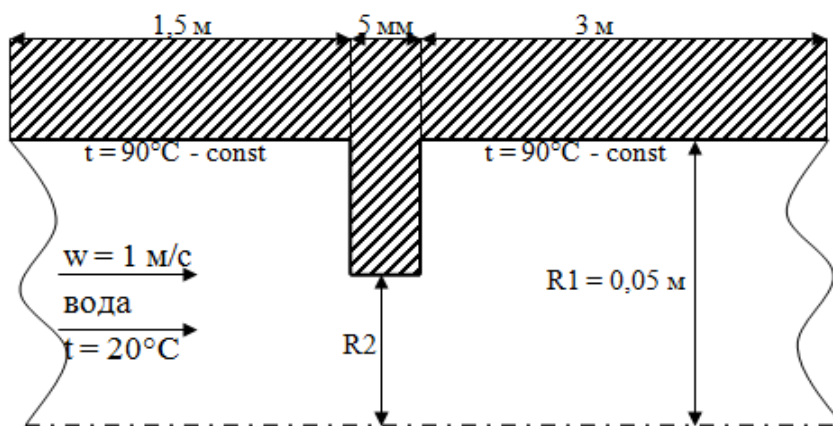


Рис. 1. Схема канала с местным сопротивлением

Задача решалась в программном комплексе ANSYS для следующих геометрических характеристик: диаметр канала – 100 мм, диаметр проходного сечения местного сопротивления варьируется от 80 мм до 8 мм. В

качестве рабочего тела принята вода при параметрах на входе в канал: скорость – 1 м/с, температура – 20°C. Температура стенок канала постоянна и равна 90°C. Длина участка до местного сопротивления составляет 1,5 м, длина после – 3 м. Ширина местного сопротивления 5 мм. Принятые длины позволяют добиться получения стабилизированного течения [1].

При прохождении через местное сопротивление происходит отрыв потока от стенок, образование застойных зон и крупномасштабных вихрей, которые влияют на величину коэффициента теплоотдачи.

Максимальное значение локального коэффициента теплоотдачи в зоне действия вихря зависит от диаметра проходного сечения местного сопротивления (рис. 2).

При исследовании было установлено, что при использовании местного сопротивления с диаметром проходного сечения от 24 мм и менее, среднее по длине значение коэффициента теплоотдачи превышает установившееся значение, которое для рассматриваемого случая равно 4000 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

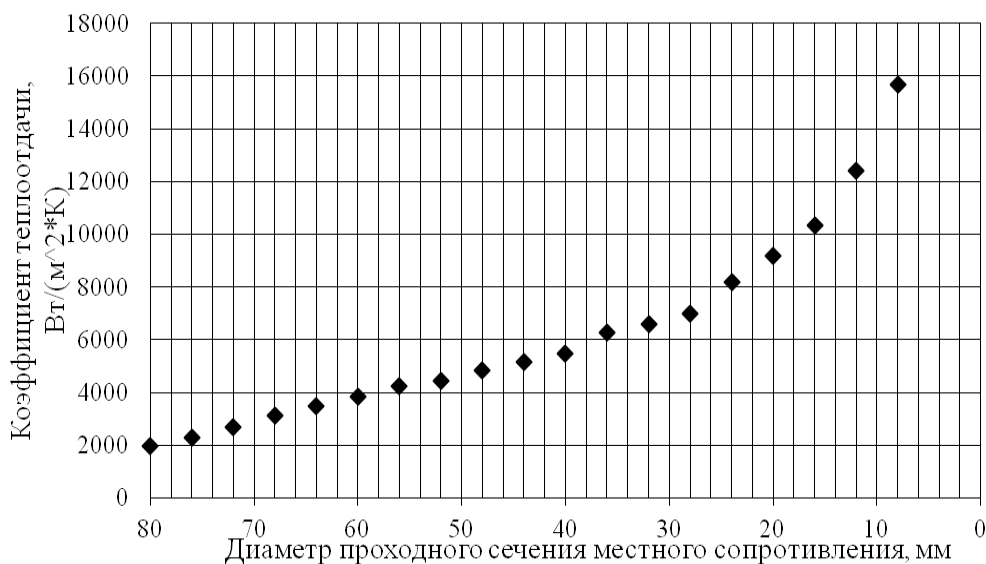


Рис. 2 Зависимость максимального значения локального коэффициента теплоотдачи в зоне действия вихря от диаметра проходного сечения местного сопротивления

Таким образом, установлено, что местное сопротивление позволяет повысить среднее по длине значение коэффициента теплоотдачи по сравнению с установившимся значением и, следовательно, может использоваться для интенсификации теплообмена. Следует отметить, что длина зоны влияния местного сопротивления на величину коэффициента теплоотдачи на три метра больше длины вихря, при этом длина вихря увеличивается с уменьшением проходного сечения местного сопротивления.

#### **Библиографический список**

1. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М: Энергия, 1975. – 488 с.

*Гусев А.А., Богометова О.Е., Андреев А.А., Анисимов А.А.*

#### **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ ПРИБОРА ИТ-3**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов,  
(alexandrgysev@mail.ru.)*

Одним из наиболее перспективных направлений планирования, организации и управления эксперимента является имитационное моделирование (ИМ), которое позволяет получить качественные и количественные оценки возможных последствий принимаемых решений.

Цель ИМ состоит в воспроизведении тепловых процессов исследуемой системы на основе результатов проводимого эксперимента. ИМ позволяет значительно ускорить процесс разработки программного обеспечения, выявить необходимые условия повышения точности и надежности измерений.

Для моделирования тепловых процессов в измерительной ячейке используется программный продукт *COMSOL Multiphysics* [1].

В процессе моделирования измерительной ячейки не учитывается ряд факторов, влияющих на результат обработки измерительной информации [2].

К основным факторам относятся:

- наличие теплоотдачи с боковых поверхностей образца, резиновых прокладок, тепломера и нагревателя;
- тепловые потери от нагревателя;
- теплообмен теплоотдачей к жидкости, циркулирующей в холодильнике.

Для того, чтобы максимально учесть эти факторы в среде *COMSOL Multiphysics* была разработана модель, описанная ниже.

Решались нестационарная и стационарная задачи теплопроводности. Нестационарная задача теплопроводности решалась для моделирования экспериментальных данных. Стационарная задача теплопроводности решалась с целью определения точных значений температур в стационарных условиях.

Поскольку задача осесимметричная, то достаточно построить только половину системы.

После построения геометрии модели задаются параметры: теплофизические свойства материалов ячейки, начальная температура системы, граничные условия в которые входят условия теплообмена с окружающей средой и температура жидкости в термостате.

На следующей стадии моделирования устанавливаются параметры решения задачи, и запускается расчет. После завершения решения автоматически включается режим постобработки, в котором можно наблюдать результаты вычислений – поле температур в конечный момент времени.

На рисунке 1 изображены графики зависимости значений температуры в точках контроля от времени эксперимента. Из графиков видно, что после 12000 секунд температура практически перестаёт изменяться, то есть эксперимент приближается к стационарной стадии.

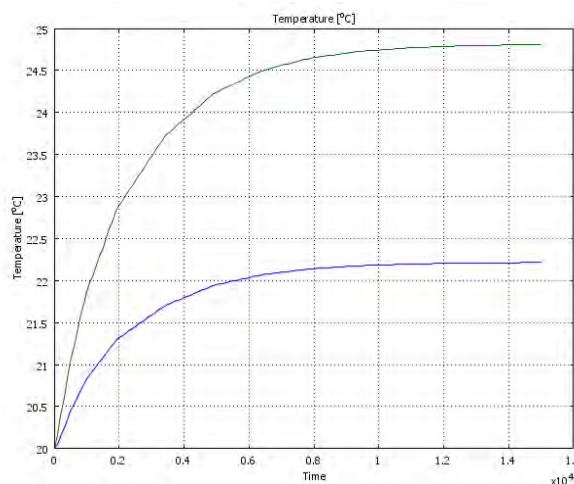


Рис.1. Зависимость значений температуры в точках контроля от времени.

*Работа выполнена под руководством к. т. н., доцента И. В. Рогова*

#### **Библиографический список**

1. Красников Г.Е. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics / Г.Е. Красников, О.В. Нагорнов, Н.В. Старостин. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 184 с.
2. Жуков Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств твёрдых материалов и изделий : монография / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.

# ТЕПЛОВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБОЛОЧЕК ТВЕРДЫХ СЫРОВ

Тамбовский государственный технический университет,  
(email: barsukov94@yandex.ru)

Известны контактные методы неразрушающего теплового контроля, позволяющие определять толщину покрытий различных двухслойных объектов. Так, толщину низкотеплопроводного покрытия на металлическом основании определяют по рабочим участкам термограмм, полученным при тепловом воздействии на поверхность двухслойного объекта от круглого плоского нагревателя, встроенного в подложку измерительного зонда [1, 2].

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей и показана возможность определения дефекта в виде воздушного расслоения в парафиновой оболочке на границе раздела покрытие – сыр «Голландский». Исследуемый объект представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – парафин с теплофизическими свойствами  $\lambda_1, c_1, \rho_1$ ; второй – сыр с теплофизическими свойствами  $\lambda_2, c_2, \rho_2$ .

Температура в точках контроля измеряется с помощью термопар [2]. Тепловое воздействие на систему с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности.

Температуру контролировали в следующих точках: в слое парафина вблизи границы раздела подложка зонда – парафин; в середине слоя парафина; в слое покрытия вблизи границы раздела парафина и сыра. Эти данные позволили выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Проведенные ранее численные исследования позволили сделать вывод о реализации режима регуляризации теплопереноса и одномерного распространения тепла для локальной области объекта.

Исследования метода, реализующего НК качества, проводились для различных случаев некачественной оболочки сыра. Изделия имели различные геометрические размеры воздушных включений в парафиновом слое. Исследовались включения толщиной 0,1 мм и 0,25 мм с диаметрами 20 – 60 мм.

Значения температуры поверхности слоя парафина от времени  $T_1 = f(\tau)$  фиксировали на оси нагревателя.

Термограммы, полученные численно в результате данного исследования, представлены на рисунке.

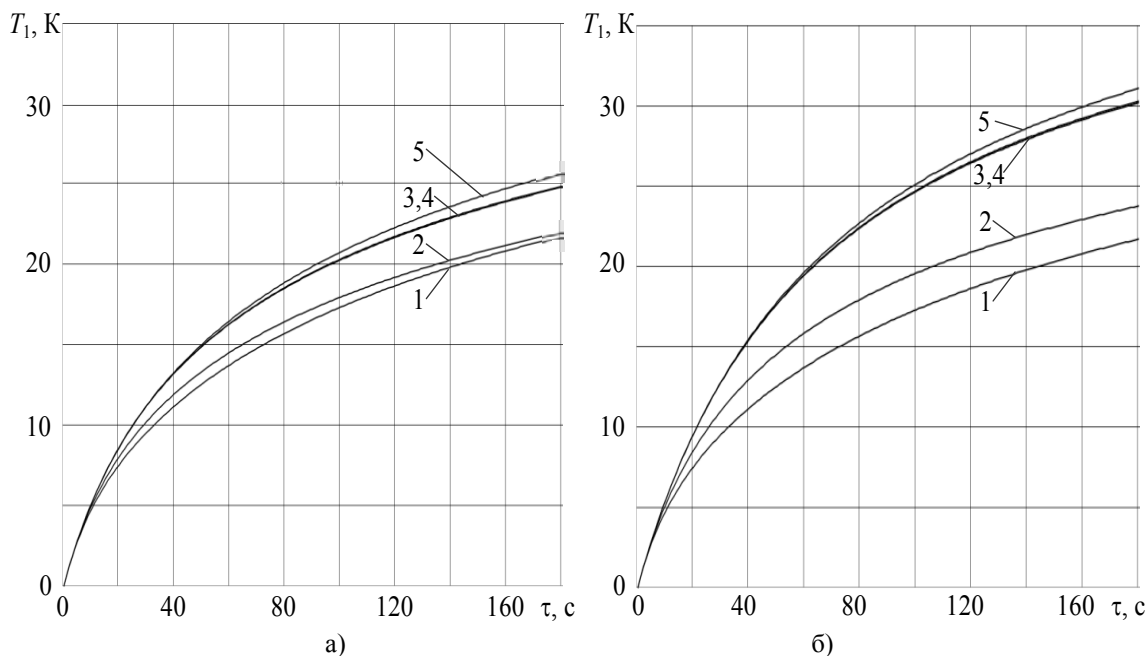


Рис.1 Термограммы  $T_1 = f(\tau)$  (а, б): 1 – изделие без дефекта;  
2 – 5 – с дефектом толщиной  $h_{\text{вк}} = 0,1$  мм (а), 0,25 мм (б)  
и диаметром  $d_{\text{вк}} = 20; 40; 50; 60$  мм.



Результаты численного исследования показали, что исследуемый метод, предусматривающий фиксирование термограмм нагрева поверхностным теплоприемником, расположенным на оси контактной поверхности зонда, позволяет зарегистрировать воздушные расслоения (включения) в парафиновой оболочке сыра.

#### **Библиографический список**

1. Multimodel metod of nondestructive determinasion of the termophysical properties of solid material / N.P. Zhukov, N.F. Mainikova, I.V. Rogov, E.V. Pudovkina // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2012. – Т.85. №1. С. 203 – 209.
2. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013, Т. 19, №3. – С. 506 – 511.

**Ильин Р.А.**

#### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С КОМБИНИРОВАННЫМ РАБОЧИМ КОЛЕСОМ**

*Отдел энергетических проблем Саратовского научного центра РАН  
(при Астраханском государственном техническом университете)  
(kaften.astu@mail.ru)*

В настоящее время разработка перспективных ветроэнергетических установок (ВЭУ) весьма актуальная задача. В работе рассмотрен вопрос создания экспериментальной энергоэффективной вертикально-осевой (ВО) комбинированной ВЭУ.

В отличие от горизонтально-осевых ВЭУ, ВО ВЭУ могут работать при любом направлении ветра и не нуждаются в устройствах ориентации. К этому типу ВЭУ относятся установки с ротором Дарье толкающего типа и ротором Савониуса тянущего типа. Именно комбинированные ВО ВЭУ необходимо совершенствовать для повышения их энергетической эффективности и более широкого применения в целях энергообеспечения объектов.

Опираясь на данные [1, 2] о формах лопастей ротора Дарье, была выбрана и сконструирована наиболее эффективная форма крыла лопасти – двояко-выпуклая. Такая форма предполагает наибольшую быстроходность ветроколеса, однако располагает наименьшей подъемной силой.

Не менее важна проблема запуска ортогонального ротора с прямыми лопастями. Для решения проблемы запуска двигателя необходимо применение лопастей, обладающих большим пусковым аэродинамическим моментом, обеспечивающим самозапуск ротора. У ротора Савониуса коэффициент использования потока ветра ниже, чем у уже рассмотренного ротора Дарье и ветроколёс пропеллерного типа. Несмотря на это в нашем случае ротор Савониуса обладает большим пусковым аэродинамическим моментом, обеспечивающим самозапуск установки. Для устранения недостатков каждого из роторов и одновременного сохранения их преимуществ сконструирована комбинированная ВО ВЭУ, ротор которой показан на рис. 1.



Рис. 1. Установка лопастей Савониуса в экспериментальную комбинированную ВО ВЭУ

Экспериментальная установка имеет ветроколесо Дарье диаметром 0,50 м с лопастями крылового профиля длиной 0,40 м и вертикальные полуцилиндрические лопасти Савониуса диаметром 0,025 м и высотой 0,40 м. Предварительные эксперименты показали возможность ее самостоятельного запуска при скорости воздушного потока 1,5-2,0 м/с, быстрый набор скорости вращения комбинированного ротора и устойчивую работу при скорости ветра до 7,0 м/с.

Энергетический КПД экспериментальной КВО ВЭУ с комбинированным ротором Дарье-Савониуса теоретически равен 36,4%. Теоретическая мощность установки при средней скорости ветра в 4 м/с составит 3,43 Вт. Данная скорость ветра была получена экспериментальным путём за счёт включения вентилятора перед сконструированной ВЭУ.

Экспериментально доказано, что при увеличении скорости ветра с 2 до 10 м/с и с увеличением ометаемой площади с 5 до 20 м<sup>2</sup> мощность ВО ВЭУ возрастает с 8 Вт до 4,5 кВт. При номинальной скорости ветра 9 м/с, типичной для ВЭУ малой мощности, и ометаемой площади 20 м<sup>2</sup> номинальная мощность составит 3,4 кВт. Расчеты также показывают, что при ометаемой площади 200 м<sup>2</sup>, с учетом повышения скорости ветра от высоты, мощность КВО ВЭУ может достигнуть 90 кВт.

### **Библиографический список**

1. Шишкин, Н. Д. Эффективное использование возобновляемых источников энергии для автономного теплоснабжения различных объектов [Текст] / Н.Д. Шишкин. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. – 208 с.
2. Ильин, Р. А., Лиджи-Горяев Р. А. Потенциал ветровой энергии и возможности его использования в Астраханской области / Р. А. Ильин, Р. А. Лиджи-Горяев // Сб. материалов III Междунар. научно-практ. конф. Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – С.236-239.

**Каишменский Д.С.**

### **ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЗДУХА НА ПЕРИОД ОСЦИЛЛЯЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ИК-СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН**

*Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, Москва  
(kashmensky11@gmail.com)*

Для повышения энергии прорастания и всхожести семян применяют различные способы их стимуляции [1]: скарификация, импакция, обработка семян и плодов щелочами, кислотами и другими веществами, способствующими разрушению семенных покровов, термическая обработка семян, ультрафиолетовое облучение, облучение семян лазерным светом, обработка семян в электромагнитном поле СВЧ. В [2] было установлено, что инфракрасная сушка (ИК-сушка) семян, собранных с поля, проводимая в импульсном (осциллирующем) температурном режиме, позволяет не только эффективно высушить семена перед закладкой их на хранение, но и повышает посевные качества семян: вызывает повышение энергии прорастания и всхожести семян. В [3] проведены исследования по изучению различных факторов именно на стимуляцию семян этим методом. В дальнейшем будем использовать термин «осциллирующая», а не «импульсная» сушка, поскольку он точнее отображает суть процесса.

В [2,3] было изучено влияние на осциллирующую ИК- стимуляцию таких факторов, как сортовой вид овощных семян, а также семян нетрадиционных и редких растений (было исследовано 12 различных видов семян), вид излучателей (лампы «КГТ» и «OSRAM», керамический излучатель «ELCER»), плотность лучистого потока, поступающего на семена, начальная влажность семян перед осциллирующей ИК-термообработкой, температурный режим термообработки, продолжительность сохранения стимулирующего эффекта от срока хранения. В [3] было установлено, что наибольший эффект стимуляции имеет место при температурном режиме, при котором температура семян колеблется от  $t_{\min} = 34^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$ .

Не выясненным, однако, остался вопрос о влиянии на эффект стимуляции частоты подачи импульсов при осциллирующей ИК-термообработке. Поскольку осциллирующая ИК-стимуляция проводится при периодическом облучении семян и непрерывном их обдуве воздухом, то частоту подачи импульсов при сохранении температурного режима  $t_{\min} = 34^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$  можно варьировать за

счет изменения скорости обдува семян воздухом и температуры воздуха, обдувающего семена. Были проведены эксперименты, показавшие такую возможность (рис. 1, 2). Температуру измеряли бесконтактным тер-

мометром Raytek MID с выходом стандартного сигнала 4-20 мА, индикация температуры осуществлялась с помощью 2-х канального измерителя-регулятора ТРМ202, сигналы от которого передавались на интерфейс марки АС 4, поступали на com-порт ПЭВМ и архивировались в программе Owen Process Manager с возможностью последующей обработки данных. Скорость воздуха измеряли термоанемометром testo 405 с погрешностью 0,1 м/с.

Как видно из представленных рисунков, в первом опыте период осцилляций составлял 15 с, а во втором - 26 с. Таким образом, изменяя скорость воздуха, обдувающего семена, можно изменять длительность цикла осцилляций температуры. Аналогичным образом можно воздействовать на длительность цикла осцилляций, варьируя температуру воздуха, обдувающего семена.

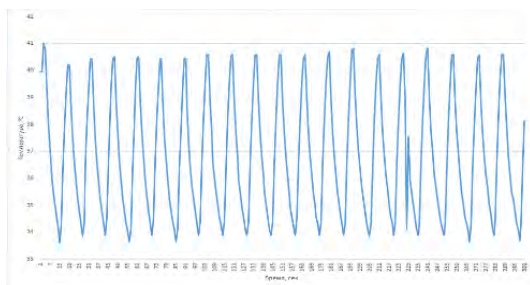


Рис. 1. Осцилляции температуры поверхности семян от  $t_{\min} = 34^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$  при  $t_{\text{возд.}} = 22,7^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{воз}} = 2,4$  м/с

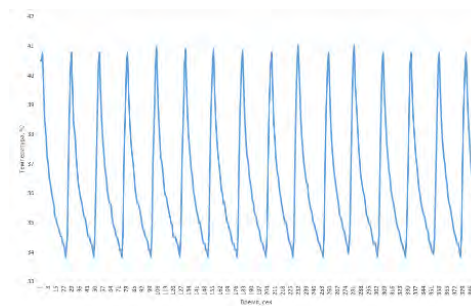


Рис. 2. Осцилляции температуры поверхности семян от  $t_{\min} = 34^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$  при  $t_{\text{воз.}} = 22,2^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{воз}} = 1$  м/с

*Научный руководитель - д.т.н., профессор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева С.П. Рудобашта.*

#### **Библиографический список**

1. Трифонова М.В., Бляндур О.В., Соловьев А.М., Фирсов И.П., Сиротин А.А., Сиротина Л.В. Физические факторы в растениеводстве. М.: Колос. 1998. 352 с.
2. Рудобашта С.П., Григорьев И.В. Импульсная инфракрасная сушка семян овощных культур, нетрадиционных и редких растений // Промышленная теплотехника. 2011. 33. №8. С. 85-90.
3. Рудобашта С.П., Зуева Г.А., Зуев Н.А. Стимуляция семян путем осциллирующей инфракрасной термообработки // Промышленная теплотехника. 2013. Т.35. № 7. С. 218-222.

**Клещина А.Э., Пешкова А.В.**

#### **ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА В СОВРЕМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ**

*Липецкий государственный технический университет  
(nastya231263@yandex.ru, Peshkova\_Nastja@mail.ru)*

Ни для кого не секрет, что тепловая изоляция ограждающих конструкций, как в промышленных, так и в жилых помещениях, играет немаловажную роль. Правильный выбор вида и толщины изоляционного слоя позволяют существенно сократить энергопотребление, что в свою очередь позволяет экономить денежные средства потребителей.

В холодный период года теплоизоляция создаёт дополнительное термическое сопротивление, тем самым, уменьшает потери тепла, обеспечивает относительное постоянство температуры в помещениях в течение суток при колебаниях температуры наружного воздуха, а в тёплый период года не позволяет тёплым потокам воздуха проникать внутрь помещения. Для расчета толщины теплоизоляционного слоя необходимо определить сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции исходя из требований санитарных норм и энергосбережения. Нормативное значение приведенного сопротивления теплопередаче следует принимать не менее нормируемых значений, определяемых по [1], в зависимости от градусо-суток района строительства.

Объектом исследования является реальный многоэтажный дом, расположенный по адресу: г. Липецк, ул. Свиридова, д.10, ограждающими конструкциями которого являются: трёхслойная стена, состоящая из газосиликатного блока, силикатного и керамического кирпича, без воздушной прослойки, однослойная стенка из си-

ликатного кирпича и двойное остекление. Оптимальная температура воздуха в жилой комнате составляет  $t_{\text{ком}}=20^{\circ}\text{C}$ , расчётная температура наружного воздуха  $t_{\text{н.о.}}=-27^{\circ}\text{C}$ , средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{\text{н.ср.}}=-3,4^{\circ}\text{C}$ , а продолжительность отопительного сезона  $n=202$  сут.[2]. Для оценки тепловой защиты здания было найдено нормативное значение сопротивления стены, равное  $R_{\text{норм.ст}}=3,054\text{ м}^2\times^{\circ}\text{C/Вт}$  [1] и фактическое термическое сопротивление  $R_{\text{ф.ст}}=1,78\text{ м}^2\times^{\circ}\text{C/Вт}$ . Вычислено нормативное значение сопротивления оконного проема  $R_{\text{норм.ок.}}=0,52\text{ м}^2\times^{\circ}\text{C/Вт}$  и фактическое значение  $R_{\text{ф.ок.}}=0,4628\text{ м}^2\times^{\circ}\text{C/Вт}$ .

Очевидно, что фактическое термическое сопротивление меньше требуемого. Это приведёт к большим потерям тепла в зимнее время и к увеличению проникновения теплых потоков воздуха в летний период. Всё это увеличивает энергопотребление и плату за коммунальные услуги.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента А.И. Шарапова*

### **Библиографический список**

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий/Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 28с.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 57с.

**Ключенков С.В., Шпиганович А.Н.**

### **МЕТОД АНАЛИЗА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НАДЕЖНОСТИ СЭС**

ФГБОУ ВО «ЛГТУ»  
serega950218@ya.ru

Для решения практических задач на производстве можно представить, функционирование оборудования импульсным потоком. Оборудование в системе энергоснабжения соединяется как последовательно, так и параллельно.

Импульсы и паузы любого импульсного потока связаны между собой временем. Вероятность появления импульсов рассчитываются параметры пауз. Используя среднюю частоту пауз и вероятность их появления, определяется математическое ожидание длительности паузы [1].

$$p_{n,k}(t) = 1 - \left( 1 - \prod_{s=1}^k \bar{\mu}_s \bar{\tau}_s \right) e^{-\frac{t}{\bar{\theta}_{n,k}}}, \quad (1)$$

где  $\bar{\mu}_s$  и  $\bar{\tau}_s$  - средняя частота и математическое ожидание длительности импульсов слагаемого потока  $X_s(x)$ ;  $\bar{\theta}_{n,k}$  - математическое ожидание длительности паузы потока  $Y_n(z)$ .

Образование импульсов совпадений от детерминированных потоков обладает целым рядом особенностей. Для иллюстрации рассмотрим самый простой случай, образованного от двух детерминированных потоков  $X_1(z)$  и  $X_2(z)$ , представленных на рис. 1.

Целесообразность выяснения таких особенностей связана с широким использованием детерминированных потоков в практике для описания функционирования технических систем и их оборудования. Одной из основных характеристик служит вероятность совпадения импульсов. Результаты могут отнесены к стационарным и независимым импульсным потокам, хотя для детерминированных суммарных потоков частота следования и длительность импульсов совпадений являются зависимыми от момента появления импульсов слагаемых потоков [1].

Очень часто для анализа производственных процессов необходимо использование зависимых потоков. В математической части такие задачи сводятся к определению параметров импульсов совпадений [2]. Для полной характеристики необходимо знать распределение длительности импульса совпадения. Плотность вероятностей их длительности

$$\alpha_{n,n}(\alpha|t_1, t_2, t_3, \dots, t_n) = \frac{\frac{\partial^2}{\partial \tau^2} p_{n,n}}{\sum_{s=1}^n \frac{\partial}{\partial \tau} p_{n,n}}, \quad (2)$$

где  $p_{n,n}$  - вероятность появления неукороченных импульсов совпадений;  $\alpha_{n,n}(\tau|t_1, t_2, \dots, t_n)$  - плотность вероятностей длительности неукороченных импульсов.

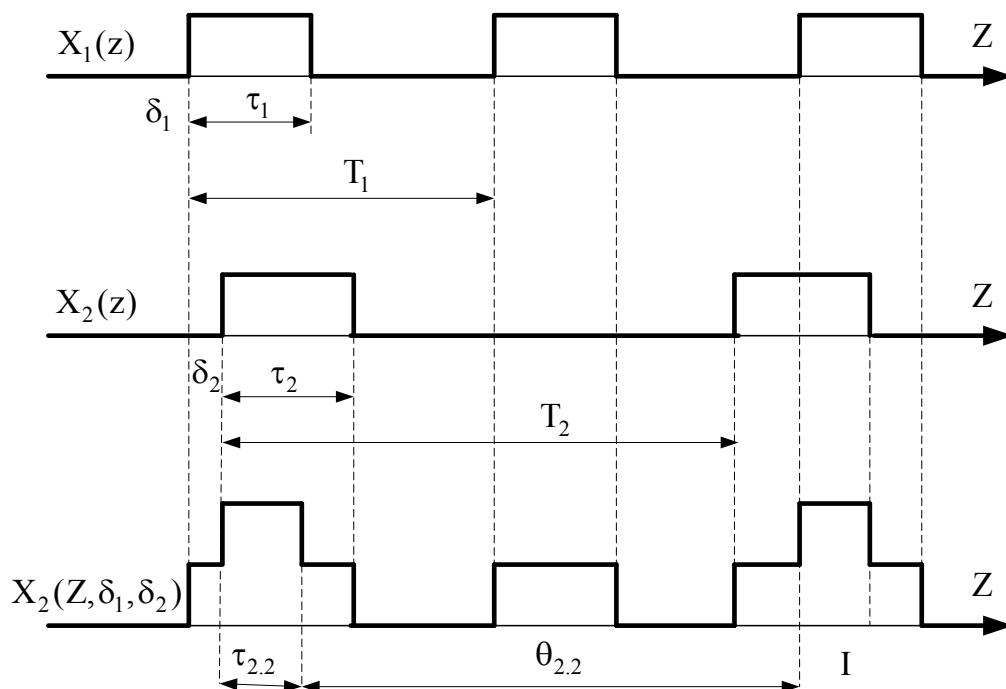


Рис.1. К определению параметров импульсов совпадения от двух детерминированных потоков

Зная полную характеристику импульса и его длительность появляется возможность оценить работу оборудования.

#### **Библиографический список**

1. Шпиганович А.Н. Случайные импульсные потоки [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. – Елец: УГУ им. И.А. Бунина, Липецк: ЛГТУ, 2004. – 292 с.
2. Седакин Н.М. Элементы теории случайных импульсных потоков [Текст]: Москва: Сов.радио, 1965. - 263 с.

**Колесников Д.А., Мещеряков В.Н.**

#### **АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ДЛЯ СИСТЕМ С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ**

*ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»*

В настоящее время на рынке все больше востребованы высокочастотные преобразователи энергии. Особенно сильно это можно увидеть в промышленной сфере. В связи с этим к инверторам предъявляются различные требования по надежности, отказоустойчивости, гибкости, энергоэффективности и т.д. Одним из способов, чтобы качественно повлиять на тот или иной критерий, можно прибегнуть к составлению нужного алгоритма управления устройства. Например, в области индукционного нагрева.

Цель данной работы заключается в создании универсальной высокочастотной схемы управления для инвертора, которая будет входить в резонанс с LC контуром для систем с индукционным нагревом.

Был построен экспериментальный высокочастотный однофазный инвертор напряжения. Схема управления была собрана на ШИМ генераторе, который выдавал стабильные двух полярные сигналы управления на ключи.

Были произведены испытания инвертора на активную и индуктивную нагрузку. В ходе испытаний инвертор работал устойчиво и не давал сбоев на всем диапазоне регулирования выходной частоты.

В дальнейшем планируется сделать универсальную схему управления на базе микроконтроллера серии Piccolo F2806x фирмы Texas Instruments, которая будет автоматически искать и входить в резонанс с LC контуром.

### ***Библиографический список***

1. Семенов, Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному [Текст] / Семенов, Б.Ю. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.
2. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника [Текст] / Мелешин, В.И. – М. Техносфера, 2005. – 632 с.
3. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники [Текст]: Учебник / Зиновьев, Г.С. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – Ч. 2 – 197 с.

***Коновалова К.Н.***

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ РЕГУЛЯЦИИ**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
(aksinya.konovalova@yandex.ru)*

Физиологическое обоснование регуляции сердечно-сосудистой системы — важнейшая задача современной медицины. Болезни, связанные с нарушением функции сердечно-сосудистой системы, лидируют среди главных причин смертности во всем мире.

Для диагностики и терапии кардиологических больных ведется разработка программно-аппаратных комплексов, основой которых являются математические модели сердечно-сосудистой системы. Стоит отметить, что не все модели учитывают воздействие других систем организма на сердечно-сосудистую систему, а также ее ответную реакцию.

Важным аспектом рассматриваемой темы является проблема прогнозирования хода хирургических операций и их последствий, а также введения в организм различных фармакологических препаратов, не всегда полезных для организма в целом. При этом необходимо учитывать индивидуальные анатомические, возрастные и другие особенности конкретного пациента.

Целью работы является математическое моделирование процессов, протекающих в сердечно-сосудистой системе организма человека с учетом ее взаимодействия с другими системами.

Задачи исследования:

- Выполнить обзор классических представлений о центральной регуляции сердечно-сосудистой системы;
- Изучить современные гипотезы и концепции, включая математические модели;
- Численно исследовать механические свойства сердечно-сосудистой системы, ее поведение при наличии патологических изменений и внешних воздействий, процессы переноса веществ.
- Используя полученные знания, представить математическое описание модели регуляции сердечно-сосудистой системы;
- Привести результаты вычислительных экспериментов, иллюстрирующих практическое применение модели.

Понимание регуляции сердечно-сосудистой системы, вегетативных и других жизненно важных систем организма актуально как для развития науки, так и для сохранения и улучшения здоровья, профилактики и лечения болезней.

Наряду с функциями сердечно-сосудистой системы, ее регуляции, большое значение имеет организация взаимоотношений автономных функциональных систем кровообращения, подсистем их саморегуляции, а также бульбарных и высших вегетативных центров.

Актуальность темы заключается в обобщении накопленных знаний и своевременности создания модели регуляции сердечно-сосудистой системы, ориентированной на современные задачи медицины.

В настоящее время на кафедре «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «ТГТУ» ведется работа по созданию многоуровневой модели регуляции сердечно-сосудистой системы.

В будущем результаты работы представляют весьма обширный интерес как для практических приложений в физиологии и медицине, так и для теоретических исследований, включающих дальнейшее развитие модели и интеграцию ее с моделями других систем организма человека.

### *Библиографический список*

4. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. -2015.- №4(58).-С.139-145.
5. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Газизова Д. Ш., Лишук В.А. Модель сердечно-сосудистой системы, ориентированная на интенсивную терапию // Вестник ТГТУ. 2008. Т.14. №4. С. 892-902.
6. Фролов С.В., Синдеев С.В., Лишук В.А., Газизова Д.Ш., Медведева С.А. Четырехкамерная модель сердечно-сосудистой системы человека // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. №2(40). С.51-60.

Крючков Р.В. Терехов Ю.Ю.

### **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ**

*ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет  
имени Н.В. Парахина»  
(dowakin1997@gmail.com, Rusik.k57@yandex.ru)*

**Ветроэнергетика** - это отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании энергии ветра — кинетической энергии воздушных масс в атмосфере. Так как энергия ветра является следствием деятельности солнца, то её относят к возобновляемым видам энергии.[1]

#### **Перспективы развития ветроэнергетики в России**

Нет сомнения, что большие и малые ВЭС могли бы работать на огромных пространствах России высокоэффективно, ведь наша страна обладает мощным ветроэнергетическим потенциалом, оцениваемым в 40 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Такие районы, как Обская губа, Кольский полуостров, большая часть прибрежной полосы Дальнего Востока, по мировой классификации относятся к самым ветреным зонам. Среднегодовая скорость ветра на высоте 50-80 м, где располагаются ветроагрегаты современных ВЭС, составляет 11-12 м/с.

Существуют также аномальные локальные зоны, в которых ветер значительно сильнее. Это, например, район Владивостока, где воздушные массы устремляются из Приханкайской равнины в разрыв между Северо-Корейскими горами и хребтом Сихотэ-Алинь и далее - по акватории Амурского залива. На островах близ Владивостока среднегодовая скорость ветра на высоте 150 м (50-метровая ВЭС на холме высотой 100 м) не бывает ниже 11 м/с (для континентальной Европы параметр недостижимый).[2]

Сегодня в России суммарная установленная мощность ВЭУ составляет около 16 МВт. В стране действуют 9 ветроэнергетических станций установленной мощностью от 0,2 до 5,6 МВт. Среднегодовая выработка электроэнергии всеми ВЭУ составляет 12,8 кВт·ч/год. В отношении ресурсов ветровой энергии в России наиболее перспективны такие районы, как Побережье Северного Ледовитого океана, Камчатка, Сахалин, Чукотка, Якутия, а также побережье Финского залива, Черного и Каспийского морей. Высокие среднегодовые скорости ветра, малая обеспеченность централизованными электросетями и обилие неиспользуемых в хозяйстве площадей делает эти местности практически идеальными для развития ветровой энергетики.[3]

**Проблемы реализации ветроэнергетики в России.** В России возможности ветроэнергетики до настоящего времени остаются практически не реализованными. Консервативное отношение к перспективному развитию топливно-энергетического комплекса практически тормозит эффективное внедрение ветроэнергетики, особенно в Северных районах России, а также в степной зоне Южного Федерального Округа, и в частности в Волгоградской области. Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка ветроэлектростанции зависит от силы ветра — фактора, отличающегося большим непостоянством. Соответственно, выдача электроэнергии с ветрогенератора в энергосистему отличается большой неравномерностью как в суточном, так и в недельном, месячном, годовом и многолетнем разрезе. Учитывая, что энергосистема сама имеет неоднородности нагрузки (пики и провалы энергопотребления), регулировать которые ветроэнергетика, естественно, не может, введение значительной доли ветроэнергетики в энергосистему способствует её дестабилизации. Ветроэнергетика требует резерва мощности в энергосистеме (например, в виде газотурбинных электростанций), а также механизмов сглаживания неоднородности их выработки (в виде ГАЭС или ГАЭС). Данная особенность ветроэнергетики существенно удорожает получаемую от них электроэнергию. Основная причина - отсутствие инвестиций.[4]

И все же дело, кажется, сдвинулось с мертвой точки. Сейчас в стране строится несколько ветроэнергетических комплексов, в том числе и демонстрационных. Последней в ноябре 2002 года начала работать на сеть ВЭС в маловетреной Башкирии (мощность 2,2 МВт). После ввода ее в строй общая установленная мощность всех российских ветроэлектростанций едва превысила 8 МВт - в 1000 с лишним раз меньше, чем в относительно небольшой по площади Германии. Это означает, что отечественная ветроэнергетика, в свое время задававшая тон в мире, сегодня едва ли не безнадежно отстает от Запада. Но путь у нас только один: приложить усилия и последовать примеру мировых лидеров ветроэнергетической отрасли.[5]

#### ***Библиографический список***

1. <http://auditenergy.ru/windenergy.html>
2. <http://nauka.relis.ru/06/0403/06403006.htm>
3. [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=213](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=213)
4. <http://festival.1september.ru/articles/646907/>
5. <http://www.science-techno.ru/nt/article/vetroenergetika/page/4>

***Кузьяев Р.Р., Кольтюков Н.А.***

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ТЕПЛОВЫМИ АППАРАТАМИ**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический Университет»  
xpyct1994@gmail.com*

В последнее время все более остро встает вопрос проблемы энергосбережения в связи с исчерпанием запасов топлива и повышением тарифов на энергию. Одними из самых активных потребителей энергии в нашей стране являются тепловые аппараты. В данной статье рассмотрены проблемы энергосбережения в сфере электрического нагрева на производстве и предложены основные направления их решения.

Электрический нагрев является основным как в теплоэнергетике, так и в самых разнообразных технологических процессах, в том числе и при производстве радиокомпонентов. Он является наиболее энергоёмким и получил широкое распространение. Затраты на электроэнергию для большинства предприятий носят серьёзный характер и существенно влияют на показатели эффективности и конкурентоспособности.

Основное отличие электротермических аппаратов от обычных способов нагрева заключается в том, что тепловая энергия передается материалу не излучением и не за счёт теплопроводности. Повышение температуры детали осуществляется без наличия нагреваемого пространства печи. Почти все потери, неизбежные при обычных способах передачи тепла, отпадают, а излучение и утечки тепловой энергии весьма малы, то получается значительное повышение КПД и находится в пределах 60-85%, в то время как аналогичные пламенные печи – 25-40%.

Еще одним преимуществом электрических нагревательных установок является то, что им не требуется время для разогрева перед пуском в эксплуатацию. Это позволяет избежать потерь энергии и времени на пуск и охлаждение печи. Аппарат готов к эксплуатации в любое время, независимо от длительности перерыва в работе. Электроустановки более удобны в эксплуатации и допускают точный контроль температуры детали без переделок и перегрева.

Все аппараты можно разделить на прямые и косвенные по методу преобразования электрической энергии в тепловую.

При прямом электронагреве преобразование в тепловую происходит в результате прохождения электрического тока непосредственно по нагреваемому телу или среде. При косвенном электрический ток проходит по нагревательному элементу системы, от которого впоследствии тепло и передается к нагреваемому телу посредством теплопроводности, конвекции или излучения.

Важным резервом снижения энергопотребления печей является оптимальное управление переходными режимами с учётом начальных условий и запаздывания. Большинство существующих алгоритмов управления не учитывает теплоаккумулирующие способности аппаратов с электронагревом и неточность задания начальных условий, всё это ведёт к перерасходу энергии в динамических режимах. Теоретические исследования показывают, что при оптимальном управлении спад энергозатрат может достигать 25% и более при условии, что используются алгоритмы синтеза оптимального управления, выполненными простыми и дешевыми микропро-



цессорными устройствами. Энергосберегающее управление характеризуется плавным протеканием тепловых процессов, что ведёт к повышению долговечности и безопасности эксплуатации.

Наибольший эффект энергосбережения при оптимальном управлении достигается вследствие следующих факторов:

- 1) оптимальное управление динамическими режимами при нагреве объектов;
- 2) обеспечение достижения необходимой температуры точно в назначенное время;
- 3) устранение отклонений регулируемой величины от исходного значения с минимальным значением энергопотребления;
- 4) использование резервов своевременного отключения энергоносителей.

#### ***Библиографический список***

1. Матвейкин В.Г. Теоретические основы энергосберегающего управления динамическими режимами установок производственно-технического назначения [Текст]: монография / В.Г. Матвейкин, Д.Ю. Муромцев.- М.: Издательство Машиностроение– 1, 2007. – 116 с.

***Леонова О.В., Балашов А.А.***

### **ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В Г. ТАМБОВЕ**

*Национальный исследовательский университет  
«Московский энергетический институт»*

Проблема рационального потребления и распределения тепловой энергии системами отопления по-прежнему актуальна, т.к. при климатических условиях России системы отопления жилых зданий являются наиболее энергоемкими из инженерных систем[1]. Объектом исследования выступает система отопления многоэтажного жилого дома в г. Тамбове, предметом – внедрение мероприятий по совершенствованию качества теплоносителя в системе отопления, а также мер для достижения рационального использования тепловой энергии.

В работе проведена оценка энергоэффективности ограждающих конструкций и рассчитана экономия тепловой энергии за счет установки БМР (блочный модуль регулирования) температуры теплоносителя. В таблице 1 приведены основные показатели энергетической эффективности.

Таблица 1 – Показатели энергетической эффективности БМР

| Параметры                                                                           | Значение |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Экономия за счет установки БМР                                                      | 10,76 %  |
| Экономия от устранения перетопа в осенне-весенний период отопительного сезона       | 2,7 %    |
| Экономия от снижения отпуска тепла в ночное время                                   | 2,3 %    |
| Экономия за счет учета поступлений от солнечной радиации и бытовых теплопоступлений | 5,76 %   |

Таким образом, экономия тепловой энергии от установки БМР составит 10,76% от годового потребления на отопление.

Личный вклад заключается в проведении анализа системы отопления и выявлении в ней аспектов оптимизации, во внедрении комплекса КИП и автоматики.

Полученные результаты совершенствования данной системы отопления могут быть распространены и на другие типы систем отопления.

#### ***Библиографический список***

1. Балашов, А.А. Проектирование систем отопления и вентиляции зданий: учебное пособие / А.А. Балашов, Н.Ю. Полунина, В.А. Ивановский, Д.С. Кацуба – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 172 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОГРЕВА СИСТЕМЫ МАССИВНЫХ ЭКРАНОВ ИЗ СТАЛИ С ВОЗДУШНЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования Волгоградский государственный технический  
университет, Россия, Волгоград  
(e-mail: ilichv7@gmail.com)

В стационарных тепловых процессах важнейшей теплофизической характеристикой является коэффициент теплопроводности вещества, характеризующий способность тела (вещества) проводить теплоту. При исследовании нестационарных процессов нагрева или охлаждения тел наряду с коэффициентом теплопроводности используется коэффициент температуропроводности вещества, характеризующий скорость выравнивания температуры по объему тела и объёмная теплоёмкость вещества представляющая собой произведение удельной теплоёмкости на объём вещества. При комнатных температурах коэффициенты температуропроводности для отдельных веществ составляют:

$$\begin{aligned}\text{сталь} &- 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; \\ \text{воздух} &- 21,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.\end{aligned}$$

Особый интерес для исследования представляет время прогрева материала или иной системы тепловой защиты [1].

Схема установки для исследования времени прогрева системы экранирования, состоящей из 4 стальных экранов и 4 прослоек воздуха между ними, приведена на рисунке 1.

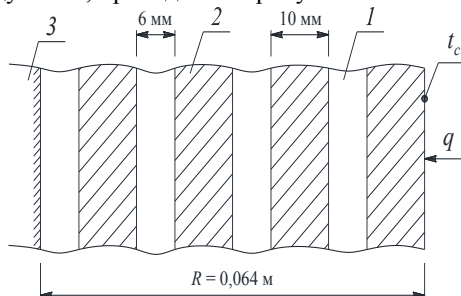


Рис.1. Схема экранирования:

$q$  – удельный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup>;  $t_c$  – температура стенки, °С;  
1 – воздушная прослойка; 2 – стальной лист;  
3 – охраняемый от воздействия температуры образец.

В результате расчета данной системы экранирования были получены следующие результаты: эффективный коэффициент теплопроводности [2]  $\lambda_{эф} = 0,085 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ; эффективная объёмная теплоёмкость  $(с\rho)_{эф} = 19,45 \cdot 10^5 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ ; эффективный коэффициент температуропроводности  $a_{эф} = 0,44 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ ; время за которое произошло изменение температуры охраняемого образца на 0,8 °С равно 5585 с. (1,55 часа) при безразмерной температуре  $\Theta_{и} = 0,99$ .

Таким образом, температура охраняемого от нагрева образца через 1,55 часа повысится на 0,8 °С.

Если бы охраняемое тело защищалось экраном из монолитной плиты стали, то его температура поднялась бы на 0,8 °С за 20 с, то есть время прогрева системы экранов увеличилось бы в 279 раз.

В таблице 1 приведено сравнение теплофизических характеристик системы экранирования и монолитной плиты стали.

Проведенное исследование подтверждает возможность использования систем массивного экранирования со стальными экранами в качестве защиты от теплового воздействия, как в стационарном режиме, так и при внезапном возникновении источника высокого температурного потенциала (при пожаре), т.е. в начальный период теплового воздействия.

Таблица 1. Сравнение теплофизических характеристик системы массивных экранов (четыре плоских стальных экрана), с монолитной стальной пластиной при  $t_c = 100^\circ\text{C}$

| Материал \ Параметр              | $\lambda$ , Вт/(м·К) | $(c\rho)$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К) | $a$ , м <sup>2</sup> /с | $\tau$ , с |
|----------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------|------------|
| Система массивного экранирования | 0,085                | $19,45 \cdot 10^5$                 | $0,44 \cdot 10^{-8}$    | 5585       |
| Монолитная стальная пластина     | 45,24                | $3,1 \cdot 10^6$                   | $12,5 \cdot 10^{-6}$    | 20         |
| Изменение параметров, $n$ раз    | 532                  | 1,59                               | 284                     | 279        |

#### Библиографический список

1. Лепилов В. И., Перфилов В.А. Энергосберегающие ограждающие элементы // VIII Международная научная конференция «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Волгоград, 2010. С. 201-206.
2. Фокин В. М., Ковылин А. В., Чернышов В. Н. Энергоэффективные методы определения теплофизических свойств строительных материалов. М. : Спектр, 2011. 155 с.

Милешин С.А. , Сергеева Н.А.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕНСОРА ДАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
([sergey.mileshin@gmail.com](mailto:sergey.mileshin@gmail.com), [vlasov@iu4.ru](mailto:vlasov@iu4.ru))

Проведено математическое моделирование в САПР с использованием микросистемных технологий для производства первичного тензопреобразователя, обеспечивающего высокие точностные свойства (до класса точности 0,1), широкий диапазон измерения (от 4КПа до 4МПа и от 4МПа до 400МПа), обладающего низкими массой (менее 100) и габаритами (габаритный размер до 50мм), а также проведение экспериментальных исследований конструктивных и схмотехнических средств для снижения влияния воздействия внешних факторов на работу датчика.

Общая модель прогиба мембраны будет выглядеть (рис. 1):

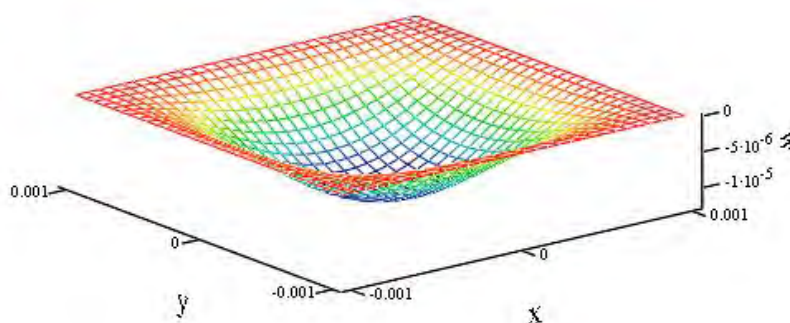


Рис.1. - Деформация защемленной по контуру мембраны

$$w(x,y) = \frac{4 \cdot q \cdot a^4}{\pi^5 D} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n^5} \left( \frac{\cos(\alpha_{xa})}{2ch(\alpha_{na})} (2ch(\alpha_{na}) - 2ch(\alpha_{ya})) + (1 - n^3 E_n) (\alpha_{ya} sh(\alpha_{ya}) - \alpha_{na} th(\alpha_{na}) ch(\alpha_{ya})) \right) - \frac{n^3 E_n \cos(\alpha_{ya}) (\alpha_{xa} sh(\alpha_{xa}) - \alpha_{na} th(\alpha_{na}) ch(\alpha_{xa}))}{2ch(\alpha_{na})}$$

#### Выводы:

- при установке дополнительных масс на жестком центре их значение добавляется к значению массы жесткого центра и существенно влияет на общую характеристику датчика, масса упругой перемычки в значительной степени влияет на частотную характеристику ЧЭ;
- передаточная функция ЧЭ МДД, состоящего из мембраны с мостовыми тензорезисторными схемами, в статическом режиме определяется его чувствительностью. Для достижения максимальной чувствительности тензорезисторных схем можно варьировать топологическими схемами и размерами мембраны;
- для устранения помех связанных с колебанием мембраны при высокой частоте изменения давления необходимо применять демпфирование чувствительного элемента;
- в датчиках давления с жестким центром демпфирование мембраны может осуществляться за счет перетекания вязкой среды (газ, жидкость) из подмембранной полости через калиброванные отверстия.

#### Библиографический список

1. S A Milesin, P V Grigoriev, L G Avaeva and T A Tsivinskaya Thermal MEMS flow meter for gaseous working fluids on the basis of the hot-wire thermoanemometric sensor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 151, Number 1. 2016. PP. 209-214. [Scopus];
2. Андреев К.А., Милешин С.А., Цивинская Т.А. Анализ методов электростатической сварки кремния и стекла при производстве высокоточных датчиков // Датчики и системы. 2013. № 2 (165). С. 45-49. [BAK].
3. Тиняков Ю.Н., Милешин С.А., Андреев К.А., Цыганков В.Ю. Анализ конструкций зарубежных прототипов датчиков давления // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 9. С. 4. [BAK];
4. Журавлева Л.В., Иванов А.М., Кулик Д.В., Сергеева Н.А., Тиняков Ю.Н. Применение МЭМС-датчиков при мониторинге добычи и транспортировки нефтепродуктов / Контроль. Диагностика. 2014. №6. С. 42-49.
5. Власов А.И., Журавлева Л.В., Сергеева Н.А., Цивинская Т.А. Анализ применения средств оценки массового расхода в энергосберегающих системах / В книге: Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах Тезисы докладов 2-ой Международной конференции с элементами научной школы. 2015. С. 63-65.

*Никулин С.С.*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: syegres@rambler.ru)*

Полимерные материалы обладают целым комплексом уникальных характеристик. Информация о твердофазных превращениях в полимерах необходима для выбора технологических режимов их переработки и эксплуатации в виде изделий, покрытий.

Исследования температурно-временных характеристик твердофазных превращений в полимерных материалах проводятся на основе методов, основанных на определении значений температуры превращения по аномалиям теплофизических свойств: теплоемкости, тепловой активности, температуропроводности и теплопроводности.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования температурных полей, возникающих в полимерных материалах. Тепловое воздействие осуществляется от источника тепла постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска, находящегося на поверхности полимерного материала [1, 2].

Регистрация твердофазных превращений в полимерных материалах проводится по аномалиям на зависимостях скорости изменения температуры от времени, полученных при нагревании заданным тепловым потоком и при остывании.

Измерительная система состоит из персонального компьютера, встраиваемой в компьютер измерительно-управляющей платы, измерительного зонда и регулируемого блока питания [2].

При измерениях зонд устанавливает контактной стороной на поверхность исследуемого материала. В плоскости контакта осуществляется тепловое воздействие с помощью встроенного в зонд нагревателя, выполненного в виде диска. Мощность и длительность теплового воздействия задаются программно.

Распределение температуры на поверхности исследуемого тела контролируется несколькими термодатчиками. Фиксируется температура в центре нагревателя и на различных расстояниях от центра в плоскости контак-

та измерительного зонда и исследуемого материала. Сбор и обработка информации производится как при нагреве, так и при остывании.

Были проведены теплофизические эксперименты на изделии из политетрафторэтилена при различных начальных температурах и при различных значениях мощности, подаваемой на нагреватель. Эксперименты показали наличие твердофазных превращений в политетрафторэтилене, происходящие при температурах 19,6 °С и 30 °С.

На рис. 1 представлены результаты обработки экспериментальных данных, полученных при следующих условиях: исследуемый материал – политетрафторэтилен; начальная температура опыта 17,8 °С; радиус нагревателя 4 мм; мощность на нагревателе 1,45 Вт; временной шаг измерения температуры 0,5 с; точка измерения расположена на поверхности политетрафторэтилена на расстоянии 9 мм от центра нагревателя. Твердофазный переход при 19,6 °С проявился ступенькой, а при 30 °С – изломом кривой  $V=f(T)$ .

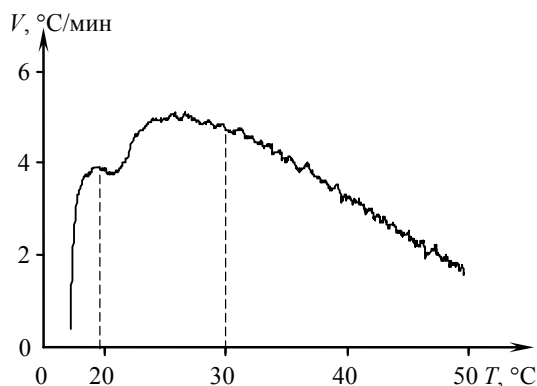


Рис. 1. Скорость нагрева в точке, расположенной на расстоянии 9 мм от центра, отнесенная к температуре в этой точке.

Таким образом, возможна реализация метода неразрушающего теплового контроля твердофазных превращений в полимерных материалах. Метод основан на регистрации первой производной по времени от основной величины – температуры в нескольких точках контроля исследуемого полимерного тела в динамических температурных режимах при нагреве и остывании. Для полимерных материалов это осуществимо в областях, в которых возможны структурные переходы, сопровождающиеся тепловыми эффектами.

#### **Библиографический список**

1. Гришин А.В., Селянина Е.С., Никулин С.С., Олихова Ю.В., Майникова Н.Ф. Определение значений температуры структурных переходов в полимерах неразрушающим способом // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 3 (152). С. 25 – 27.
2. Кох-Татаренко В.С., Никулин С.С., Жуков Н.П., Кочетков А.И. Метод и измерительная система теплофизического контроля // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. 30. № 10 (179). С. 43-45.

**Никулин С.С.**

#### **ДВИЖЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ФАЗ ПРИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ В ПОЛИМЕРАХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(syegres@rambler.ru)*

В ряде технических процессов возникает необходимость определения температурного состояния материала при наличии фазовых превращений. Информация о фазовых превращениях в полимерах необходима для назначения технологических режимов их переработки в изделия и дальнейшей эксплуатации.

Разработка методов определения законов движения границ фазовых превращений в полимерах при неразрушающем теплофизическом контроле готовых изделий и образцов актуальна, так как аналитические методы решения краевых задач существенно упрощаются, когда известно движение границы раздела фаз.

Сложность решения данной проблемы заключается в том, что наряду с определением температуры вещества, находящегося в различных фазах, требуется также находить закон перемещения границы фазового превращения, с учетом выделяющейся или поглощаемой при этом теплоты.

Предложенный математический подход и полученные математические модели [1] позволили реализовать на практике метод неразрушающего определения законов движения границ твердофазных превращений в полимерах [2] с помощью информационно-измерительной системы, представленной в работе [3].

В качестве объекта исследования был выбран образец из политетрафторэтилена. В политетрафторэтилене происходят полиморфные превращения при температурах, далеких от области плавления. При температуре ниже 19,6 °С элементарная ячейка ПТФЭ имеет триклиническую структуру. В интервале от 19,6 °С до 30 °С существует гексагональная элементарная ячейка. При температуре выше 30 °С стабильной становится псевдогексагональная решетка. Удельные теплоты переходов составляют соответственно: 4,0±0,5 кДж/кг и 1,2±0,3 кДж/кг.

Тепловое воздействие на исследуемое тело осуществляли с помощью нагревателя, выполненного в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда. Температурное распределение на поверхности исследуемого тела контролировали несколькими термоприемниками [2].

С учетом значений теплофизических свойств политетрафторэтилена, геометрических и режимных параметров опыта, найдены законы движения границ фазовых превращений  $\zeta_n = f(Fo)$  в политетрафторэтилене при  $T_{n1} = 19,6$  °С и  $T_{n2} = 30$  °С:

$$\zeta_{n1}(Fo_n) = \frac{Fo_n^{0,6821} + 0,5988}{0,0425 \cdot Fo_n^{0,6821} + 0,5988}, \quad (1)$$

$$\zeta_{n2}(Fo_n) = \frac{Fo_n^{1,078} + 1,725}{0,1005 \cdot Fo_n^{1,078} + 1,725}. \quad (2)$$

Имитационные исследования влияния тепловых режимов воздействия, теплоты фазового превращения, теплофизических свойств полимера на закон движения границы фазового превращения показали хорошее совпадение теоретических результатов с численными расчетами по методу конечных элементов.

Таким образом, использованная математическая модель позволяет реализовать на практике метод неразрушающего определения закона движения границы фазового превращения в полимере.

#### **Библиографический список**

1. Жуков Н.П., Майникова Н.Ф., Рогов И.В., Пудовкина Е.В. Многомодельный метод неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов // Инженерно-физический журнал. 2012. Т. 85, № 1. С. 188-194.
2. Жуков Н.П., Майникова Н.Ф., Рогов И.В., Никулин С.С. Определение закона движения границы раздела фаз в полимере // Вестник ТГТУ, 2009. Т. 15, № 1. С. 120-126.
3. Бородавкин Д.Г., Никулин С.С. Моделирование температурных полей при реализации метода неразрушающего теплофизического контроля // Молодой ученый. 2014. №3. С. 25-28.

**Оразов Б.К., Михайлов М.В.**

#### **РАЗДЕЛЕНИЕ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ПУТЕМ СОЧЕТАНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

*Московский технологический университет (МИТХТ), Россия, Москва  
(beibarys.ozarov@gmail.com, mv\_90@mail.ru)*

Для разделения и очистки веществ от примесей используются различные массообменные процессы (абсорбция, дистилляция, ректификация, экстракция, кристаллизация и др.). Каждый из них имеет свои области технологически возможного и экономически оправданного применения. Часто ограничения в использовании того, или иного процесса связано с физико-химическими свойствами разделяемых смесей и наличием на диаграммах разделения фаз особых точек (азеотропных, эвтектических, и др.). Границы возможного разделения могут быть существенно расширены при применении сочетания нескольких массообменных процессов [1-2].

Однако использование таких сопряженных методов разделения часто связано со значительными энергетическими затратами, что обусловлено необходимостью нагрева и охлаждения потоков разделяемых смесей при их передаче с одной стадии разделения на другую.

В рамках данной работы рассматривалось разделение бинарных смесей (нафталин-дифенил, п-ксилол-бензол и т.д.) путем сочетания процессов ректификации и фракционной кристаллизации. Проанализировано несколько вариантов сопряжения данных процессов для разделения бинарных смесей, которые имеют на диаграмме равновесия фаз «жидкость-твердое» эвтектические точки. Наиболее подробно были рассмотрены варианты разделения, в которых один из продуктов получается путем кристаллизации, а другой путем ректификации в виде дистиллята или кубового остатка, при чем для прохождения эвтектической точки использовалась стадия ректификации. При этом исходную смесь в зависимости от использованного варианта подавали или на стадию кристаллизации, или на стадию ректификации. Было проанализировано влияние различных технологических параметров (исходной концентрации смеси, концентрации кубового остатка и дистиллята, температуры фракционирования на стадии кристаллизации, теплофизических свойств разделяемых смесей) на выход продуктов разделения, их состав, а также на энергетические затраты, связанные с таким разделением. Исследования показали, что организация рекуперативного теплообмена между потоками маточника, дистиллята и кубового остатка позволит существенно уменьшить энергетические затраты на процесс разделения.

Еще больше снизить затраты тепловой энергии на процесс разделения можно при использовании тепловых насосов на стадиях рекуперативного теплообмена между рециркулирующими потоками [3]. Учитывая это, в рамках данной работы нами был также выполнен анализ эффективности применения компрессорных тепловых насосов закрытого типа при разделении бинарных смесей путем сочетания процессов ректификации и фракционной кристаллизации. При этом было установлено влияние основных параметров работы теплового насоса (температуры, давления, степени сжатия вторичных паров и др.) на энергетическую эффективность исследуемого процесса разделения. Показано, что применение тепловых насосов при проведении сопряженных процессов ректификации и фракционной кристаллизации позволяет существенно снизить (иногда в несколько раз) энергетические затраты на проведение таких процессов.

*Руководитель д.т.н., профессор Носов Геннадий Алексеевич*

#### ***Библиографический список***

1. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Разделение смесей путем сочетания некоторых массообменных процессов // Хим. пром. 1979. № 11 С. 677-681.
2. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Разделение расслаивающихся смесей путем сочетания процессов ректификации и фракционной кристаллизации. // Хим. пром. 1984. № 8 С. 38-40.
3. Носов Г.А., Бельская В.И., Жильцов В.С. Разделение смесей путем сочетания процессов кристаллизации и непрерывной дистилляции с использованием тепловых насосов // Журн. Вестник МИТХТ. 2014. Т.9. № 3. С. 31-35.

***Подшивайлова Ю.В. Антонов А.А. Ястребов В.М.***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО КПД ТЕПЛОВОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*«Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический  
институт оборудования нефтеперерабатывающей  
и нефтехимической промышленности»  
(pvy@vniktinho.ru, alantant@mail.ru)*

Создание технически простых теплосиловых установок с высокой термодинамической эффективностью затруднено ввиду использования естественных перепадов температур воздуха (по высоте) и воды (по глубине), что не позволяет эффективно использовать сосредоточенные в окружающей среде запасы внутренней тепловой энергии. При передаче теплоты от более нагретого тела к менее нагретому, ее способность превращаться в механическую энергию уменьшается. При выравнивании температур источника и приемника тепловая энергия, переданная в окружающую среду, становится полностью неработоспособной и наибольшая работа в системе может быть совершена при достижении в ней равновесного состояния путем обратимых процессов.

Эксергия представляет собой энергию, которая при участии окружающей среды может быть преобразована в любую другую форму энергии. Ее определяют как работоспособную часть энергии.

С помощью эксергетического КПД можно оценить эффективность преобразования энергии всей системе и на отдельных ее участках [1]. Эксергетический КПД определяли на примере системы подачи горячей воды, выполненной по схеме (рис. 1)

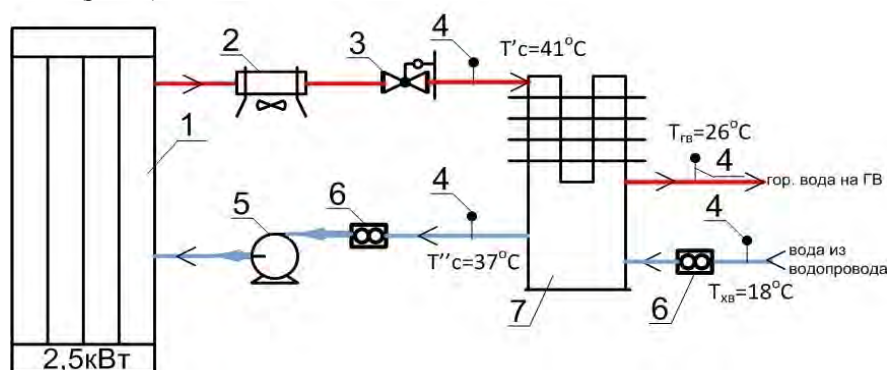


Рис.1 - Схема тепловой системы:

1 - котел; 2 – воздушосборник; 3 – предохранительный клапан; 4 –термометр; 5 – насос; 6 – счетчик; 7 – теплообменник.

Установка представляет собой тепловую систему. В электрический котел 1, через счетчик 6, насосом 5 подается вода с температурой  $t''_c$ , нагревается и выходит с температурой  $t'_c$ . Затем, проходя воздушосборник 2, предохранительный клапан 3 и термометр 4, она переходит в теплообменник 7, где отдает свою теплоту воде из водопровода, которая поступает на горячее водоснабжение.

Эксергетический КПД определяется по формуле:

$$\eta_{\text{экс}} = \frac{Q_{\text{ГВ}}}{W} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $\eta_{\text{экс}}$  - эксергетический КПД;  $Q_{\text{ГВ}}$  - Потери на горячее водоснабжение;  $W$  –мощность котла, кВт.

Потери на горячее водоснабжение определяются исходя изизменения температур горячего и холодного теплоносителей по сечению  $F$  противоточного теплообменного аппарата, а также характера распределения температур теплоносителей (рис.2).

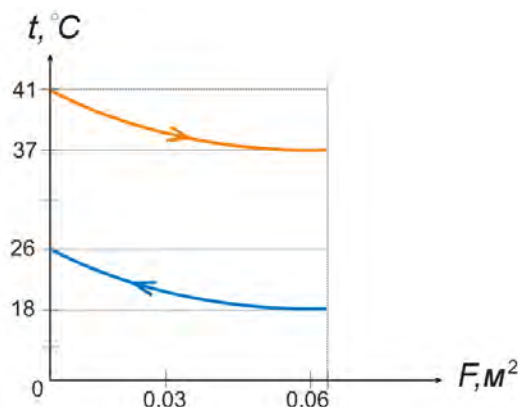


Рис. 2 - Схема изменения температуры горячего и холодного теплоносителей в противоточном теплообменном аппарате

Из графика определяем площадь поверхности теплообмена, равную  $0,0627 \text{ м}^2$ , а затем и  $\eta_{\text{экс}} \approx 89,3 \%$

Для того чтобы повысить общий КПД всей системы необходимо применить мероприятия по энергосбережению[2].

#### Библиографический список

1. Кириллин В. А.,Техническая термодинамика : учебник / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин ; М.: Энергоатомиздат, 1983. - 417 с.
2. В.М. Фокин – Основы энергосбережения и энергоаудита. М : Машиностроение 1», 2006, 195 с.



## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ

Тамбовский государственный технический университет  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)

В разрабатываемой измерительной системе для определения теплофизических свойств (ТФС) сыпучих материалов [1] применяется модель распространения тепла от линейного источника в цилиндрическом пространстве [2]. В данной модели линейный источник тепла действует на теплоизолированной поверхности полуограниченного тела. Таким образом, для справедливости расчетных зависимостей, применяемых к измерительной ячейке, необходимо, чтобы исследуемый материал был неограничен в направлении распространения теплового потока.

Для определения необходимой высоты слоя материала, засыпаемого в измерительную ячейку (ИЯ), было проведено моделирование ячейки в программной среде COMSOL Multiphysics и обработка результатов моделирования в MATLAB.

С помощью MATLAB в полученной модели последовательно заменялось значение высоты слоя исследуемого материала рядом численных значений. С помощью расчетных зависимостей [2] производился расчет ТФС материала при каждом значении высоты слоя. Рассчитанные значения ТФС сравнивались с заданными при моделировании значениями и определялась относительная погрешность.

На рисунках 1 – 3 приведены графики зависимостей относительной погрешности расчетных значений ТФС от толщины слоя материала.

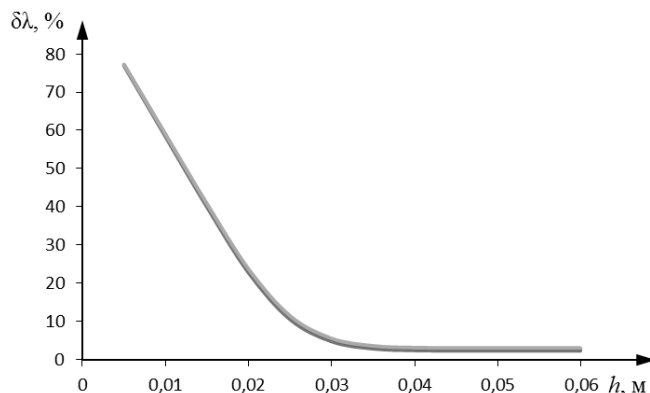


Рис. 1 Зависимость относительной погрешности расчетного значения теплопроводности от толщины слоя исследуемого материала.

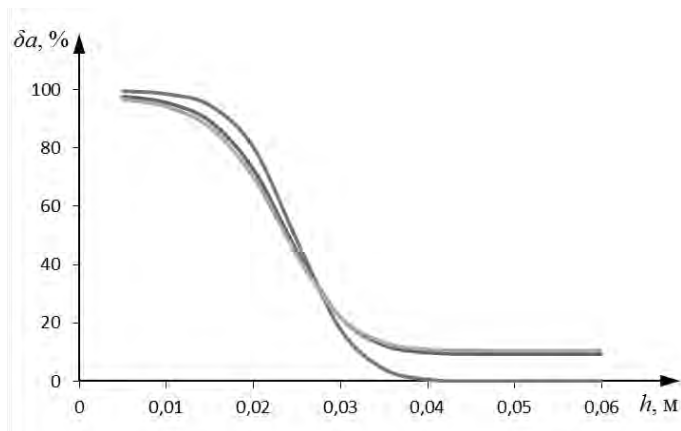


Рис. 2 Зависимость относительной погрешности расчетного значения температуропроводности от толщины слоя исследуемого материала.

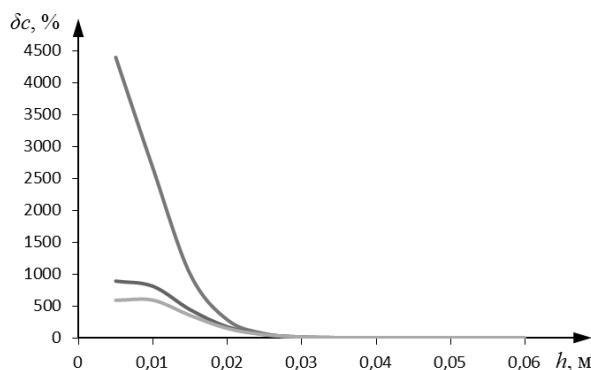


Рис. 3 Зависимость относительной погрешности расчетного значения теплоемкости от толщины слоя исследуемого материала.

Из графиков видно, что при толщине слоя материала более 0,04 м погрешность определения ТФС по расчетным зависимостям [2] не меняется. Таким образом, необходимая высота слоя материала, засыпаемого в ячейку – 0,04 м (40 мм).

Таким образом, толщина слоя исследуемого материала 0,04 м обеспечивает необходимые граничные условия.

#### Библиографический список

1. Моделирование тепловых процессов в измерительной ячейке для определения свойств сыпучих материалов / И.В. Рогов, А.В. Рожков, А.А. Андреев, А.А. Анисимов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – 2015. – с. 239 – 242.
2. Жуков Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.

**Рогов И.И., Стромов Б.А., Аль-Антаки Ахмед Малик Абдулган.**

#### РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРОМИСТО-ЛИТИЕВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ В СРЕДЕ MATLAB

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
(IvanRogow@rambler.ru)

Бромисто-литиевые абсорбционные холодильные машины (АБХМ) широко применяются в промышленности, как безопасные, эффективные, экологичные аппараты для генерации холода. Подобного рода холодильные машины могут использоваться совместно с газотурбинными установками (ГТУ) для охлаждения поступающего воздуха и повышения эффективности работы установки в целом. Это приобретает особую важность при использовании ГТУ в климатических районах с высокой среднегодовой температурой наружного воздуха, например для условий Ирака.

Для обеспечения эффективной работы АБХМ необходимо провести расчет термодинамических характеристик работы установки при различных условиях её применения. В ходе анализа нам необходимо проверить выполнение теплового баланса в установке, а так же найти тепловой коэффициент по формуле [1]:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{q_h}, \quad (1)$$

где  $q_0$  – теплота испарителя установки,  $q_h$  – теплота генератора. Тепловой баланс находится по следующим соотношениям (2) и (3) :

$$\sum q_{\text{подв}} = q_h + q_0 \quad (2)$$

$$\sum q_{\text{отв}} = q + q_a, \quad (3)$$

где  $q$  – это теплота конденсатора,  $q_a$  – теплота абсорбера.

Для автоматизации процесса расчета термодинамических характеристик АБХМ было разработано программное обеспечение в среде MATLAB. Применение подобного программного обеспечения позволяет провести анализ работы установки для различных условий и назначать оптимальные режимы работы АБХМ. В таблице 1 приведен пример расчета термодинамических параметров в характерных точках цикла АБХМ.

Таблица 1. Параметры характерных точек цикла АБХМ.

| Состояние вещества                   | $T, K$        | $p, kPa$     | $\varepsilon, \%$     | $h, kJ/kg$   |
|--------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Вода после конденсатора              | $T_k=T_3=309$ | $p_k=5.89$   | $\varepsilon=0$       | $h_3=150.19$ |
| Крепкий раствор после генератора     | $T_4=368$     | $p_h=5.89$   | $\varepsilon_r=63.06$ | $h_4=234.84$ |
| Слабый раствор после абсорбера       | $T_2=309$     | $p_a=0.5655$ | $\varepsilon_a=61.14$ | $h_2=114.46$ |
| Крепкий раствор после теплообменника | $T_8=324$     | $p_h=5.89$   | $\varepsilon_r=63.06$ | $h_8=126.16$ |
| Вода в испарителе                    | $T_0=T_1=275$ | $p_0=0.69$   | $\varepsilon=0$       | $h_1=7.76$   |
| Пар после испарителя                 | $T_1=275$     | $p_0=0.69$   | $\varepsilon=0$       | $h_1=2504.2$ |

Созданы отдельные блоки программ, позволяющие определять свойства раствора бромида лития, при этом использовались данные ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) [2]. Для определения параметров воды и водяного пара использовались данные IAPWS (International Association for the Properties of Water and Steam) [3].

Начальные и определяющие данные для анализа – температуры холодного и горячего источников теплоты (охлаждающая вода и дымовые газы), результатами анализа являются термодинамические параметры в характерных точках цикла, тепловые нагрузки на отдельные узлы холодильной машины и холодильный коэффициент АБХМ. Результаты согласуются между собой, а так же с данными из российских источников и научно-технической литературы.

#### **Библиографический список**

1. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / Е.М. Бамбушек, Н.Н. Бухарин, Е.Д. Герасимов и др. Л.: Машиностроение 1987- 423 с.
2. ASHRAE Handbook of Fundamentals. Atlanta Georgia 2009
3. IAPWS. 2007. Revised release on the IAPWS industrial formulation 1997 for the thermodynamic properties of water and steam. International Association for the Properties of Water and Steam, Oakville, ON, Canada.

**Рукавицын К.О., Глущенко А.И.**

#### **ОБЗОР СИСТЕМ ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ**

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
(kirill\_rukavitsyn@mail.ru)*

**Аннотация.** Рассмотрены варианты прямого управления моментом асинхронных двигателей с использованием методов искусственного интеллекта. Произведено сравнение систем Fuzzy DTC и DTC с использованием искусственных нейронных сетей.

**Ключевые слова:** прямое управление моментом (ПУМ; DTC); интеллектуальные системы управления; искусственная нейронная сеть (ИНС); нечеткая логика.

В последние десятилетия в области автоматизированного электропривода значительно вырос интерес к всевозможным аспектам проблем интеллектуального управления. Исследователями предложено множество работ, направленных на устранение основных недостатков метода прямого управления моментом: 1) большая амплитуда колебаний электромагнитного момента; 2) непостоянство частоты коммутаций ключей.

чей инвертора, отрицательно влияющее на их тепловое состояние; 3) большое значение амплитуды тока статора при пуске.

В отечественной и зарубежной литературе можно выделить две основные группы усовершенствованных систем DTC с использованием методов искусственного интеллекта: 1) DTC с использованием нечеткой логики (Fuzzy DTC); 2) DTC с использованием искусственных нейронных сетей (ANN DTC).

В [1] автор отмечает, что возможно несколько вариантов применения нечеткой логики в системах DTC: 1) для вычисления скважности импульса напряжения; 2) для вычисления компонент-вектора напряжения. В Fuzzy DTC за счет усложнения таблицы переключений улучшаются статические и динамические свойства привода, уменьшаются пульсации электромагнитного момента. Применение нечетких регуляторов должно обеспечивать большую устойчивость, чем релейные регуляторы в классическом DTC, а также позволить лучше управлять нелинейным процессом. Степень робастности регулятора зависит от правил, определяющих нелинейность.

В работах [2-5] авторы модернизировали алгоритм DTC, путем использования искусственных нейронных сетей. При этом ANN DTC можно разделить на три основные группы по задачам, которые решались с помощью нейронных сетей: 1) ассоциативная память (нейронная сеть заменяет таблицу переключений) [2, 3]; 2) идентификация (адаптивный наблюдатель потокосцепления статора) [4]; 3) управление (нейрорегулятор скорости) [5].

Авторами отмечается, что использование искусственных нейронных сетей привело к уменьшению колебаний электромагнитного момента, повышению робастности привода за счет обработки зашумленных входных сигналов, повышению точности регулирования. Недостатком считается сложность организации обучения нейронной сети в задачах идентификации и управления при ее адаптации к конкретному двигателю.

Стоит отметить, что достоинства и недостатки рассмотренных систем прямого управления моментом обуславливают область своего применения. При этом одни методы позволяют избавиться от недостатков самой системы управления, когда другие методы помогают учесть нелинейность объекта управления.

#### ***Библиографический список***

1. Григорьев А.В. Обзор вариантов прямого управления моментом асинхронных электродвигателей (часть 2) // Вестник кузбасского государственного технического университета. – №3 (91) – 2012. – С. 136-138.
2. Цифровое моделирование в Simulink системы прямого управления момента с многослойным персептроном/ Ю.И. Еременко, М.Г. Данилова, К.О. Рукавицын// Вестник Воронежского Государственного Технического Университета – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2016. – 12(4) – С. 15-18.
3. Minimization Of Current, Flux & Torque Ripples Content Of DTC Of Induction Motor Drive At Very Low-Speeds/ K.Triveni Naidu, Ms.P. Durga Bhavani, Mr.G. Tirupati Naidu// International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development, 2015. – №5 – С. 30-40.
4. Нейронные сети в системах управления преобразователями электрического подвижного состава/ Т.А. Кочкар, А.С. Мазнев// Бюллетень результатов научных исследований. – № 1(18) – 2016. – С. 57-66.
5. Artificial Neural Network Based Speed and Torque Control of Three Phase Induction Motor/ Amanulla, Manjunath Prasad// International Journal of Science and Research (IJSR), 2013 – № 2(8) – С. 463-465.

***Савинова К.С.***

#### **ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(savinova.k94@mail.ru)*

**Аннотация:** Проанализировано измерение температуры методом наименьших квадратов для сравнения полученных характеристик с эталонной на примере градуировки измерения температуры одним датчиком [Пат. №2118802 РФ].

**Цель:** Показать эффективность аналитической калибровки относительно статистических характеристик.

Задача заключается в нахождении коэффициентов зависимости, при которых функция переменных принимает наименьшее значение. То есть, при данных коэффициентах сумма квадратов отклонений экспериментальных данных от найденной прямой будет наименьшей. В этом вся суть метода наименьших квадратов, соответственно, решение примера сводится к нахождению экстремума функции нескольких переменных.

Убедимся в достоинстве аналитической калибровки на примере прототипа способа дистанционного измерения давления и температуры в скважине одним датчиком и устройства для его осуществления.

Используя метод наименьших квадратов, выполнено:

- аппроксимированы данные линейной, квадратичной, кубической и экспоненциальной зависимостями температуры от сопротивления;

- найдены коэффициенты  $a$  и  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ;

- выяснить, какая из градуировочных характеристик ближе к калибровочной.

Задача решена по следующему алгоритму:

1. заданы  $i$ -е границы диапазона температуры  $T$  и сопротивления  $R$  ( $i=0,1,2,3$ );

2. найдены вспомогательные величины;

3. получены коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  методом Крамера;

4. найдено уравнение регрессии;

5. по полученному уравнению регрессии построены графики характеристик температуры от сопротивления и погрешности относительно эталона.

Моделирование проведено в среде MATLAB.

*Выводы о проделанной работе:*

1. Калибровочная характеристика имеет высокую метрологическую эффективность относительно линейной, квадратичной, кубической и экспоненциальной функций.

2. Сравнив эталонную и линейную характеристики, видно, что погрешность колоссальна (около 175%).

3. При сравнении эталонной и квадратичной функций видно, что погрешность составляет около 100%.

4. Наиболее приближенными к эталону являются кубическая и экспоненциальная функция (50% и 45% соответственно)

*Научный Руководитель: д.т.н., профессор Фролов С.В.*

#### **Библиографический список**

1. Глинкин Е.И., Глинкин М.Е. Технология АЦП [Текст] /Е.И. Глинкин//Тамбов: ТГТУ, 2008.
2. Пат. №2118802 РФ, G01K7/16, G01L1/22. Способ дистанционного измерения давления и температуры в скважине одним датчиком и устройство для его осуществления [Текст] / Коловертнов Ю.Д. и др.

**Селянина Е.С., Жуков Н.П.**

### **ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Разработка технологии получения и исследование свойств новых композиционных материалов (КМ), компоненты которых существенно отличаются по свойствам, а их сочетание дает весьма полезный синергетический эффект, актуальны. Применение полимерных нанокомпозитов в качестве функциональных материалов перспективно. Так, наполняя полимерные матрицы углеродными наночастицами (УНЧ), например частицами графенов, можно получать большое разнообразие композитов.

Известно, что наполненный УНЧ полипропилен (ПП) отличается повышенной ударной прочностью. Эффективность модификации частицами графенов подтверждается также для армированных базальтовым волокном (БВ) КМ с полипропиленовой матрицей.

Цель работы – исследование влияния состава КМ на основе ПП, наполненного БВ и УНЧ на зависимость теплопроводности от температуры.

Для армирования ПП использовали рубленное базальтовое волокно марки БС 13-3,2-КВ-16 с диаметром элементарной нити 13 мкм, длиной отрезка 3,2 мм. Для наполнения ПП применялись частицы графенов с плотностью 0,05 г/см<sup>3</sup> и удельной поверхностью 1686 м<sup>2</sup>/г.

Измерения проводили на измерительной системе (ИС), разработанной после существенной перестройки аппаратной и программной частей измерителя ИТ-400. Устройство ИС и методика эксперимента представлены в работах [1, 2].

Градуировку ИС проводили на аттестованных образцах с известными ТФС. Константы ИС определены в интервале значений температуры от 25 °С до 200 °С, нижний температурный предел которого напрямую свя-

зан с моментом наступления монотонного режима. Верхний предел зависит только от значения температуры, при которой эксперимент был остановлен.

На рис. представлены температурные зависимости теплопроводности КМ на основе ПП, наполненного БВ и совместным введением БВ и УНЧ, которые свидетельствуют о снижении теплопроводности.

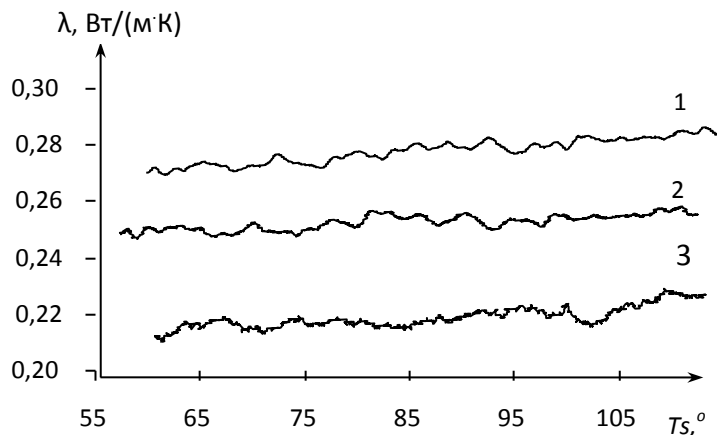


Рис.1 Температурные зависимости теплопроводности: 1 – ПП; 2 – ПП + 20 % масс. БВ + 0,01%масс. УНЧ; 3 – ПП + 20 % масс. БВ.

Так, теплопроводность ПП, наполненного БВ меняется в пределах 0,21 – 0,23 Вт/(м К) с изменением температуры в пределах 55 – 115 °С, тогда как теплопроводность исходного ПП изменяется в диапазоне 0,27 – 0,29 Вт/(м К).Вт/(м · К).Кривая 2 представляет зависимость теплопроводности КМ на основе ПП, наполненного БВ (20 % масс.) и УНЧ (0,01 % масс.). Представленные данные свидетельствуют о снижении теплопроводности ПП, наполненного БВ и УНЧ.

#### Библиографический список

1. Измерительно-вычислительная система для исследования температурных зависимостей теплопроводности и теплоёмкости материалов / Н.Ф. Майникова, Ю.Л. Муромцев, В.И. Ляшков и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2001. – Т.7, №1. – С.35 – 44.
2. Исследование температурных зависимостей тепло-проводности эпоксидных углепластиков / Н.Ф. Майникова, Никулин С.С., Осипчик В.С. и др. // Пластические массы. – 2014. – № 9–10. – С. 35 – 37.

Семенов Д.Д.

#### ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОДНИМ ДАТЧИКОМ

Тамбовский государственный технический университет  
(siemionov1995@mail.ru)

Способ измерения давления и температуры одним датчиком интенсивно развивался с 1995 по 1997 год, поэтому необходимо рассмотреть тенденции развития данного технического решения для прогнозирования его дальнейшего развития.

Способ дистанционного измерения давления и температуры в скважине одним датчиком заключается в подаче тока на диагональ питания тензомоста и измерении напряжения на измерительной диагонали. При смене направления тока питания тензомоста совмещают питающую и измерительную диагонали. Измеряют второе напряжение. Значение давления и температуры определяют расчетным путем. Устройство для дистанционного измерения давления и температуры в скважине одним датчиком содержит тензомост, четырехпроводную линию связи и источник тока. Введены две развязывающие диодные цепочки. Диодные цепочки подключены одними выводами к источнику тока, а другими выводами - параллельно тензорезисторам. Тензористоры включены в противоположные плечи тензомоста [1].

В дальнейшем конструкция устройства была упрощена, были убраны развязывающие диодные цепочки, а четырехпроводная линия связи заменена на трехпроводную [2].

В последнем поколении представленных измерительных устройств тензомостовой датчик был заменён делителем напряжения содержащим тензорезисторы. Помимо этого данное техническое решение содержит два диода [3].

В результате анализа эволюции способа и устройства измерения давления и температуры одним датчиком можно выявить следующие закономерности развития данного изобретения:

1. Эволюция данного технического решения идет в сторону уменьшения числа элементов;
2. Авторы, участвующие в разработке данного способа, по возможности, стремятся избавляться от нелинейных элементов в измерительном устройстве.

Таким образом, можно сделать вывод, что у следующих поколений приведенных измерительных устройств будет увеличена линейность преобразования сигнала благодаря сокращению числа нелинейных элементов.

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Е. И. Глинкина*

### **Библиографический список**

1. Пат. 2118802 РФ, МПК8 G01K7/16 Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Ю.Д. Коловертнов, Г.Ю. Коловертнов. –№ 1996 128278/14 ; заявл. 16.09.1996; опубл. 10.09.1998, *Бюл. № 5*.
2. Пат. 2091578 РФ, МПК8 G01K7/16 Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Ю.Д. Коловертнов, Г.Ю. Коловертнов. –№ 1995 128278/14 ; заявл. 04.10.1995; опубл. 27.09.1997, *Бюл. № 5*.
3. Пат. 2118802 РФ, МПК8 G01K7/16 Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Ю.Д. Коловертнов, Г.Ю. Коловертнов. –№ 1996 128278/14 ; заявл. 27.03.1996; опубл. 20.11.1997, *Бюл. № 5*.

**Синюков А.В., Синюкова Т.В.**

### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ**

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
aleksejsinyukov@yandex.ru*

На сегодняшний день электрические машины на предприятиях являются потребителями более 2/3 вырабатываемой электроэнергии. Подача жидкости к объектам потребления в основном осуществляется посредством насосов с электрическим приводом. Разработка экономически выгодных режимов работы насосных установок является актуальным вопросом для исследования.

Предлагается следующий набор мероприятий, улучшающих работу насосной станции, обеспечивающий снижение потребления электроэнергии:

1. Стабилизация заданного с помощью панели оператора значения перепада давления на входе и на выходе насосов посредством регулирования частоты вращения насосов в зависимости от текущего значения перепада давления.
2. Ведение в автоматическом режиме наблюдения за перепадом давления на работающем насосе с помощью датчика-реле перепада давления. При отсутствии сигнала о перепаде давления или его исчезновении в период работы, запуск другого насоса.
3. Наблюдение за работой частотного преобразователя, при его неисправности ввод в работу насосов по сигналам электроконтактного манометра.
4. Автоматическое подключение дополнительного насоса при достижении максимума оборотов на протяжении определенного времени основным насосом.
5. Автоматическое отключение дополнительного насоса при снижении оборотов основного насоса ниже определенного уровня.
6. Автоматическое чередование насосов, вводимых в работу через определенные промежутки времени для предотвращения преждевременного выхода из строя одного из насосов. Если на одном из насосов отсутствует сигнал с датчика о перепаде давления, то исключение его из алгоритма чередования насосов.

## ВОЗМОЖНЫЕ ВИДЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В СЭС

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет

Если рассматривать систему электроснабжения с учетом ее уровней, то на высших уровнях используют как структурное, так и временное резервирование. Структурное резервирование – изменение структуры системы за счет ввода избыточного элемента. Временное резервирование – изменение структуры системы за счет использования избыточного времени. [1]

На основании теоремы сложения вероятностей, вероятность пауз поток  $X_s^*(z)$  ( $s = 1, 2, 3, \dots, n$ ) равна сумме вероятностей пауз, длительностью меньших и больших времени перехода на резерв, т.е.

$$\bar{P}_s = \bar{\theta}_s' \bar{\mu}_s' + \bar{\theta}_s'' \bar{\mu}_s'', \quad (1)$$

где  $\bar{\theta}_s'$  и  $\bar{\theta}_s''$  – математическое ожидание паузы потока  $X_s^*(z)$ , меньшей и большей времени перехода на резерв.

Стоит отметить, что с возникновением отказов элементов, длительностью больших времени перехода на резерв, продолжительность отказов системы равна времени перехода на резерв, а отказы элементов, меньше по длительности времени перехода на резерв, вызывают остановки системы, равные длительности этих отказов.

При наличии структурного резервирования число отказов системы не исключено. Частота отказов системы без резервирования равна частоте отказов системы с наличием структурной избыточности.

Изменение коэффициента связи в пределах  $0,7 \dots 1,0$  отвечает частоте перехода в резерв  $(5 \dots 8) \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ , что во много раз меньше частоты отказов элементов в системе. Естественно, влияние таких отказов на функционирование системы незначительно.

С использованием временного резервирования не каждый отказ элемента приводит к отказу системы. Это возможно благодаря накопителям, позволяющих издавать запас времени для устранения отказов.

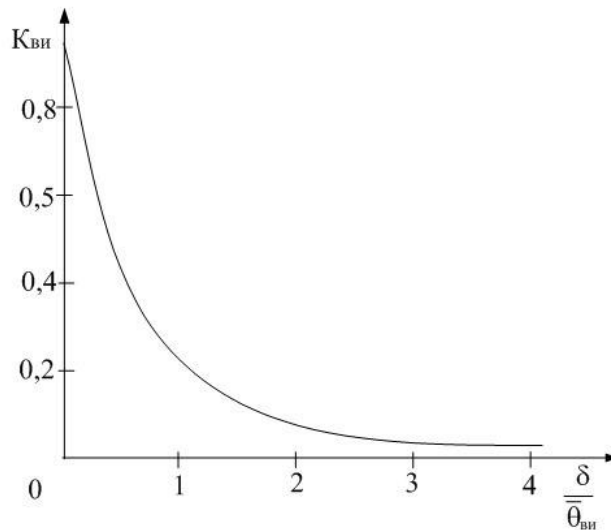


Рис.1. График коэффициента связи временного резервирования при экспоненциальном распределении

Частота отказов системы, подвергшейся временному резервированию, уменьшится на величину

$$\Delta \bar{\mu} = \bar{\mu}_s \int_0^{\delta} \beta_s(\theta) d\theta. \quad (2)$$

Здесь  $\bar{\mu}_s$  и  $\beta_s(\theta)$  – средняя частота и плотность вероятности распределения пауз потока, соответствующих отказам элементов подбункерной системы.

Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Шпиганович А.Н., заведующий каф. электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет». тел. +7 (4742) 32-80-48, e-mail: kaf-eo@stu.lipetsk.ru.



### Библиографический список

1. А.Н. Шпиганович, Случайные импульсные потоки [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. – Елец: УГУ им. И.А. Бунина, Липецк: ЛГТУ, 2004. – 292 с.
2. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов [Текст]: Санкт-Петербург, 2005. – 479 с.
3. Абрамович Б.Н., Петров С.П., Бабурин С.В. Повышение надежности электроснабжения компрессорных станций с газотурбинным приводом / Горное оборудование и электромеханика, 2007. – 218с.

**Стромов Б.А., Аль-Антаки Ахмед М. А., Богометова О.Е.**

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВА ВОДНОГО РАСТВОРА БРОМИДА ЛИТИЯ В СРЕДЕ MATLAB

ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
(stkarma@yandex.ru)

Одной из задач стоящих перед современным инженером при проектировании и назначении режимов работы различных теплообменных установок является разработка программного обеспечения, обеспечивающего автоматизацию расчетов.

В настоящее время для повышения эффективности работы газотурбинных установок (ГТУ) широко используются абсорбционные холодильные машины (АБХМ).

В качестве рабочего тела в абсорбционных холодильных установках в последнее время широко используется водный раствор бромида лития [2].

При расчетах бромисто-литиевых АБХМ необходимо знать теплофизические свойства раствора в широком диапазоне температур и концентраций. Зачастую, для этих целей используют табличные справочные данные [1], что неудобно при расчётах с использованием современной вычислительной техники. Более рациональным является получение по табличным данным аппроксимационных зависимостей.

Автоматизация вычислений с помощью программного комплекса MATLAB значительно упрощает работу инженеров [3]. В частности, аппроксимационные зависимости могут быть получены стандартными средствами среды MATLAB. К основным свойствам раствора бромида лития относят: поверхностное натяжение; кинематическая вязкость; динамическая вязкость; теплопроводность; изобарная теплоемкость.

В качестве примера приведем полученную функциональную зависимость динамической вязкости от абсолютной температуры ( $T$ , К) и массовой доли ( $\zeta$ , %) (рис. 1).

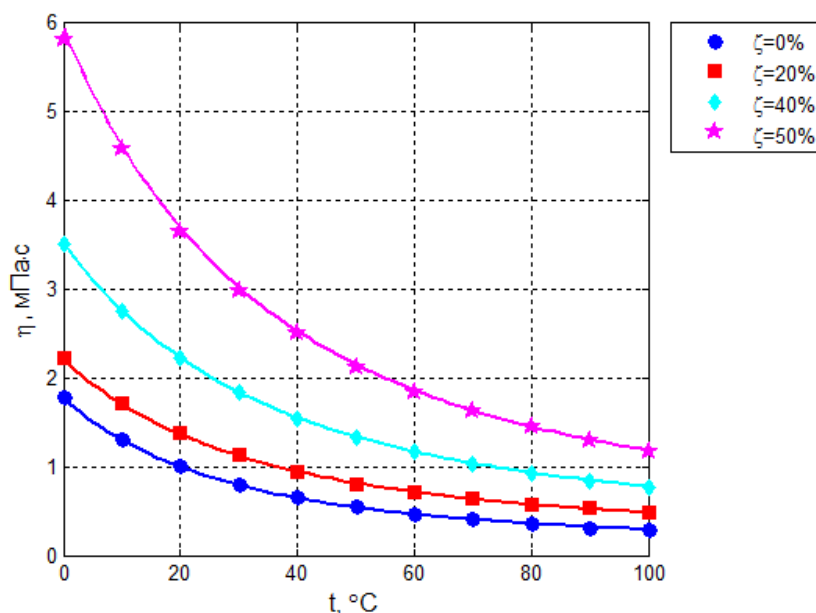


Рис.1. Коэффициента динамической вязкости от абсолютной температуры и массовой доли

$$\ln(\eta) = A_{00} + \frac{A_{10}}{T} + A_{01} \cdot \zeta + \frac{A_{20}}{T^2} + \frac{A_{11}}{T} \cdot \zeta + A_{02} \cdot \zeta^2 + \frac{A_{21}}{T^2} \cdot \zeta + \frac{A_{12}}{T} \cdot \zeta^2 + A_{03} \cdot \zeta^3$$

Коэффициенты соответственно равны:

$A_{00} = -0,14431327912$ ;  $A_{10} = -2044,5681515$ ;  
 $A_{01} = 0,041659794864$ ;  $A_{20} = 611498,64959$ ;  
 $A_{11} = 11,679245083$ ;  $A_{02} = -0,0017264708745$ ;  
 $A_{21} = -5162,1129442$ ;  $A_{12} = 0,34521580606$  ;  
 $A_{03} = 1,2864210113 \cdot 10^{-5}$

На рис.1 приведены зависимости коэффициента динамической вязкости от температуры при различных концентрациях бромида лития. Маркерами обозначены справочные данные, а сплошными линиями рассчитанные по аппроксимационной зависимости.

*Научный руководитель: Рогов Иван Владимирович, к.т.н, доцент кафедры ЭПТ, ТГТУ.*

### **Библиографический список**

1. Богданов С. Н. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справочник / С. Н. Богданов, С. И. Бурцев, О. П. Иванов, А. В. Куприянова; под ред. С. Н. Богданова – СПб.: СПбГАХИПТ, 1999. – 320 с.
2. Орехов И.И. Абсорбционные преобразователи теплоты / И.И. Орехов, Л.С. Тимофеевский, С.В. Караван. – Л.: Химия, 1989. – 208 с.
3. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения / В. П. Дьяконов – М.: СОЛОН-Пресс, 2009. – 800 с.
4. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами / Д. Химмельблау – М.: Мир, 1973. – 957 с.

*Туровский А.С., Кузина Е.С., Данилова С.Н.*

### **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В ЦИФРОВЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ ПРИ OFDM МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
(tambov\_kate@mail.ru)*

Технический прогресс и динамика рынка постоянно заставляют производителей совершенствовать существующие технологии. И чем мощнее становятся устройства, тем большего количества энергии они требуют. Большое энергопотребление становится главной проблемой. Поэтому, в последнее время, в устройствах передачи данных используют различные модификации OFDM сигнала.

OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*) это вид модуляции с мультиплексированием и ортогональным частотным разделением каналов. Его используют в современном цифровом телевидении стандарта DVB-T2, сотовой связи стандарта LTE, и Wi-fi. Данный вид модуляции затрачивает меньше мощности на передачу, по сравнению с однотоновыми сигналами [1, с.32].

Но, OFDM имеет и недостаток, большое значение пик-фактора(PAPR). Большая величина PAPR требует применения выходного усилителя мощности, работающего в линейном режиме, что приводит к снижению КПД передатчика. Вследствие чего, энергопотребление устройства вырастает.

Существуют методы борьбы с высоким показателем PAPR. В данной статье рассмотрим метод динамического сжатия сигнала. Этот метод заключается в применении усилителя с нелинейной амплитудной характеристикой. На рисунке 1 показана амплитудная характеристика выходного усилителя передатчика (сплошная линия) и амплитудная характеристика усилителя на входе приёмника (пунктир).

Возможности этого метода были исследованы с помощью модели канала цифровой связи. Фазовым созвездием QAM передаётся шестнадцатисимвольное сообщение. После обратного преобразования Фурье сигнал на входе передатчика будет иметь вид (рисунок 2).

Без нелинейного преобразования PAPR равен 2,69 дБ, после снизился до 0,17дБ.

При передаче по каналу связи к сигналу добавляется белый гауссовский шум. Полученные фазовые созвездия будут иметь вид (рисунок 3).

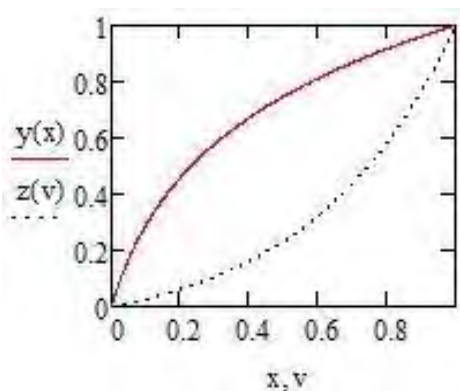


Рис.1– Амплитудная характеристика усилителя

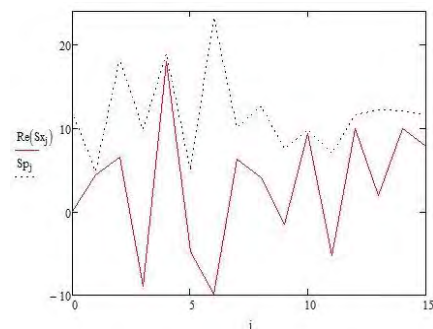


Рис. 2. OFDM без преобразования(сплошная линия) и сигнал с нелинейным преобразованием (пунктир)

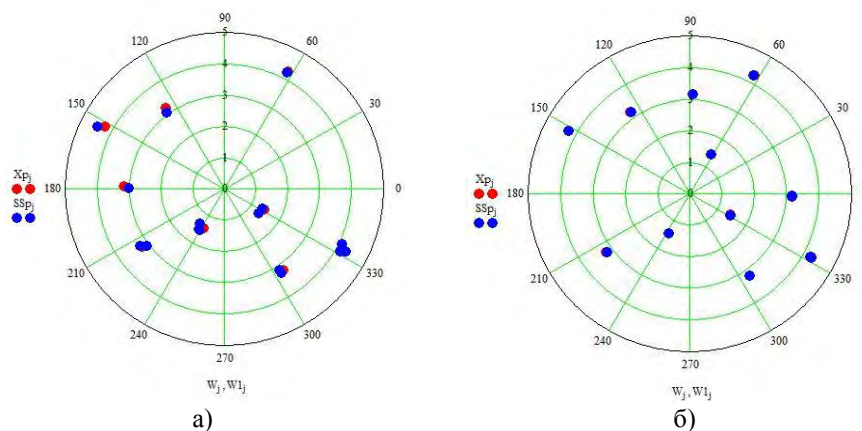


Рис. 3. а) фазовое созвездие при нелинейной амплитудной характеристике  
б) фазовое созвездие при линейной амплитудной характеристике

При использовании нелинейной амплитудной характеристики мера ошибки MER [2, с.7] составляет 3,694, а при линейной - 0,128.

Т.о., снизив PAPR рассмотренным методом, можно увеличить КПД системы, но сигнал становится более восприимчивым к шумам.

### Библиографический список

1. Гельгор, А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных [Текст]: учеб.пособие / сост. А. Л. Гельгор, Е. А. Попов. – СПб: Изд-во политехн. ун-та, 2011. – 204 с.

*Альнасур Фавзи Шнайн Абдулхуссейн*

### РЫНОК МНОГОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ В ИРАКЕ

За последние два десятилетия системы для использования возобновляемых источников энергии на биомассе приобрели большое значение на рынке тепла. Подобные установки являются важным звеном в области эффективного теплоснабжения, направленного на сохранение климата Земли. Для условий Ирака актуальны многотопливные (комбинированные) котлы, работающие на различных видах топлива. В некоторых котлах оборудованных камерой для сжигания твердого топлива, предусмотрена возможность установки навесных горелок для газа. Это удобно в том случае, когда нужно дождаться появления газа, а до этого можно использовать твердое топливо. Кроме того, при проблемах с подачей газа неплохо иметь запасные варианты. Из зару-

бежных производителей, выпускающих котлы, рассчитанные на три вида топлива (газ, жидкое и твердое топливо), можно назвать Dakon и Viadrus (Чехия), Demir Dokum (Турция), Roca (Испания), Jаma (Финляндия). Универсальные котлы Dakon, Demir Dokum, Roca и Viadrus – одноконтурные, котлы фирмы Jаma – двухконтурные (в их конструкции имеется змеевик для обеспечения горячего водоснабжения). Некоторые котлы, работающие на твердом, газообразном или жидком топливе, оборудованы встроенным ТЭНом.

Эти модели предусматривают работу на четырех основных видах топлива. Из зарубежных производителей их выпускают фирмы СТС (Швеция) и Jаma (Финляндия). Из российских котлов, способных работать на четырех видах топлива, можно отметить модель “ЗИОСАБ-45” и серию котлов “Пламя”. ЗАО “ЗИОСАБ” (Подольск) [1], производитель котла “ЗИОСАБ-45”, часто называет эту модель “народным” котлом. Его мощность при использовании газа или жидкого топлива составляет 45 кВт/, а при работе на твердом топливе – 30 кВт. В котле “ЗИОСАБ-45” также предусмотрена возможность использования электрической энергии. Котлы, работающие на четырех видах топлива, фирм Jаma и “ЗИОСАБ”, – двухконтурные. Мощность напольных газовых котлов с атмосферной горелкой, как правило, колеблется в диапазоне от 10 до 100 кВт (некоторые фирмы производят и более мощные котлы этого типа), в то время как модели с наддувными горелками могут достигать мощности в несколько тысяч кВт. Теплообменники большинства напольных котлов изготовлен из чугуна или стали. Нельзя однозначно сказать, что какой-либо материал имеет неоспоримые преимущества перед другим. Стальные теплообменники легче и достаточно ударопрочны, что немаловажно при перевозке и погрузке-выгрузке. В то же время при неправильной эксплуатации стальной теплообменник может корродировать. Чугун подвержен коррозии в меньшей степени, чугунный теплообменник изготавливают обычно более толстым, что может положительно сказаться на сроке его службы. Кроме того, в процессе эксплуатации чугунных котлов при использовании жесткой воды, вследствие свойств самого чугуна и конструктивных особенностей чугунных теплообменников, со временем происходит их разрушение в результате локальных перегревов. Твердое топливо из биомассы имеет самую невысокую цену среди прочих видов топлива и является возобновляемым ресурсом. Перевод обычного твердотопливного котла в многотопливный осуществляется при помощи подключения к аппарату газовой или дизельной горелки. Таким образом, получается, что многотопливные котлы одинаково эффективно функционируют не только на различном твердом топливе (Биотопливо, уголь, кокс, антрацит), но и на газе и дизельных жидкостях. Это может быть удобно в случаях, когда в будущем планируется подключение дома к централизованной газовой магистрали или же в процессе использования котла возможны перебои с поставками определенного вида топлива. Существует широкий ассортимент качественных multifunctional котлов произведенных в Ираке, на примере компании «ЯИК» [2]. В пиролизных котлах, Bosch 2200 Tgю [3]. электронная система управления котлов автоматически включает газовую горелку при полном сгорании твердого топлива. "Двухтопочники" вообще более щедро напичканы автоматикой и устройствами безопасности, чем однотопочные аппараты, поскольку имеют встроенные горелки, весьма чувствительные к условиям питания топливом и электричеством. На случай перебоев с электропитанием эти котлы оснащаются резервными генераторами. Таким образом, для условий Ирака, использование многотопливных котлов позволяет решить проблему энергонезависимости и надежности системы теплоснабжения.

#### *Библиографический список*

1. ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Серия 10. Выпуск 24/Колл.авт.-М.: Госуд. унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». - 2003. - 216с.

*Альнасур Фавзи Шнайн Абдулхуссейн*

#### **СЖИГАНИЕ БИОТОПЛИВА В ИРАКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОТЛОВ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИИ**

В качестве экологически чистого котельного топлива практическое использование получили различные виды биотоплива - древесного (сайлекс) и отходы сельского хозяйства (рисовая солома, солома пшеницы, навоз птицефабрик).

Так как свойства биотоплива варьируются в очень широких пределах, то применяются различные способы сжигания: пылевидное сжигание (используется редко, например, при совместном сжигании древесных пылевидных отходов и жидкого топлива); газификация топлива (с последующим сжиганием образовавшихся горючих газов в газомазутных котлах).

Для каждой технологии сжигания со временем сформировался такой диапазон мощностей, при котором применение данной технологии технически или экономически является целесообразной.

В условиях Ираке, как правило, котлы с мощностью до 5 МВт выполняются со слоевой топкой, при большей мощности предпочтение отдается топкам с кипящим слоем. Увеличивая постепенно скорость дутья, можно создать условия, при которых слой топлива за счет силы давления газового потока расширяется, частицы топлива при этом начинают парить и интенсивно перемешиваться в воздушном потоке, образуя кипящий слой. Одной из причин широкого распространения технологии кипящего слоя является возможность снижения выбросов вредных веществ в атмосферу и сжигания различных низкокачественных топлив в одной и той же топке. Температура в кипящем слое сравнительно низкая, порядка 850°C, вследствие чего отсутствует опасность плавления золы и шлакования топки. При таком уровне температур снижаются также выбросы NOx и N2O, а при использовании топлива с высоким содержанием серы (солома) при добавлении сорбента (известняка) возможно ее связывание с золой. Общее требование, предъявляемое к топливу при сжигании в кипящем слое, - достаточно однородный гранулометрический состав кусков. При сжигании биотоплива кипящий слой формируется из инертного материала. Как правило, это кварцевый песок, который во время запуска топки до подачи основного топлива подогревается с помощью газовых или мазутных горелок до температуры 600°C. Затем загорается подающееся в слой основное топливо, температура слоя увеличивается и использовавшиеся для зажигания вспомогательные горелки отключаются.

В качестве одного из примеров практической реализации технологии кипящего слоя можно привести котлы финской фирмы Putkimaа ОУ, в котором топка и дымогарный котел, имеющий вертикальное расположение дымогарных труб, составляют одно целое. Такая компактная конструкция позволяет строить котлы даже с нехарактерно малой мощностью, начиная с 1 МВт. Для организации когенерации тепловой и электрической энергии, актуальной для Ирака, возможно применение органического цикла Ренкина и использование термомасленных котлов Белорусской фирмы "ГСКБ" с технологией кипящего слоя и работающих на биомассе. Характеристики котлов марки КВ-Ф-1.25-6 единичной мощностью 1.5-6 МВт представлены в таблице 1.

Озвученные технологии и производители котельного оборудования могут быть применены для условий Ирака.

Технические характеристики:

|                                                                    |      |                                                            |
|--------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------|
| Максимальная теплопроизводительность( при влажност топлива до 50%) | МВт  | 1,25                                                       |
| Вид топлива:<br>Основное-                                          |      | торф<br>фрезерный ,макс. влажность<br>60%                  |
| Дополнительное-                                                    |      | щепа топливная.<br>макс. влажность 60% природ-<br>ный газ, |
| Розжиговое-                                                        |      | диз. Топливо                                               |
| Расход воды                                                        | кг\ч | 180,6                                                      |
| Масса, не более                                                    | Кг   | 5000                                                       |
| Габаритные размеры, не более:                                      |      |                                                            |
| -длина                                                             | ММ   | 4300                                                       |
| -ширина                                                            | ММ   | 2750                                                       |
| -высота                                                            | ММ   | 3500                                                       |
| КПД                                                                | %    | 85                                                         |
| теплопроизводительнт при влажности топлива 60%                     | МВт  | 0,9                                                        |
| Рабочее давление воды                                              | МПа  | 0,6                                                        |
| Максимальная температура воды на выходе                            | с    | 115                                                        |

## **АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

*ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»  
Astapow\_a@mail.ru*

В настоящее время в используемом парке холодильных машин на охлаждение 1 т молока расходуется до 40 кВт·ч электроэнергии, что существенно сказывается на его себестоимости и требует разработки и реализации ресурсо- и энергосберегающих технических решений [1].

Необходимость совершенствованию технологии производства молока обусловлена значительным объемом операций, большой удельной энергоемкостью процессов и высокими требованиями к качеству молока. В этой связи разработка новых ресурсосберегающих технологий и оборудования, направленных на снижение затрат топлива и электроэнергии, обеспечивающих сохранение качества молока имеет определяющее значение.

Основным направлением уменьшения энергоемкости производства продукции животноводства является минимизация совокупных расходов энергии на основе использования прогрессивных технологий. Это можно достичь совершенствованием традиционной технологии путем использования энергосбережения, что дает возможность уменьшить ее энергоемкость.

Энергетическая оценка производства молока выполнена с использованием методики энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве [2] и практической методики определения энергозатрат и энергоемкости производства продукции, а также потребностей в энергоресурсах [3].

Для удобства проведения исследований и последующего анализа полученных результатов расчеты выполнялись по видам энергозатрат: электроэнергии, жидкого топлива, средств механизации, зданий и сооружений, кормов, подстилки, воспроизводство стада, живого труда.

В структуре прямых затрат по видам энергии 35,8% занимает электрическая энергия, затем тепловая, а самые низкие затраты – по жидкому топливу и смазочным маслам (12,4%).

Если рассматривать внутреннюю структуру затрат овеществленной энергии, то самая высокая доля приходится на корма (72%) и в десятки раз меньше на машины, оборудование, здания и сооружения. При рассмотрении затрат на электрическую энергию, самая большая доля (2,3%) приходится на процесс доения, далее – вентиляцию и отопление (1,9%), а самая наименьшая – на уборку навоза (0,6%).

Анализ данных позволяет сделать выводы о том, что подавляющая часть совокупных затрат электроэнергии приходится на такие процессы, как доение коров, вентиляция и отопление, первичная обработка.

Затраты электрической энергии в первичной обработке молока являются: вакуумный агрегат, молочная помпа, мойка и охладитель молока. От их типа, мощности, времени работы зависит расход электроэнергии и как следствие энергоёмкость производства.

Снижение энергозатрат, затрачиваемые технологическим оборудованием на производство молока возможно следующими способами:

- использование энергосберегающих технологий, в том числе энергию низкоинтенсивного излучения;
- снижение удельной энергоемкости путем повышения производительности;
- повышение энергетической эффективности процесса охлаждения;
- улучшение состояния санитарно-гигиенического состояния доильного оборудования.

### ***Библиографический список***

1. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. - М.: Колос. - 2003. - 400 с.
2. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве – М.: ВИМ, 1995. – 96 с.
3. Практическая методика определения энергозатрат и энергоемкости производства продукции, а также потребностей в энергоресурсах – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 56 с.

## МЕТОД АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ФГБОУ ВО «ЛГТУ»

Случайные процессы применительно к импульсным можно рассмотреть на примере графика активной нагрузки электрической системы. Электрическая нагрузка может изменяться как во временном, так и в амплитудном отношении. Решение задач выбора электрического оборудования и оценки колебаний напряжения в таком случае осуществимо на примере анализа графика активной нагрузки. Нагрузка по сменам распределяется неравномерно и зависит от технологического процесса (рисунок 1).

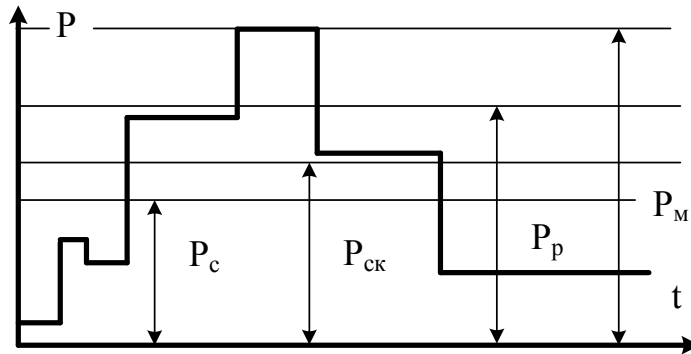


Рис.1. Изменение активной нагрузки

Расчет и анализ системы осуществляется путем использования графика нагрузки наиболее загруженной смены, расчетная нагрузка всегда превышает среднеквадратическую, следовательно, получим неравенство [1]:

$$I_m \geq I_p \geq I_{ск} \geq I_c,$$

где  $I_m$ ,  $I_p$ ,  $I_{ск}$ ,  $I_c$  – максимальное, расчетное, среднеквадратическое и среднее значения токов.

Однако такое выражение отображает оценку расчётной нагрузки слишком грубую. Более точно она может быть определена с помощью максимума нагрузки за рассматриваемый интервал времени. Если учитывать, что распределение изменения нагрузки подчиняется нормальному закону плотность вероятности высот импульсов будет следующей [1]:

$$\gamma(p, t) = \frac{\sqrt{\tau}}{\sigma_{\Delta} \sqrt{2\pi\Delta}} \exp \left[ -\frac{(p - \bar{p}_{\tau})^2 \tau}{2\sigma_{\Delta}^2 \Delta} \right],$$

где  $\Delta$  – длительность импульсов совпадения,  $\sigma_{\Delta}$  – среднеквадратическое отклонение нагрузки при длительности импульса  $\Delta$ ,  $\tau$  – длительность импульса,  $p$  – мощность нагрузки,  $\bar{p}_{\tau}$  – средняя мощность нагрузки за время действия импульса  $\tau$ .

Также в решении вероятностных задач в качестве характеристики рассеивания для нормального закона используют меру точности [2], чем она больше, тем точнее измерение. Преимущество такого рассмотрения энергетических систем простота и полнота решения вопросов по расчету нагрузок. Применение случайных импульсных потоков дает возможность определять вероятность, частоту, среднюю длительность и закон распределения нагрузки на соответствующем уровне.

При рассмотрении этих же систем со стороны надёжности средняя частота отказов оборудования может быть определена по следующему выражению [1]:

$$\bar{\mu}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta n(t)}{\Delta t}.$$

где  $\Delta t$  – длительность рассматриваемого промежутка времени,  $\Delta n(t)$  – среднее число элементов оборудования, отказавших в интервале времени  $t$ ,  $t + \Delta t$ .

Таким образом может быть получено выражение характеризующее математическое ожидание наработки на отказ при потоке с бесконечно короткими паузами:

$$\bar{\tau}_n = \frac{1}{\bar{\mu}(\infty)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \bar{\mu}_i(t)}.$$

Представленное выражение особенно важно в практическом плане расчёта надёжности и применяется к восстанавливаемым системам, кроме того данный метод оценки применим и для не восстанавливаемых систем, однако в этом случае требуется применение других расчётных выражений.

### Библиографический список

1. А.Н. Шпиганович, Случайные импульсные потоки [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. – Елец: УГУ им. И.А. Бунина, Липецк: ЛГТУ, 2004. – 292 с.
2. Н.С. Пискунов, Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов [Текст]: Учебное пособие / Н.С. Пискунов. – 13-е изд., – Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 560 с.

*Юшина З.Е., Похунков А.А., Кочергин С.В.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ВЛ 220-500КВ И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИХ ВЫЯВЛЕНИИ

*Тамбовский государственный технический университет.  
(yushina.zoya@mail.ru, andrei.pohunkov@yandex.ru, lsvk@bk.ru)*

Надёжность работы воздушных линий (далее - ВЛ) обусловлена совокупностью ряда факторов. Выявить истинные причины отказов и наметить пути совершенствования в работе ВЛ возможно на основании статистических данных о повреждаемости их элементов. Отказы являются единственным критерием проверки правильности практических решений и теоретических предпосылок технологических нарушений (далее – ТН).

Анализируя причины ТН за последние годы можно сделать вывод, что в Тамбовской, Липецкой и Воронежской областях их большинством стали природные явления (грозы, птицы). Наглядно это можно увидеть на нижеприведенной диаграмме.

Распределение расследованных причин ТН, произошедших на ВЛ за период с 1 января по 30 июня 2016 года, приведено на рис. 1.

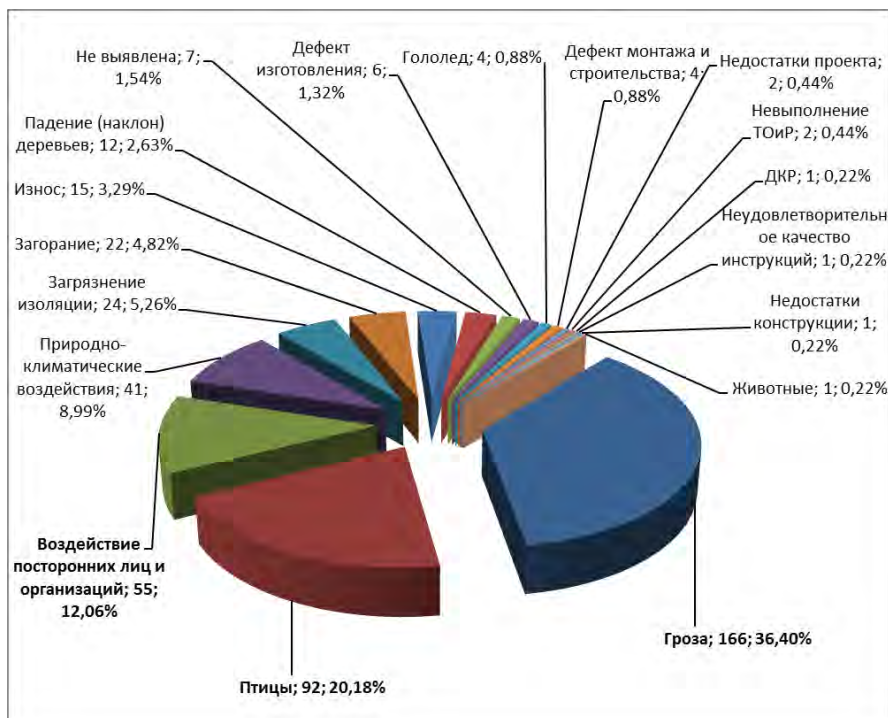


Рис. 1 Причины ТН на ВЛ за период с 1.01 по 30.06. 2016 года.



Основными причинами ТН на ВЛ за период с 1 января по 30 июня 2016 года являются:

1. Гроза – 166 ТН (36,4%);
2. Птицы – 92 ТН (20,2%);
3. Воздействие посторонних лиц и организаций – 55 ТН (12,1%);
4. Природно-климатические воздействия – 41 ТН (9,0%).

Используя опыт поиска причин аварийных отключений линий электропередачи (ЛЭП) можно сделать вывод, что обнаружить место короткого замыкания (КЗ) невооруженным взглядом без проведения верховых осмотров и выведения оборудования в ремонт невозможно.

Применение квадрокоптера в таких ситуациях является как минимум очень удобным. Новейшие технологии позволяют без вывода ЛЭП в ремонт сделать послеаварийный осмотр ЛЭП не привлекая массу народа и техники. Результаты осмотра фиксируются на камеру в достаточно хорошем качестве, чтобы было возможным заметить даже малейшие следы оплавления.

Так же важно отметить, что с помощью этого устройства есть возможность приблизиться к работающей линии на расстояние ближе, чем позволяет привычный верховой осмотр с помощью автогидроподъемника.

В результате такого осмотра есть возможность найти место КЗ как на месте, так и в результате детального просмотра фото-видео фиксации. Это позволяет экономить не только время, но и человеческие, и материальные ресурсы. Помимо такой экономии, пропадает необходимость лишней раз выводить технику в ремонт.

### ***Библиографический список***

1. СО 34.04.181-2003 Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей.
2. <http://www.fsk-ees.ru/>
3. РД 34.20.504-94 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ

***Колесникова Е.С., Климова Ю.Н., Баришутин С.Н.***

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКОВ МГД-ГЕНЕРАЦИИ.**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ»*

*(e-mail: kolesnikova.eleona@yandex.ru*

*julia.klimova68@yandex.ru)*

Современные способы получения электрической энергии из традиционного топлива находятся на пике своего развития и дальнейшее повышение эффективности таких систем требует поиска других физических принципов преобразования энергии. Слабым местом традиционных генераторов является многоступенчатая система преобразования энергии, а именно из тепловой в механическую и далее в электрическую, что ведет к уменьшению надежности генерации, за счет применения механических движущихся систем (турбины, роторы и т.д.).

Поэтому в настоящее время большой интерес вызывают методы прямого получения электроэнергии с минимальным загрязняющим эффектом. Например, магнетогидродинамический способ получения энергии (МГД-генераторы).

В основе работы МГД-генераторов - газ, нагретый до температуры в несколько тысяч градусов, становящийся ионизированной плазмой и хорошим проводником электричества.

Основное преимущество МГД-метода преобразования энергии состоит в увеличении КПД тепловых электростанций — до 50—60%. Это должно привести к экономии топлива по сравнению с лучшими современными тепловыми станциями соответственно на 20—35 %.

Одной из проблем использования установки является низкая степень ионизации газов при температуре ниже 8000 К. Для снижения температуры термической ионизации до 2200 - 2700 К в разогретый газ вводят присадки, содержащие щелочные металлы.

Однако, при введении присадок в виде атомов К и молекул K<sub>2</sub>O и КОН, возникает проблема с выбором материала для изготовления стенок сопла генератора. Материалов, способных длительно противостоять температурам 2500 – 3000 К, хорошо проводить электрический ток, в присутствии агрессивных паров калия, пока не создано.

Другой путь увеличения степени ионизации представляется возможным с помощью создания в газовом потоке электрическое поле высокой напряженности.

В этом направлении необходимо исследовать такие характеристики взаимодействия электрического поля с газообразным веществом как зависимость электрической прочности газового потока содержащего продукты сгорания жидкого или газообразного топлива от температуры. Кроме того, для определения оптимальных параметров электрического поля необходимо исследовать энергозатраты на ионизацию и определение временных параметров ионизированного газа.

Таким образом, определение параметров системы ионизации позволяет увеличить степень ионизации без использования присадок.

#### ***Библиографический список***

4. Магомедов, А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учеб./ Магомедов А.М. – М.: Юпитер, 1996
5. Недоспасов А.В., Побережский Л.П., Чернов Ю.Г. Состав и свойства рабочих тел МГД-генераторов открытого цикла. - М.: Наука, 1977
6. Яцинин Ю.В. Образование заряда в квантовой яме в полевой структуре / Ю.В. Яцинин, А.П. Королев // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2011. Т. 17. №2. С. 525-528.
7. Чернышова, Т.И. Метод повышения метрологического ресурса аналоговых блоков информационно - измерительных систем/Т.И.Чернышова, В.В. Третьяков//Вестник ТГТУ. 2015. Том 21. № 2.-с239-248
8. Москвитин С.П., Баршутин С.Н. Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока

***Хайдер Салах, Баршутин С.Н.***

#### **ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ РАЗОМКНУТОГО ЦИКЛА В УСЛОВИЯХ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ.**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
(aspire@yandex.ru)*

На сегодняшний день генерирующая промышленность широко использует газотурбинные установки. Их применение позволило повысить КПД генерации электрической энергии до 59 %. Однако оптимальные параметры работы газовой турбины во многом зависят от применяемой схемы и внешних условий эксплуатации газовой турбины.

Исследования показали наибольшую перспективность газовых турбин построенных по схеме разомкнутого цикла. По такой схеме топливо подается в газовую горелку (форсунки), располагаемой внутри жаропрочной трубы, куда нагнетается и воздух, после чего осуществляется процесс сгорания топлива. Таких труб в конструкции газовой турбины несколько и располагаются они концентрически. Поступает воздух в имеющиеся между ними зазоры, создавая защитный барьер и препятствуя выгоранию металла. Благодаря трубам и потоку воздуха камера находится в надежной защите от перегрева. При этом на выходе температура газов снижается с 2000 С до 1000-1300 С.

Как правило электрическая мощность газотурбинных установок находится в пределах от десятков кВт до нескольких МВт. Максимально большой КПД достигается, если газотурбинная установка функционирует в режиме одновременного производства тепловой и электрической энергии (когенерации).

Благодаря получению тепловой энергии в турбинах, появляется возможность быстрой окупаемости такого рода оборудования. Энергоустановка и котел – утилизатор выходящих газов способствуют более эффективному использованию топлива.

С газотурбинными установками существенно упростилась задача получения большой мощности. А при выполнении всех тепловых особенностей турбин газового типа, значение большого электрического коэффициента полезного действия отходит на второй план. Если брать во внимание большое значение температуры выпускных газов газотурбинного оборудования, то можно осуществить комбинацию применения газовой и паровой турбины. Данное инженерное решение способствует предприятиям значительно наращивать производительность от применения топлива и увеличить электрический КПД до отметки в 57 – 59 процентов.

Отношение производимой электрической энергии к тепловой в газотурбинной установке составляет 1 к 2. Таким образом, к примеру, если газотурбинная установка имеет мощность в 10 Мегаватт, то она способна вы-

работать 20 МВт тепловой энергии. Чтобы осуществить перевод Мегаватт в гигакалории, необходимо использовать специальный коэффициент, который равен 1,163.

В зависимости от того, что именно необходимо заказчику, газотурбинные установки могут дополнительно оснастить водонагревательными и паровыми котлами. Это позволяет получать пар с различным давлением, который будет применяться для решения различных производственных задач. Также, это позволяет получить горячую воду, которая будет иметь стандартную температуру.

Во время совмещенной эксплуатации двух типов энергии, можно получить увеличение коэффициента использования топлива (КИТ) газотурбинной тепловой электростанции до 90 процентов.

Тепловая энергия позволяет без каких либо затрат на электроэнергию с помощью тригенерации настроить вентиляцию (кондиционирование) производственных помещений. И это можно делать в любое время года. Охлажденный таким способом теплоноситель, можно использовать для разных промышленных нужд.

При использовании газотурбинных установок в виде оборудования силового типа для мощных ТЭС, а также мини-ТЭЦ, получается оправданное экономическое решение. Они имеют очень низкую для потребителя удельную стоимость, что касается строительства и небольших затрат во время последующего использования. Кроме того широкий спектр топлива, используемое данным оборудованием таких как природный газ, керосин, биогаз, дизельное топливо, нефтяной газ попутного типа, коксовый, древесный, шахтный газ и другие виды расширяет географию использования данного вида установок. А способность работать и на низкокалорийном виде топлива, в котором содержится до 3% метана делает газотурбинные установки незаменимыми при генерации электрической и тепловой энергии.

### ***Библиографический список***

1. Чернышова, Т.И. Математическое моделирование при анализе метрологической надежности аналоговых блоков информационно-измерительных систем /Т.И. Чернышова, В.В. Третьяков/ // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2014.-Т.20,№1.-С.42-49
2. Москвитин С.П., Баршутин С.Н. Исследование энергетических параметров и взаимодействий в контактном слое биметалла под действием импульсного тока

***Большев В.Е.***

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА, ПРОВОДИМОГО НА СТЕНДЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парухина»,  
vadim57ru@gmail.com*

Качество электроэнергии (КЭ) является важным фактором, влияющим на энергоэффективность и надежность электрооборудования. Для изучения распространения искажений в сети разработан стенд для исследования влияния электроприемников на КЭ.

В данном стенде в качестве электроприёмника (ЭП), искажающего КЭ, использовался светильник с люминесцентной лампой 18 Вт, дросселем и стартером, из которого был заранее демонтирован конденсатор, что позволило вносить такое искажение, как колебание напряжения. В качестве ЭП, подключенных к контрольному блоку, использовались 2 вида нагрузок: в первом случае - 3 лампы накаливания по 75 Вт, во втором - асинхронный электродвигатель АИРВ4УЗ мощностью 180 Вт. Для фиксации искажений, полученных на блоке искажений ПКЭ и контрольном блоке, были использованы два одинаковых измерителя показателей качества электроэнергии Ресурс UF-2М. Для блока имитации линии электропередач (ЛЭП) применялись кабели ВВГнг 3х6 и ВВГнг 3х1,5 с длинами 10 м и 40 м для каждого. Также во время измерений использовались три лабораторных трансформатора, позволяющие провести опыты с различной величиной входящего напряжения. Время проведения эксперимента с каждым сочетанием факторов составляло 2 минуты, после чего производилось измерение одного из них (напряжение, длина или толщина кабеля).

#### **Результаты и выводы**

В ходе экспериментов было подтверждено, что отсутствие конденсатора в стартере в цепи запуска люминесцентной лампы вызывает колебание напряжения, которое было зафиксировано обоими анализаторами КЭ. Однако зафиксированные результаты получились хаотичными, что может быть объяснено следующими причинами:

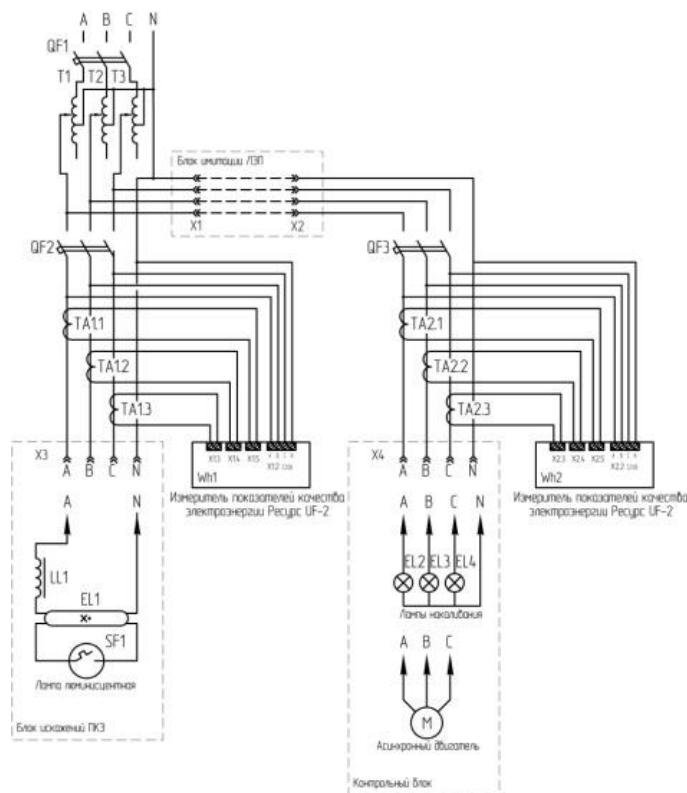


Рис.1. Схема стенда для исследования влияния электроприемников на КЭ

1. Отсутствие синхронизации по времени между двумя анализаторами КЭ. Это обусловлено тем, что искажения качества электрической энергии составляют сотую, а то и тысячную долю секунды, и разница по времени в несколько секунд между анализаторами привело к затруднению определения одного конкретного искажения на двух блоках одновременно. Поэтому для решения данной причины необходимо использование анализатора КЭ, позволяющего проводить параллельное измерение КЭ в двух точках электрической сети. Так как на рынке приборов данный анализатор не представлен, то необходима его разработка.

2. Недостаточность времени проведения измерения для каждого сочетания факторов. В данном опыте оно составило 2 минуты, что оказалось мало, так как одно конкретное искажение могло для первого анализатора войти в измерение одного сочетания факторов, а для второго анализатора в другое, что привело к разнице показаний. Решением данной проблемы является увеличение времени проведения эксперимента и нахождение среднего значения нужного параметра.

3. Невозможность использования анализаторов Ресурс UF-2М в качестве осциллографов. Данная характеристика прибора предоставила бы возможность не только фиксировать искажения, но и определять параметры конкретного искажения с последующим сравнением его в двух точках электрической сети.

*Кайо О.Н.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАНГОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Тамбовский государственный технический университет  
(cayo@list.ru)*

На сегодняшний день соблюдается динамика увеличения использования электроэнергии в городах РФ. В первую очередь, данный рост связан с увеличением используемых бытовых электроприборов у населения. Обратная сторона роста потребления мощности – увеличение потерь электроэнергии. Это отрицательно влияет на

показатели качества электроэнергии, так и на надежности системы электроснабжения. мероприятия и дополнительные технические средства.

Целью данной статьи является анализ структуры потерь энергии в распределительных сетях и разработка методики компенсации данных потерь.

Качество электроснабжения определяется эксплуатационной надежностью и качеством электроэнергии в сетях. В то же время, как показывают результаты проведенных исследований, надежность электроснабжения в значительной степени зависит от качества электроэнергии у шахтных потребителей [1].

Следующие показатели оказывают влияние на качество электроэнергии:

- отклонения и колебания - напряжения и частоты;
- несимметричность напряжения промышленной частоты;
- искажение синусоидальной формы кривой напряжения.

Все расчеты для нахождения пределов допустимых значений величин проводятся при вероятности в 95 %.

Энергетические системы подвергаются оптимизации, целью которой является поиск режима работы, который обладает минимальными затратами на производство, передачу и распределение электроэнергии. Обеспечить экономичность работы энергосистемы возможно за счет:

- правильного распределения активной и реактивной мощности между генерирующими источниками;
- оптимальным регулированием уровней напряжения в системе;
- минимизации потерь мощности в сетях;
- выбора оптимальной схемы энергосистемы.

Последний подход связан с ранжированием регуляторов. Оно проводится для того, чтобы максимально рационально применять регулятор на заданном интервале времени, что обеспечивает бесконфликтность регулирования реактивной мощности по признаку территориальной взаимосвязи регуляторов реактивной мощности. Оно косвенно учитывает их взаимное влияние через уровни напряжения на регуляторах.

На основе входных данных о работе ГРС, с учётом наработанного опыта прогнозируется и дальнейшая работа ГРС. В соответствии с прогнозами происходит выработка управляющих воздействий на работу ГРС с учётом режимных ограничений и параметров КЭЭ.

Добавляя сюда еще принцип баланса мощностей и условие, которое обеспечивает электромагнитную совместимость работы электротехнического комплекса предприятия, алгоритм управления потоками РМ может быть представлен в виде, показанном на рис. 1.

На основании работы ГРС в разных режимах, руководствуясь режимными ограничениями, определяем экономически целесообразное значение РМ на каждом интервале. Затем с помощью ПР РМ обеспечиваем экономическое значение РМ на каждом интервале времени.



Рис. 1 –Блок-схема алгоритма управления потоками РМ

### Библиографический список

1. Костюков, А.В. Анализ токов короткого замыкания силовых трансформаторов / А.В. Костюков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения - Научно-технический журнал. - Ростов-на-Дону, 2010. - №2 - С. 165-169.
2. Инструкция по учёту электроэнергии в энергосистемах / Инструктивные указания Главгосэнергонадзора // М.: Энергоатомиздат. 1986. - С. 213 - 237.

## СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ

Тамбовский государственный технический университет  
(cayo@list.ru)

В конструкции приемников и преобразователей электроэнергии имеются обмотки. Подобные элементы есть у электродвигателей или у трансформаторов. И потребляют эти элементы электрической сети как активную, так и реактивную мощность. Наличие реактивной мощности приводит к возникновению дополнительных потерь. Плату за эти потери несет предприятие-потребитель. Поэтому поиск вариантов компенсации реактивной мощности является достаточно актуальным [1].

Дефицит реактивной мощности определяется в ходе создания схем развития сетей. Этот этап выполняется на стадии составления баланса активной и реактивной мощностей в узлах распределения потоков. По проведенным расчетам определяется вопрос о нужном количестве устройств компенсации и их расположения. На основании расчетных данных в схеме решаются вопросы необходимого количества устройств компенсации реактивной мощности, а также места их размещения [2].

В настоящее время реактивную мощность стараются компенсировать за счет:

- перевозбуждения синхронных электродвигателей (СД), которые работают под напряжением 6-10 кВ;
- конденсаторных установок высокого (ВКБ) и низкого (НКБ) напряжения, которые размещаются в сети.

Второй путь управления реактивной мощностью связан с тем, что мощность конденсатора напрямую зависит от квадрата напряжения. В связи с этим удельная стоимость ВКБ в два раза меньше, нежели у НКБ. С другой стороны, по причине высокой стоимости подключения к сети установки ВКБ приводят к увеличению их цены. На рисунке 1 представлен график, характеризующий зависимость реактивной мощности от себестоимости затрат различных видов компенсации реактивной мощности. Согласно рисунку 1 можно сделать вывод, что необходимость компенсации реактивной мощности до значения  $Q_{ВН}$  необходимо применять НКБ. В случае  $Q > Q_{ВН}$  необходимо применять ВКБ.

Затраты на компенсацию реактивной мощности при использовании ВКБ ( $Z_{В}$ ) и НКБ ( $Z_{Н}$ ) могут быть описаны линейной функцией:

$$Z_{В} = Z_{0В} + Z_{1В} * Q_{В}; \quad (1)$$

$$Z_{Н} = Z_{0Н} + Z_{1Н} * Q_{Н}; \quad (2)$$

где  $Z_{0В}$  и  $Z_{0Н}$  — постоянные затраты,  $Z_{1В}$  и  $Z_{1Н}$  — удельные затраты.

Конденсаторные установки для компенсации реактивной мощности подключаются, как показано на рисунке 2.

При использовании ВКБ важно учесть потери, которые вызваны передачей энергии через линию и трансформатор. Подобные потери приводят к дополнительным затратам. При этом затраты квадратично связаны с величиной потерь, которая находится в зависимости от активных сопротивлений трансформатора.

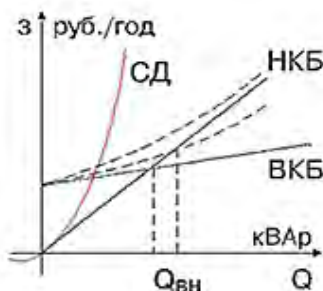


Рис. 1. Экономическая выгода применения конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности.

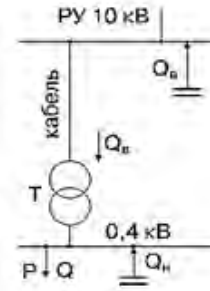


Рис. 2. Подключение конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности

### Библиографический список

1. <http://www.matic.ru/clients/articles/the-efficiency-of-the-devices-of-reactive-power-compensation-07-11-06-g/>
2. <http://www.energsovet.ru/stenergo.php?idd=155>

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАНГОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ

Тамбовский государственный технический университет  
(cayo@list.ru)

Эффективность компенсации реактивной мощности определяется величинами интегральных дисконтированных затрат, которые связаны с передачей реактивной мощности (РМ) по различным классам электрических сетей. Процесс передачи осуществляется от генераторов электрических станций до мест установки компенсирующих устройств (КУ). Экономическая составляющая заключается в том, чтобы снизить затраты на КУ за счет их максимально близкого расположения к электроприемникам (потребителям электроэнергии). С технической точки зрения подобный шаг позволит снизить потери электроэнергии как в сетях потребителей, так и в сетях энергоснабжающих организаций (ЭСО) [1].

Факторы, оказывающие влияние на величину потерь представлены ниже:

- уровень технического совершенства;
- технико-экономические характеристики;
- технологии их использования в системах электроснабжения.

Проведенные исследования [2-4] позволяют заключить, что имеется достаточно большое количество КУ и их модификаций. Их использование приводит к достижению достаточно высокого уровня компенсации реактивной мощности

Процесс реформирования электроэнергетической отрасли связан с разделением собственности и образования рыночных отношений между потребителями и ЭСО. Главным критерием для принятия подобного решения является минимизация срока окупаемости КУ  $T_{ок,КУ,i}$ . Данное условие может быть записано в виде выражения (1):

$$T_{ок,КУ,i} = F(З_{КУ,i}, dИ_{пер,i}) \rightarrow \min. \quad (1)$$

где  $З_{КУ,i}$  – затраты на установку КУ;  $dИ_{пер,i}$  – издержки на передачу электроэнергии.

Если в ходе расчета не учитывать снижение издержек передачу электроэнергии в ЭСО, то параметр  $T_{ок,КУ,i}$  может быть несколько выше некоторого критического значения  $T_{ок,КУ,кр}$ . Учесть данные издержки можно в ходе проведения расчетов за отпущенную электроэнергию. Для этого важно просчитать влияние каждого  $i$ -го потребителя при уменьшении потерь в сетях ЭСО. Подобная схема расчета приводит к необходимости ввода дополнительной платы за отдачу потребителю реактивной мощности. В пересчете на один кВт получается выражение (2), характеризующее его оплату:

$$c_{a,i} = c_p + c_{Q,норм} + c_{Q,стим,i}. \quad (2)$$

где  $c_p$  – оплата за активную мощность;  $c_{Q,норм}$  – оплата РМ до нормативного значения  $tg\phi_{норм,i}$ ;  $c_{Q,стим,i}$  – оплата РМ сверх нормативного значения  $tg\phi_{норм,i}$ .

Сумма составляющих  $c_p$  и  $c_{Q,норм}$  в выражении (2) имеет одинаковое для всех потребителей значение. Поэтому она может быть названа базовой составляющей абонентского тарифа. Тогда абонентский тариф может быть рассчитан по формуле (3):

$$c_{a,i} = c_{баз} + c_{Q,стим,i}. \quad (3)$$

где  $c_{баз}$  – базовая ставка абонентского тарифа;  $c_{Q,стим,i}$  – стимулирующая, зависящая от степени оснащённости КУ сетей конкретного потребителя.

В итоге, осуществлен вывод выражения, характеризующий экономическую оплату за использование реактивной мощности.

### Библиографический список

1. Евстифеев, И. В. Экономические рычаги управления процессом компенсации реактивной мощности // Промышленная энергетика. – 2013. – № 2. – С. 3-5.
2. Системный расчет компенсации реактивной мощности в электрических сетях // Энергетика. 2012. -№ 1.- С. 50-55.
3. Карпов, Ф. Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. М.: Энергия, 2013. - 125 с.
4. Железко, Ю. С. Технологический процесс расчета снижения тарифов на электроэнергию // Электрика. 2011. -№6.-С. 12-14.

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(repinat.68@yandex.ru)*

Надежность – одно из основных свойств при функционировании энергетической системы. Оно тесно связано с такими свойствами, как экономичность, качество продукции, безопасность и др. ЭЭС одновременно является производственной и технической системой, поэтому трактовка надежности для нее по сравнению с чисто техническими объектами имеет определенную специфику.

Для разработки мероприятий по повышению надежности энергетических систем необходимо решить две задачи, которые позволяют проанализировать и создать необходимые условия для повышения надежности системы. В свою очередь эти задачи делятся на группы.

Для задач анализа надежности выделяют следующие подгруппы:

1. Определение показателей надежности функционирования энергетической системы и надежности оборудования;
2. Определение показателей надежности питания (электро-, тепло-, энергоснабжения) потребителей.

Для задач повышения надежности системы выделяют следующие группы:

1. Обеспечение резервирования активных генерирующих мощностей;
2. Обеспечение баланса реактивных мощностей;
3. Выбор (корректировка) схемы электрических соединений (основной и распределительной сетей, энергообъекта, собственных нужд, выдачи мощности и т.д.);
4. Обеспечение избыточности пропускных способностей электропередач;
5. Обеспечение автоматического противоаварийного управления;
6. Создание запасов энергоресурсов (топлива для ТЭС, воды в водохранилищах ГЭС);
7. Планирование и обеспечение ремонтов оборудования;
8. Управление электропотреблением;
9. Восстановление питания потребителей;
10. Восстановление нормального режима энергетической системы;
11. Восстановление обеспеченности энергоресурсами

Первая задача анализа характерна для всех видов (подвидов) комплексного свойства надежности (КСН), их структурных составляющих (единичных свойств), каждого единичного свойства и КСН в целом. Вторая задача соответствует лишь видам (подвидам) надежности и КСН в целом.

Решение задач резервирования активных генерирующих мощностей - является средством обеспечения статической и динамической надежности в части безотказности и обеспеченности производственными мощностями.

Решение задач обеспечения баланса реактивных мощностей – как правило, необходимо для создания всех подвидов динамической надежности и ресурсообеспеченности в части баланса емкостных и индуктивных мощностей для комплекса генерация – передача – нагрузка при проектировании, планировании и коррекции режимов при эксплуатации.

Задача выбора (корректировки) схемы электрических соединений – решается для обеспечения как статической, так и динамической надежности в части безотказности.

Задача создания запасов энергоресурсов - естественно связана с обеспеченностью энергоресурсами в части безотказности.

Задача планирования и обеспечения ремонтов оборудования как средства обеспечения его работоспособности – характеризует свойство ремонтпригодности.

Задачи 8, 9, 10 (управления электропотреблением, восстановления питания потребителей и нормального режима энергетической системы) направлены на создание режимной управляемости как составляющей динамической надежности, а задача 8 и как составляющей статической надежности.

Задача 11 отличается от задачи 6 тем, что решается в условиях, когда текущая потребность в энергоресурсах больше или равна объему их возможного использования, а запасы энергоресурсов исчерпаны.

Таким образом, решение задач по анализу и созданию условий повышения надежности позволяют повысить общую надежность энергетической системы, и создает возможность её нормального функционирования.

### ***Библиографический список***

1. Манов Н.А. Методы и модели исследования надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар: 2010. – с. 9-37.
2. Калини, В.Ф. Надежность систем электроснабжения: учебное пособие / В.Ф. Калинин, А.В. Кобелев, С.В. Кочергин. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2011. - 80 с.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА СТАЦИОНАРНОЙ СТАДИИ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов,  
(e-mail: alexandrgysev@mail.ru).

Важной составляющей программного обеспечения в автоматизированных системах измерений является контроль за ходом эксперимента. В разрабатываемой системе процесс определения теплофизических свойств (теплопроводности  $\lambda$ ) предполагается на стационарной стадии, причем процесс измерения может проходить в несколько стадий на разных температурных уровнях и при разных тепловых потоках. Поэтому для автоматизации процесса измерения необходимо сформулировать параметр по которому возможно судить о том наступила стационарная стадия или нет. В качестве такого объективного параметра может служить относительная величина недогрева до стационарной стадии.

Так как теплопроводность образца определяется на стационарной стадии, то соответственно точность определения будет зависеть от того, насколько близко к стационарной стадии проводились измерения. Причем важно чтобы стационарных значений достигали перепады температур на образце и тепломере.

На основании решения дифференциальной задачи теплопроводности, были выведены расчетные зависимости температуры образца:

Измерение температуры в любой точке системы:

$$T(\tau) = T_{\text{ст}} - b \cdot \exp(-m \cdot \tau) + \varepsilon_c(\tau) \quad (1)$$

Разность температур между двумя точками:

$$\Delta T(\tau) = \Delta T_{\text{ст}} - b \cdot \exp(-m \cdot \tau) + \varepsilon_c(\tau), \quad (2)$$

где  $\Delta T_{\text{ст}}$  – разность температур соответствующая стационарной стадии,  $\Delta T$  – разность температур соответствующая текущему моменту времени,  $m$  – температура нагрева,  $b$  – параметр модели,  $\varepsilon_c$  – систематическая погрешность модели.

Контроль за ходом эксперимента осуществляется ранее упомянутым параметром недогрева:

$$\beta = \frac{\Delta T_{\text{ст}} - \Delta T}{\Delta T_{\text{ст}}}, \quad (3)$$

Здесь  $\beta$  – степень недогрева до стационарной стадии;  $\Delta T_{\text{ст}}$  – разность температур соответствующая стационарной стадии,  $\Delta T$  – разность температур соответствующая текущему моменту времени.

В соответствии с формулой (3) можем записать:

$$\Delta T_{\text{ст}} - \Delta T \approx b \cdot \exp(-m \cdot \tau), \quad (4)$$

Величины  $\Delta T$ ,  $b$  и  $m$  можно определять в процессе эксперимента, а значение  $\Delta T_{\text{ст}}$  будет известно только по окончании эксперимента. Тогда расчетным соотношением для определения степени недогрева будет следующая формула:

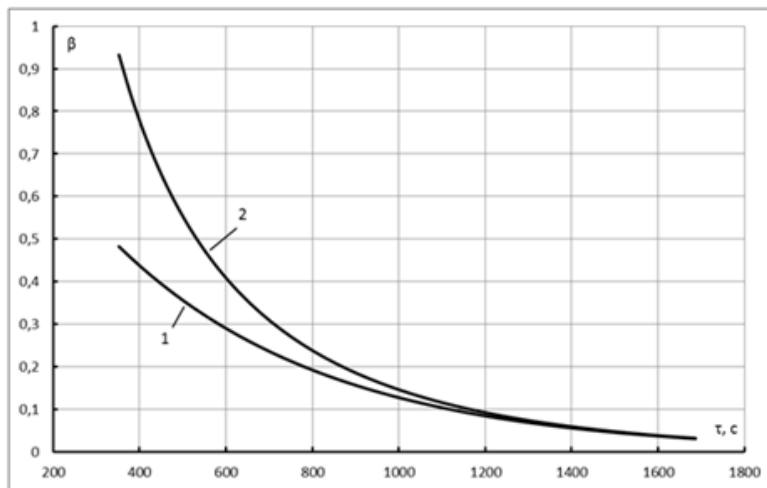


Рис. 1 Зависимости параметра недогрева от времени эксперимента:  
1 – по формуле (4); 2 – по формуле (6)

$$\beta \approx \frac{b \cdot \exp(-m \cdot \tau)}{\Delta T_{\text{ст}}}, \quad (5)$$

Для расчета величин  $b$  и  $m$  необходимо в процессе измерения строить зависимость логарифма скорости нагрева от времени и определять параметры  $b$  и  $m$  методами регрессионного анализа.

На рисунке 1 приведены зависимости изменения параметра недогрева  $\beta$  рассчитанного 1 – по формуле (3) и 2 – по формуле (5).

Как видно из рисунка 1 при приближении к стационарной стадии параметр недогрева рассчитанный по формуле (5) асимптотически приближается к параметру недогрева рассчитанного по формуле (3). Причем значения зависимости 2 (рисунок 1) всегда больше значений зависимости 1 (рисунок 1).

#### **Библиографический список**

1. Жуков Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств твёрдых материалов и изделий : монография / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288

**Князев Ю.В., Родионов Д.А.**

### **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОМАТЕРИАЛАМИ**

*Тамбовский Государственный Технический, Россия, Тамбов,  
(e-mail: saintboy68@yandex.ru, dimok-407@mail.ru).*

Рассмотрен процесс получения битумного вяжущего, модифицированного с использованием наноструктурированных материалов. Проведены исследования влияния углеродных нанотрубок (УНТ), распределенных в дизельном топливе (ДТ), и термоэластопласта на физико-механические показатели битума марки БНД 90/130 с использованием смесителей периодического действия [1-6].

Исследование процесса модификации дорожного битума проводилось с концентрацией термоэластопласта, углеродного наноматериала от  $2,8 \times 10^{-4}$  до  $6,4 \times 10^{-2}$  %. Процесс смешения стал приемлем при рабочей температуре  $160^\circ\text{C}$  и времени смешения 60 мин, при скорости вращения перемешивающих устройств 800 об/мин.

В таблице представлены физико-механические показатели битума марки БНД 90/130, модифицированного УНМ.

Таблица. Физико-механические показатели  
битума марки БНД 90/130, модифицированного УНМ

| Модификаторы                              | Пенетрация,<br>П25*0,1мм<br>25 C°/ 0 C° | Дуктильность,<br>мм | Температура<br>размягчения,<br>C° | Эластичность,<br>% |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Без модификатора                          | 108/32                                  | >1000               | 47                                | -                  |
| ДСТ 30-01                                 | 92/24                                   | 620                 | 56                                | 50                 |
| ДСТ 30-01 +<br>$9,6 \times 10^{-3}\%$ УНТ | 125/52                                  | 672                 | 48                                | 64                 |
| ДСТ 30-01 +<br>$6,4 \times 10^{-2}\%$ УНТ | 131/45                                  | 572                 | 47                                | 49                 |
| ДСТ 30-01 +<br>$2,8 \times 10^{-4}\%$ УНТ | 100/40                                  | 812                 | 52                                | 62                 |

Как видно из таблицы при модификации дорожного вяжущего одним ДСТ показатели пенетрации и растяжимости снижаются и появляется дополнительное свойство-эластичность.

Совместное введение ДСТ и суспензии на основе ДТ и УНТ позволяет получить модифицированное дорожное вяжущее, которое обладает повышенными показателями пенетрации и эластичности. Увеличение содержания УНТ приводит к снижению показателей дуктильности и падению эластичности системы по сравне-

нию с исходным битумом БНД 90/130. Уменьшение содержания ДТ в композиции при том же содержании УНТ позволяет повысить температуру размягчения вяжущего до 50 °С, снижает значение пенетрации вяжущего по сравнению с БНД 90/130.

Использование в качестве модификатора на основе УНТ позволяет улучшить характеристики исходного битума БНД 90/130 и более широко использовать его для приготовления асфальтобетонных смесей.

### ***Библиографический список***

1. Беляев П.С., Маликов О.Г., Забавников М.В., Соколов А.Р. Повышение качества нефтяных битумов путем модификации продуктами переработки изношенных автомобильных шин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2003. Т. 9. № 1. С. 63-69.
2. Клинов А.С., Беляев П.С., Соколов М.В., Шашков И.В. Утилизация полимерной тары и упаковки: Учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.
3. Клинов А.С., Соколов М.В., Однолько В.Г., Беляев П.С. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов. М.: Спектр, 2012. 196 с.
4. Беляев В.П., Клинов А.С., Беляев П.С., Полушкин Д.Л. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий // Глобальный научный потенциал. 2012. № 19. С. 169-171.
5. Беляев П.С., Полушкин Д.Л., Макеев П.В., Фролов В.А. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 2. С. 264-271.
6. Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Фролов В.А. Решение проблемы утилизации отходов резино-технических изделий путем модификации дорожных вяжущих // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 2 (60). С. 129-131.

***Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.***

### **МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

*roman.kovergin@gmail.com*

Предприятие топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является сложным во всех отношениях хозяйствующим субъектом. На различных этапах его деятельности ставятся и решаются разнообразные задачи. Применение средств поддержки принятия решений позволяют компаниям вырабатывать реалистичные сценарии деятельности в будущем, учитывать и снижать вероятные риски и факторы неопределенности при принятии менеджерами управленческих решений, повышать эффективность операционных процессов и тем самым увеличивать прибыльность бизнеса в целом.

Для поддержки принятия решений на предприятиях ТЭК в процессах планирования операционной деятельности используются различные модели и методы. На практике их применения в вертикально-интегрированных нефтяных компаниях (ВИНК), их можно классифицировать следующим образом [1].

**Расчетные модели** – представляют собой функции одной или нескольких переменных, которые известны или могут быть рассчитаны по заданному алгоритму. С помощью таких моделей рассчитываются финансово-экономические показатели деятельности компании и соответствующая им отчетность.

**Оптимизационные модели** – модели математического программирования, которые позволяют описать в аналитическом виде с помощью уравнений и неравенств объект моделирования и целевую функцию, для которой нужно найти экстремальное значение – минимум или максимум. С помощью оптимизационных моделей решаются задачи производственного планирования, планирования дистрибуции сырья и готовой продукции.

**Статистические модели** – функциональная зависимость между переменными определяется на основе имеющихся статистических данных. Данный подход применяется в моделях прогнозирования финансово-экономических и натуральных показателей, например, при прогнозировании цен на готовую продукцию или соответствующего спроса.

Перспективным направлением применения статистических моделей является разработка самообучающихся предиктивных алгоритмов, позволяющих на основе выявленных закономерностей в данных прогнозировать поведение исследуемых параметров во времени. В литературе это направление получило название Data Mining (интеллектуальный анализ данных) [2].

**Имитационные модели** – применяются для достаточно точного математического описания объекта моделирования и воспроизведения его поведения во времени. Наиболее ярким примером использования имитационных моделей в нефтяной компании – это моделирование технологических и физико-химических процессов в работе установок на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ).

**Модели структур и процессов** – позволяют описывать протекающие в компании процессы с помощью стандартизованных методик, а также находить их наиболее оптимальную конфигурацию. Описанный подход нашел отражение в существующих методологиях моделирования бизнес-процессов: ARIS, IDEF, SCOR и др.

**Балансовые модели** – группа методов, позволяющих реализовать связь между потребностями в ресурсах и источниках их покрытия. На практике управления цепями поставок в ВИНК указанные методы применяются в форме материальных балансов, в рамках которых производственные ресурсы НПЗ приводятся в соответствие с текущими потребностями в товарной продукции клиентов.

**Экспертные правила** – набор эмпирических алгоритмов принятия решений в различных областях деятельности компании. Такие знания формируются в результате практической деятельности групп экспертов, достаточно трудны для формализации и передачи между людьми.

Нельзя однозначно выделить лучший или худший метод поддержки принятия решений, каждая группа методов имеет свое целевое предназначение, достоинства и недостатки. Перспективным направлением в части совершенствования средств поддержки принятия решений является комбинирование различных моделей и алгоритмов, разработка и развитие методологии их интегрированного использования.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

#### ***Библиографический список***

1. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок / пер. с англ. под ред. В.С. Лукинского. - СПб.: Питер, 2006. - 720 с.
2. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.: ил.

***Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.***

#### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННАЯ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ**

*roman.kovergin@gmail.com*

Операционная деятельность предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК), связанная с движением материальных потоков по всей цепи создания стоимости сопровождается движением разнообразных информационных потоков. Современная вертикально-интегрированная нефтяная компания (ВИНК) обладает всеми необходимыми техническими и информационными средствами для сбора и хранения больших объемов многообразных данных. Это могут быть данные, связанные с процессами разведки и добычи нефти, нефтепереработки, распределения нефти и нефтепродуктов в каналах дистрибуции. Такая информация в общем случае получила название «большие данные». Применение относительно простого статистического анализа данных для такого объема и разнообразия информации представляется недостаточным. С развитием информационных систем и технологий, стали доступны для практического применения многочисленные методы и алгоритмы обработки такого рода данных для извлечения новой информации в целях поддержки принятия управленческих решений. Такая группа методов получила название интеллектуального анализа данных [1].

По данным ресурса KDnuggets [2] наиболее распространенной и популярной методологией интеллектуального анализа данных является межотраслевой стандартный процесс для исследования данных - Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). CRISP-DM описывает процессную модель, которая определяет лучшие практики и подходы для решения прикладных задач анализа данных. Основной фокус методологии сделан на интеллектуальном анализе данных, его применимости для любой прикладной области, а также возможности использования различных инструментов и средств.

Методология представляет собой циклическую последовательность этапов [3]. В зависимости от достигнутых результатов и принимаемых решений, возможны перемещения между этапами.

**Осмысление бизнеса.** Первый этап направлен на определение целей и требований бизнес-среды, в рамках которой формулируется задача анализа данных. На данном этапе осуществляется также подготовка стратегии решения задачи.

**Осмысление данных.** Этап связан со сбором и содержательным анализом данных. На данном этапе выявляются проблемы с качеством данных, проводится первичный анализ, формируются гипотезы о наличии скрытых закономерностей.

**Подготовка данных.** На данном этапе осуществляется подготовка данных для моделирования. Из исходных наборов данных, представленных в разных форматах, осуществляется выборка записей и их атрибутов, реализуется их очистка и конвертация в единый формат, пригодный для последующего использования.

**Моделирование.** На этапе моделирования осуществляется выбор и применение конкретных методик анализа данных, строятся модели и подбираются их параметры. В случаях необходимости в дополнительной обработке и представлении данных, возможен возврат к этапу подготовки данных.

**Оценка.** Этап служит для получения количественных оценок качества и эффективности выбранных методов решения, осуществляется сопоставление полученных результатов и поставленных целей. В случае получения неудовлетворительных результатов, осуществляется возврат к предыдущим этапам цикла.

**Внедрение.** На данном этапе осуществляется применение выработанных решений к реальным условиям функционирования в бизнес-среде. Далее осуществляется автоматизация процессов анализа данных, либо подводя итоги реализации проекта и формулируются соответствующие рекомендации по автоматизации.

После завершения этапа внедрения решения, процессы анализа данных продолжают, сформулированные на каждом из этапов выводы, а также знания, полученные на предыдущем цикле анализа, порождают новые вопросы и задачи.

Разработка ИС ППР, основанной на интеллектуальном анализе данных позволит ВИНК наиболее полно использовать потенциал имеющихся в компании статистической информации и экспертных знаний для целей снижения неопределённости в процессах выработки и принятия управленческих решений.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №17-08-00457-а.*

#### ***Библиографический список***

1. Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
2. What main methodology are you using for your analytics, data mining, or data science projects? [Электронный ресурс] / – 2014. – Режим доступа: <http://www.kdnuggets.com/polls/2014/analytics-data-mining-data-science-methodology.html>
3. CRISP-DM 1.0. Step-by-Step Data Mining Guide. [Электронный ресурс] / - 2000. - Режим доступа: <ftp://ftp.software.ibm.com/software/analytics/spss/support/Modeler/Documentation/14/UserManual/CRISP-DM.pdf>

***Романенко Н.С., Карпенко И.Е., Кириупин М.М., Бабкин С.В.***

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВОМ ВОДЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(itsmylivex@gmail.com, nik-oe@mail.ru, mik6339@yandex.ru, bser08@gmail.com)*

В настоящее время во всем мире происходит рост потребления энергии. Известно, что большинство объектов имеет низкий КПД, поэтому большое количество тепла идет на подогрев почвы, воды и воздуха. Традиционно для снижения энергопотребления принято улучшать теплоизоляцию объектов, уменьшать количество простоев, повышать надежность электротермических аппаратов. Наряду с этим, эффект экономии энергии может дать внедрение автоматических систем энергосберегающего управления [1] в различных отраслях промышленности, коммунального и сельского хозяйства.

В работе рассматривается пример автоматической системы управления электронагревателем воды. В состав контрольно-измерительного блока разработанной системы входит контроллер «myRIO» фирмы National Instruments.

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014 с модулем NI LabVIEW 2014 myRIO Toolkit. Для реализации системы была использована платформа NI myRIO-1900 [2].

Объект исследования – электронагреватель ЭВБО – 15/1.25, в который вмонтирован цифровой термометр DS18B20 с программируемым разрешением, плата управления нагрева электронагревателя, датчик уровня воды. Сигнал цифрового датчика поступает на вход контрольно-измерительного блока, который позволяет фиксировать измеряемые данные.

Контрольно-измерительный блок управляется по сети Wi-Fi с помощью вычислительного блока, представляющего собой персональный компьютер. Такая схема предполагает реализацию возможности удаленного мониторинга, контроля и проведения испытаний.

В процессе испытаний электронагревателя с контрольно-измерительного блока на компьютер, содержащий «Экспертную систему энергосберегающего управления» поступает массив данных, представляющий собой характеристику процесса нагрева. Экспертная система позволяет в реальном масштабе времени получить модель объекта, провести анализ оптимального управления и синтезировать управляющее воздействие.

Модель объекта имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \dot{z} \end{pmatrix} = \begin{cases} \begin{pmatrix} 0 & a_1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ b_1 \end{pmatrix} u(t), & z \in [z_0, z_p]; \\ a_2 z(t) + b_2 u(t), & z \in [z_p, z_k], \end{cases}$$

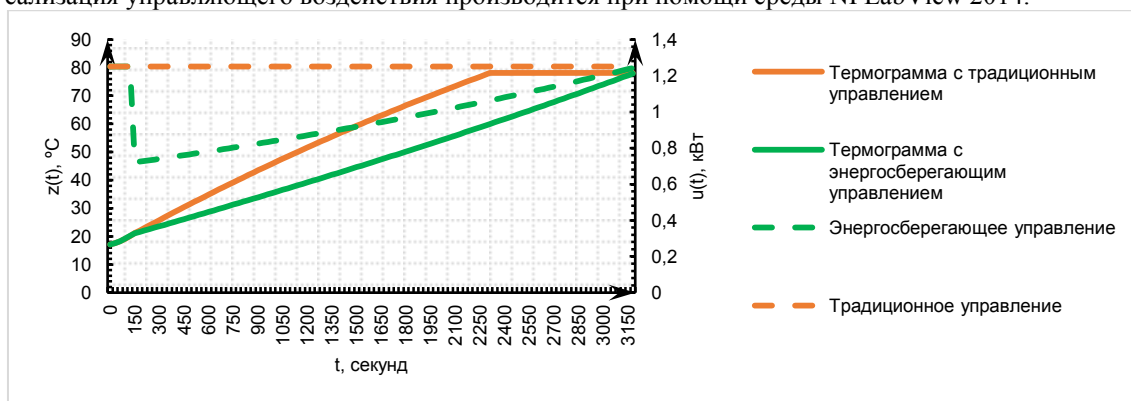
где  $z_1, z_2, z$  – фазовые координаты,  $z_0, z_k$  – начальная и конечная температура модели,  $z_p$  – температура стыковки моделей,  $t$  – время,  $u$  – управление,  $a_1 = 1, b_1 = 1.75 \cdot 10^{-5}, a_2 = -1.18 \cdot 10^{-4}, b_2 = 2.86 \cdot 10^{-2}$  – параметры модели, относительная погрешность модели не превышает 2%.

В результате работы программных модулей экспертной системы была синтезирована программа энергосберегающего управления  $-u^*(\cdot)$ :

$$u^*(\cdot) = \begin{cases} u_b, & t \in [t_0, t_p]; \\ u_0 + d \cdot e^{-a(t-t_0)}, & t \in [t_p, t_k], \end{cases}$$

где  $d = 0.72$  – параметр оптимального управления.

Реализация управляющего воздействия производится при помощи среды NI LabView 2014.



Созданная автоматическая система энергосберегающего управления позволяет экономить до 18% электроэнергии в динамическом режиме нагрева электронагревателя ЭВБО – 15/1.25.

### Библиографический список

1. Артемова, С. В. Информационная система оптимального управления тепло-технологическими аппаратами: монография / С. В. Артемова. – Москва– Санкт-Петербург–Вена–Гамбург: Изд-во МИНЦ. – 2011. – 234 с.
2. <http://www.ni.com/myrio/> – раздел на сайте National Instruments

## ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Тамбовский государственный технический университет  
e-mail: [teplotehnika@nnn.tstu.ru](mailto:teplotehnika@nnn.tstu.ru)

Разработка технологии получения и исследование свойств новых композиционных материалов (КМ), компоненты которых существенно отличаются по свойствам, а их сочетание дает весьма полезный синергетический эффект, актуальны. Применение полимерных нанокомпозитов в качестве функциональных материалов перспективно. Так, наполняя полимерные матрицы углеродными наночастицами (УНЧ), например частицами графенов, можно получать большое разнообразие композитов.

Известно, что наполненный УНЧ полипропилен (ПП) отличается повышенной ударной прочностью. Эффективность модификации частицами графенов подтверждается также для армированных базальтовым волокном (БВ) КМ с полипропиленовой матрицей.

Цель работы – исследование влияния состава КМ на основе ПП, наполненного БВ и УНЧ на зависимость теплопроводности от температуры.

Для армирования ПП использовали рубленное базальтовое волокно марки БС 13-3,2-КВ-16 с диаметром элементарной нити 13 мкм, длиной отрезка 3,2 мм. Для наполнения ПП применялись частицы графенов с плотностью 0,05 г/см<sup>3</sup> и удельной поверхностью 1686 м<sup>2</sup>/г.

Измерения проводили на измерительной системе (ИС), разработанной после существенной перестройки аппаратной и программной частей измерителя ИТ-400. Устройство ИС и методика эксперимента представлены в работах [1, 2].

Градуировку ИС проводили на аттестованных образцах с известными ТФС. Константы ИС определены в интервале значений температуры от 25 °С до 200 °С, нижний температурный предел которого напрямую связан с моментом наступления монотонного режима. Верхний предел зависит только от значения температуры, при которой эксперимент был остановлен.

На рис. представлены температурные зависимости теплопроводности КМ на основе ПП, наполненного БВ и совместным введением БВ и УНЧ, которые свидетельствуют о снижении теплопроводности.

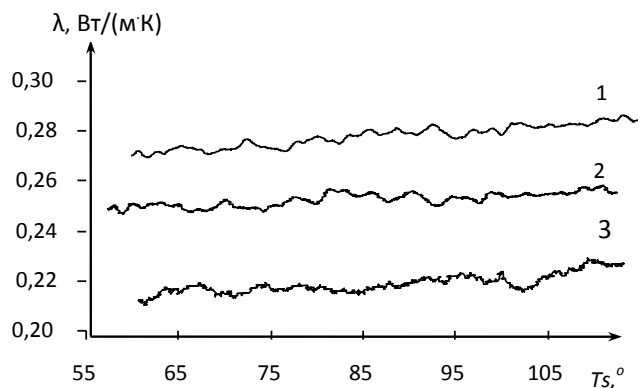


Рис.1 Температурные зависимости теплопроводности:  
1 – ПП; 2 – ПП + 20 % масс. БВ + 0,01%масс. УНЧ;  
3 – ПП + 20 % масс. БВ.

Так, теплопроводность ПП, наполненного БВ меняется в пределах 0,21 – 0,23 Вт/(м К) с изменением температуры в пределах 55 – 115 °С, тогда как теплопроводность исходного ПП изменяется в диапазоне 0,27 – 0,29 Вт/(м К). Вт/(м · К). Кривая 2 представляет зависимость теплопроводности КМ на основе ПП, наполненного БВ (20 % масс.) и УНЧ (0,01 % масс.). Представленные данные свидетельствуют о снижении теплопроводности ПП, наполненного БВ и УНЧ.

### Библиографический список

1. Измерительно-вычислительная система для исследования температурных зависимостей теплопроводности и теплоёмкости материалов / Н.Ф. Майникова, Ю.Л. Муромцев, В.И. Ляшков и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2001. – Т.7, №1. – С.35 – 44.
2. Исследование температурных зависимостей тепло-проводности эпоксидных углепластиков / Н.Ф. Майникова, Никулин С.С., Осипчик В.С. и др. // Пластические массы. – 2014. – № 9–10. – С. 35 – 37.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТА

Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru)

Исследованы фрикционные свойства материала на основе полиамида-12 (ПА12), в состав которого были введены синтетические волокна Фенилон (Ф) в количестве 25% масс. [1].

Таблица 1. Свойства материалов на основе ПА12

| Материал   | Твердость по Бринеллю, МПа | Ударная вязкость, КДж/м <sup>2</sup> | Разрушающее напряжение, МПа |        |       | Теплостойкость по Вика, °С нагрузка 10 Н |
|------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------|-------|------------------------------------------|
|            |                            |                                      | Растяжение                  | Сжатие | Изгиб |                                          |
| ПА12       | 90                         | 90                                   | 47                          | 56     | 60    | 160                                      |
| ПА12 +25%Ф | 130                        | 100                                  | 94                          | 75,5   | 92    | 180                                      |

Выбор режимных характеристик при фрикционных испытаниях пар трения обусловлен необходимостью передавать больше энергии с помощью компактных механизмов. Многие пары трения машин работают в тяжелых режимах трения, в условиях, когда смазка является нежелательной. Выбрана схема испытаний с контактом по образующей. При определении коэффициента трения в качестве контртела использовали ролик диаметром 60 мм, изготовленный из стали 45. Термообработка материала ролика позволила получить твердость 42 – 45 HRC. Шероховатость рабочей поверхности металлического тела характеризовалась параметром  $R_a = 0,32 - 0,63$ . Зависимость износостойкости наполненного ПА12 от нагрузки в зоне контакта изучали в диапазоне нагрузок 8 – 32 МПа при скорости трения 0,02 м/с и пути трения 9,4 м. Для ускорения испытаний использовали стальной ролик с поверхностью, шероховатость которой равнялась  $R_z = 80 - 100$  единиц. Результаты показали, что при большой нагрузке структура поверхностного слоя разрыхляется, вследствие чего износ возрастает. Характер зависимости износа композита по металлу от нагрузки свидетельствует о реализации наиболее интенсивного износа в паре трения – абразивного.

Деформационная теплостойкость наполненного композита на основе ПА12 возрастает, что объясняется образованием более плотно упакованного пограничного слоя на поверхности волокна, армирующего полимер [2].

Таблица 2. Зависимость массового износа материалов от нагрузки

| Режим трения | Массовый износ ( $10^{-3}$ , г) при различных нагрузках $p$ , МПа |        |        |        |        |        |        |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|              | $p=10$                                                            | $p=12$ | $p=15$ | $p=20$ | $p=23$ | $p=25$ | $p=28$ |
| ПА12         | 3                                                                 | 3,8    | 5      | 7,5    | 8,1    | 9,3    | 10,3   |
| ПА12+25% Ф   | 1                                                                 | 1,3    | 1,7    | 2      | 2,1    | 2,5    | 3      |

При армировании ПА12 Фенилоном образуется однородная структура, наблюдается уменьшение размеров сферолитов, что обуславливает повышенные прочностные и деформационные свойства. Введение наполнителя увеличивает жёсткость ПА12, что связано с уменьшением подвижности сегментов макромолекул на поверхности наполнителя и усилением матрицы. При тяжёлых режимах трения надмолекулярные структуры полимера деформируются, становятся более мелкими, коэффициент трения уменьшается [2]. Коэффициент трения и износ (табл.2) по стали армированного ПА12 снижаются в три раза, что объясняется доминированием термомеханических процессов при критических режимах трения без смазки, повышением прочности и уменьшением абразивного эффекта.

*Работа выполнена под руководством проф. Майниковой Н.Ф.*

## Библиографический список

1. Исследование износостойкости армированного полиамида / А.Д.Решетова, В.С. Кох-Татаренко, Н.Ф. Майникова // Труды VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции «Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент» – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016. – С. 94 – 96.
2. Антифрикционные свойства ПА-12, армированного волокнистыми наполнителями / М.Л. Кербер, Н.Ф. Майникова, Ю.В. Воробьев, Т.П. Кравченко, Н.Я. Валецкая // Пластические массы. – 1984, № 7. – С. 9 – 10.



## СЕКЦИЯ 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

---

*Авдеева М.Ю.*

### ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В КОНТЕКСТЕ НЕПРЕРЫВНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ СФЕРЫ ЖКХ

ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
([maria-hoch92@mail.ru](mailto:maria-hoch92@mail.ru))

В настоящее время экология как наука о взаимоотношениях между растительным, животным миром и окружающей средой в последние годы значительно усложнилась философскими, социальными, экономическими, техническими и географическими аспектами. Экологическое мировоззрение должно способствовать правильному пониманию места и роли человека в окружающей среде, являющегося ее продуктом и неотъемлемой составной частью.

Жизнь человека неотъемлемо связана с городской средой, ее инфраструктурой, деятельностью организаций и предприятий жилищно-коммунального комплекса (ЖКХ). Деятельность предприятий ЖКХ оказывает негативные влияния на окружающую среду в результате:

- 1) изъятия большого количества природных вод (поверхностных и подземных) для целей хозяйственного, питьевого и промышленного водоснабжения;
- 2) сброса в водные объекты неочищенных или недостаточно очищенных бытовых и промышленных сточных вод, а также поверхностного стока с территорий;
- 3) выбросов в атмосферу от котельных централизованных систем теплоснабжения;
- 4) размещения на свалках (организованных и неорганизованных) ТБО и ТПО;
- 5) урбанизации природных территорий.

Однако, развитие научно-технического прогресса приводит к появлению технологий нового типа, способных гармонически вписываться в природные процессы. Это такие технологии, как «Зеленая энергетика», «Альтернативные источники энергии», технологии замкнутого цикла и пр. Но для развития подобных инноваций требуется изменение мировоззрения людей уже на раннем этапе, как говорится «со школьной скамьи». Процесс развития и становления экологического мировоззрения личности учащегося сложен и многогранен, он происходит в течение длительного времени и обусловлен воздействием на личность социального фактора, отражающего уровень развития общества, в котором происходит процесс становления экологического мировоззрения личности и его экологической культуры, то есть норм и правил поведения при взаимодействии ее с объектами этого окружения.

Социально-экономические изменения в России привели к необходимости модернизации многих социальных институтов, и в первую очередь, системы образования, которая напрямую связана с экономическими процессами через подготовку производительных сил [1].

В связи с этим одной из основных задач, наряду с формированием гармонически развитой личности, является задача формирования профессионально компетентного специалиста.

Основная цель внешкольного образования является повышение уровня знаний детско-юношеской аудитории в сфере ЖКХ и формирование у подрастающего поколения экологической культуры. На основании этого автором предлагается курс: «Основы экологического энергосбережения» среди школьников общеобразовательных учреждений. Основная цель курса состоит в передаче учащимся знаний в областях энергетике и энергосбережения, а также в обеспечении условий для приобретения ими практических навыков рационального использования энергоресурсов.

Для формирования полноценной системы образования в сфере ЖКХ требуется создание системы непрерывной подготовки кадров, что является не тривиальной задачей из-за ряда существенных нестыковок уровней образования. Актуальным является проведение анализа согласованности образовательных стандартов высшего образования и основного общего образования на предмет получения школьниками знаний об экологии и энергосбережении в сфере ЖКХ [2].

### **Библиографический список**

1. Компетентностный подход в образовательном процессе. Монография / А.Э. Федоров, С.Е. Метелев А.А. Соловьев, Е.В. Шлякова – Омск : Изд-во ООО «Омскбланкиздат», 2012. – 210 с.
2. Профессиональная ориентация детей в условиях учреждений дополнительного образования / Авдеева М.Ю., Кочергин С.В., Блюм М.А. –М: Научное обозрение: гуманитарные исследования, 2015.-13с.
3. Интерактивный метод обучения детей вопросам энергосбережения. Авдеева М.Ю., Кочергин С.В., Блюм М.А. В сборнике: Инновационные образовательные технологии в техническом вузе Сборник научных статей Межрегиональной научно-методической конференции. 2015. С. 79-83.

***Аль Аджраш Бан Хатем Фалих, Жеребятьев А.А.***

### **ГРАФИК НАГРУЗКИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(btoonnight69@gmail.com)*

Основой рационального решения комплекса вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией электрических сетей всех классов напряжений, является количественная информация об электрических нагрузках. Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования системы электроснабжения.

По величине электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования.

Знание способов расчета электрических нагрузок совершенно необходимо как при проектировании системы электроснабжения, так и при эксплуатации действующих электрических сетей, так как часто появляются новые потребители, желающие получить разрешение на подключение к действующим электрическим сетям.

Электрическая нагрузка – величина непрерывно изменяющаяся: одни потребители включаются, другие отключаются, изменяется мощность, потребляемая электродвигателями из сети, растёт уровень электрификации быта. Изменения нагрузки во времени принято изображать в виде графика нагрузки.

График нагрузки – это зависимость активной, реактивной или полной мощности от времени. Графики нагрузки строят суточные (изменение нагрузки от 0 до 24 часов) и годовые (от 0 до 8760 часов).

Суточные графики строятся на действующих объектах по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии, производимым каждый час. Графики дают среднее значение нагрузок в течение часа и должны строиться ступенями.

Для суточного графика характерны следующие величины: максимум активной нагрузки; максимум реактивной нагрузки; коэффициент мощности максимума; суточный расход активной энергии; суточный расход реактивной энергии; коэффициент заполнения суточного графика активной энергии.

Значениями мощности  $P_{\min}$ ,  $P_{\text{ср}}$  и  $P_{\max}$  суточный график нагрузки делится на три характерные части: базисную, полупиковую, пиковую.

Годовые графики строятся для упрощения анализа, в виде упорядоченной диаграммы по убывающим ординатам активной и реактивной нагрузок в течение года. Поэтому эти графики называют графиком продолжительности нагрузок. Приблизительно годовой график можно построить по двум характерным суточным графикам: один – за летний день (июнь), а другой – за зимний день (декабрь). Построение годового графика начинают с максимума и выполняют в порядке постепенного снижения мощностей, для чего через оба суточных графика проводят ряд горизонтальных линий, расстояние между которыми выбирают с желаемой точностью построения.

Число часов использования максимума нагрузки является важнейшей характеристикой графика электрических нагрузок. Оно показывает, сколько часов в году электроустановка должна была бы работать с максимальной нагрузкой, чтобы потребить из сети такое же количество электроэнергии, как и при работе по действительному графику нагрузок.

Зная графики нагрузки объекта, можно определить все величины, необходимые для проектирования системы электроснабжения.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. А.В. Кобелева*

### ***Библиографический список***

1. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. – Тамбов 6 изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод 37,0 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
4. Кобелев, А.В. Проектирование систем электроснабжения объектов коммунальной и производственной инфраструктуры [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования: ПК не ниже класса Pentium II; CD-ROM-дисковод 00,0 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

***Аль Сраейф Зейнаб Хасан Шантаф, Филатов М.А.***

### **СОБСТВЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Zainbhassan121@gmail.com)*

В текущей экономической ситуации предприятия стараются максимально мобилизовать свои ресурсы и минимизировать затраты. Как известно, расходы на электроэнергию для многих промпредприятий сейчас – одна из важнейших статей затрат. Один из наиболее перспективных путей решения этой проблемы – развитие распределенной генерации в России, внедрение объектов малой и средней генерации на предприятиях и продвижение технологических решений в сфере распределенной энергетики.

Так, например, произошло в ООО «Лукойл-Западная Сибирь». Предпосылками развития объектов собственной генерации на предприятии стали дефицит трансформаторной мощности, необходимость повышения надёжности электроснабжения и, конечно же, снижение себестоимости продукции. Спустя несколько лет после установки и запуска объекта, получили за 2014 год экономию в 530 млн руб за счет замещения генерируемой электроэнергией электроэнергии из сети. И с каждым годом эта сумма будет только увеличиваться.

Другой пример. На ОАО НЛМК запущены и работают такие объекты генерации, как ТЭЦ НЛМК, газотурбинная расширительная станция (ГТРС) и утилизационная ТЭЦ. Результатами инвестиционной программы НЛМК за 1999- 2014 гг. стали:

- +275 МВт установленной мощности объектов собственной генерации;
- 54% - обеспеченность собственной электроэнергией;
- +280% - производство собственной электроэнергии из вторичных энергетических ресурсов;
- - 19% - снижение удельного потребления энергоресурсов на тонну стали;
- 90% - использование вторичных топливных газов.

Несмотря на множество препятствий, ситуация, сложившаяся в малой и распределенной энергетике, будет способствовать развитию собственной генерации на промышленных предприятиях.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. А.В. Кобелев*

### ***Библиографический список***

1. Собственная генерация на предприятии – много возможностей, много препятствий! ([http://elektrovesti.net/38401\\_sobstvennaya-generatsiya-na-predpriyatii-mnogo-vozmozhnostey-mnogo-prepyatstviy](http://elektrovesti.net/38401_sobstvennaya-generatsiya-na-predpriyatii-mnogo-vozmozhnostey-mnogo-prepyatstviy))
5. Повышение эффективности распределительных сетей 0,4-10 кВ / А.М. Никитина, А.В. Кобелев / Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах: тезисы докладов 3-ей Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов. 25-27 апреля 2016 г. / Министерство образования и науки Российской Федерации; Тамбовский государственный технический университет; Т.И. Чернышова, отв. ред.. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016. с. 249-250

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*Рязанский государственный агротехнологический университет  
(maqsatullozoda0403@mail.ru, ASSAURA8@yandex.ru)*

Наиболее надёжным из всех электродвигателей является асинхронный двигатель. Он просто устроен и при правильной эксплуатации служит очень долго. В процессе эксплуатации электродвигателей возникают различные аварийные ситуации и для того чтобы не допустить выхода из строя, его своевременно быстро отключают от сети при помощи устройства защиты.

Распространёнными причинами возникновения аварийной работы асинхронных электродвигателей и соответствующими им видами защиты являются:

1. Короткие замыкания - однофазные – в кабеле, клеммной коробке электродвигателя, в обмотке статора. Это наиболее опасный вид неисправности в электродвигателе, так как сопровождается возникновением очень больших токов, приводящих к перегреву и сгоранию обмоток статора.

2. Тепловые перегрузки электродвигателя – возникают, когда вращение вала сильно затруднено (выход из строя подшипника, запуск двигателя под слишком большой нагрузкой, или его полная остановка). В результате этого температура всего электродвигателя увеличивается, происходит перегрев и разрушение изоляции обмоток статора, приводящее к замыканию обмоток и негодности двигателя.

3. Проблемы с напряжением, которое либо уменьшается, либо пропадает.

4. Исчезновение напряжения на одной из фаз [1].

Известно множество способов защиты асинхронных электродвигателей. По назначению их делят на три группы:

1 группа. Специальные устройства, которые реагируют на отдельный специально контролируемый аварийный режим. Они отключают двигатель при неполнофазном и несимметричном напряжении сети, при затормаживании ротора, при недопустимом снижении уровня сопротивления изоляции;

2 группа. Универсальные устройства, которые реагируют на несколько аварийных режимов, контролируя один из параметров двигателя.

3 группа. Комплексные устройства, которые реагируют на все аварийные режимы, контролируя несколько параметров двигателя [2].

По параметру, контролируемому чувствительным органом устройства все защиты электродвигателей можно разделить на токовые, тепловые, температурные, фазовые, по напряжению и комплексные.

В схемах защиты электродвигателя используются плавкие предохранители, реле и магнитные пускатели с автоматическими выключателями. Схема может быть построена таким образом, что будет выполняться сразу несколько видов защиты асинхронного двигателя. Могут быть использованы автоматические выключатели с коммутациями и при перегрузках, и при коротких замыканиях. Защиту электродвигателя надо выбирать, основываясь на предназначении привода, в котором работает двигатель; электромеханических параметрах привода; условиях окружающей среды; возможности обслуживания персоналом. Главными качествами защиты должна быть простота в эксплуатации и надёжность [1].

Защита электродвигателей от токовых перегрузок заключается в своевременном обесточивании электродвигателя при появлении в его силовой цепи или цепи управления больших токов, то есть при возникновении коротких замыканий.

Для защиты электродвигателей от коротких замыканий применяют плавкие вставки, электромагнитные реле, автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем, подобранные таким образом, чтобы они выдерживали большие пусковые токи, но быстро срабатывали при возникновении токов короткого замыкания [2].

Для защиты электродвигателей от тепловых перегрузок в схему подключения электродвигателя включают тепловое реле, имеющее контакты цепи управления – через них подаётся напряжение на катушку магнитного пускателя. При возникновении тепловых перегрузок эти контакты размыкаются, прерывая питание катушки, что приводит к возврату группы силовых контактов в исходное состояние – электродвигатель обесточен.

Надёжным и простым способом защиты электродвигателей от пропадания фаз служит добавление в схему его подключения дополнительного магнитного пускателя [1, 2].

### ***Библиографический список***

1. Защита асинхронного двигателя - способы и схемы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.podvi.ru...zashhita-asinxronnogo-dvigatelya.html>
6. Иванкина, Ю.В. Повышение качества изоляции асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроприводов за счет капельной пропитки обмоток при ремонте [Текст]. Дис... канд. техн. наук: 05.20.02 / Иванкина, Ю.В. - Саратов, 2005.- 129 с.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ОТДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЬ

Липецкий государственный технический университет  
(011bas962@gmail.com)

Прямой пуск двигателя постоянного тока сопровождается броском тока в якорной обмотке, превышающим максимально допустимое значение. Для уменьшения бросков тока ограничивают скорость нарастания напряжения во время разгона. Реализация этого осуществляется с помощью тиристорного преобразователя. Однако, при фазовом управлении высок уровень высших гармоник [1]. Другим недостатком действующих электроприводов постоянного тока является их низкий уровень энергоэффективности. С целью обеспечения отдачи энергии в сеть могут присутствовать тиристорные группы ключей «вперед» и «назад», что увеличивает стоимость подобной установки [2].

В асинхронных электроприводах с фазным ротором управление отдачей энергии может производиться преобразователем частоты, стоящим на выходе роторных обмоток. Он состоит из выпрямителя, звена постоянного тока и регулируемого инвертора [3]. При этом используются распространенные преобразователи частоты для подключения к сети асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.

Так возникла идея использовать типовой преобразователь частоты для подключения к трехфазной сети двигателя постоянного тока. В результате предполагается повышение энергоэффективности за счет возможности отдачи энергии обратно в сеть. Схема подключения двигателя постоянного тока показана на рисунке 1.

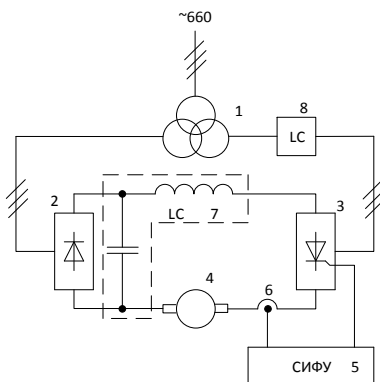


Рис.1. Схема подключения двигателя постоянного тока

Принцип работы устройства: повышенное питающее напряжение через трансформатор 1 поступает на диодный выпрямитель 2 и на инвертор 3, угол открытия которого задается системой управления 5 от  $165^\circ$  до  $15^\circ$ , при этом в начале двигатель 4 только потребляет энергию, а затем частично отдает ее обратно в сеть через инвертор. К двигателю в этом случае подается напряжение, равное разнице изменяющихся векторов напряжения выпрямителя и инвертора:  $\Delta U = \overline{U_e} - \overline{U_u}$ .

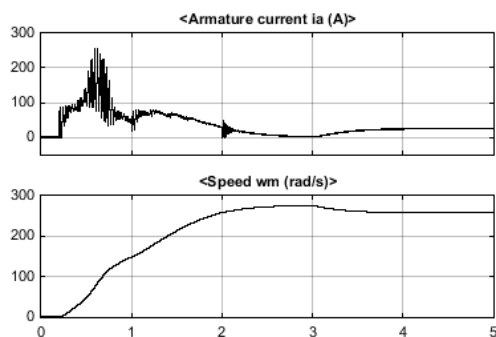


Рис.2. Графики тока статора и скорости двигателя

В исследуемой модели углы управления задаются ступенчато, уменьшаясь от 165° до 15°. При этом на рисунке 2 показан график тока и скорости двигателя, на рисунке 3 – графики напряжения и тока сети в исследуемой модели и при подключении двигателя через выпрямитель.

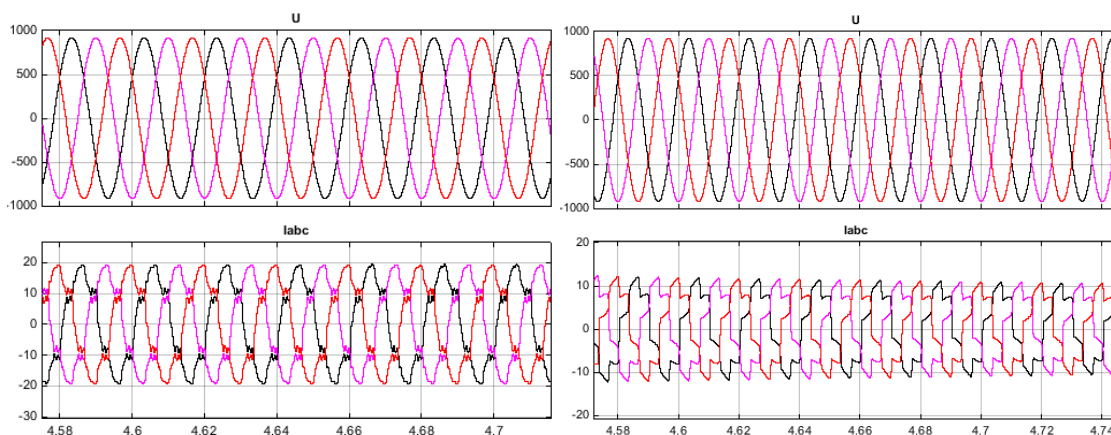


Рис.3. Графики напряжения и тока в исследуемой модели и при подключении двигателя через выпрямитель

### Библиографический список

1. RU 2472283 C1. Магнитно-вентильный преобразователь для электропривода постоянного тока./Авт. Изобр.: В.И. Доманов, А.В. Доманов, И.Ю. Муллин, К.Е. Карпукhin.
2. Терехов В.М. Системы управления электроприводов [Текст]: учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – Саратов: Саратовский полиграфический комбинат, 2005. – 301 с.
3. RU 2237344 Российская Федерация. Электропривод переменного тока / В.Н. Мещеряков.

**Богадевич Д.И., Черемных И.С., Моторина Н.П.**

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
olov95@yandex.ru

Транспортировка топлива, в частности нефти, имеет высокий показатель энергоёмкости, в связи с чем рост энергозатрат в этой области является важнейшей задачей из-за роста объёма добычи, а значит, перекачки данного вида сырья по трубопроводам. Следует заметить, что удельный расход электроэнергии, расходуемой на перекачку, может быть вычислен по следующему выражению:

$$E=G \cdot K,$$

где  $G$  – это показатель объёма перекачиваемого продукта,  $K$  – это константа, зависящая от характеристик трубопровода. Из указанного соотношения следует вывод, что с возрастанием объёма транспортируемой нефти расход электроэнергии также увеличивается.

Все этапы транспортировки нефти сопровождаются потреблением большого количества электроэнергии. Главным источником затрат электрической энергии считаются электрические двигатели насосов. В современных электроприводах для работы основных и вспомогательных насосов используют синхронные и асинхронные электрические двигатели. Причём для уменьшения затрат электроэнергии необходимо регулирование скорости вращения насосных агрегатов, чего можно достигнуть с помощью использования частотно-регулируемых электроприводов. Так, в настоящее время при прокладке трубопроводов применяются электродвигатели крупнейших компаний мира, специализирующихся на электротехническом и энергетическом машиностроении, в том числе на создании электроприводов с частотным регулированием, ABB и Siemens, а также российских производителей, машины которых имеют коэффициент полезного действия более 96,6%.

Также немаловажным фактором, обуславливающим потребление электроэнергии, являются гидравлические потери, являющиеся безвозвратной потерей энергии на участках трубопроводов. В связи с этим уменьшение значения этого параметра – это одна из главных научных проблем в рассматриваемой области, которая решается путём добавления к перекачиваемым нефтепродуктам препаратов, улучшающих свойства транспортируемого вещества, то есть присадок. Это решение вкупе с предпринимаемыми мерами по регулярной очистке трубопроводов специализированными очистными устройствами позволяет снизить потребление энергии приводами насосов до 40%.

Существуют диспетчерские службы специального назначения, которые выполняют управленческие функции в области энергосбережения. Они обеспечивают оптимизационные процессы, к которым, к примеру, можно отнести нахождение оптимального количества насосных установок на станциях.

Наконец, экономическая выгода непосредственно от применения насосных агрегатов определяется коэффициентом полезного действия при их эксплуатации.

Рассмотренные в работе меры по сокращению расхода электроэнергии при транспортировке топлива широко применяются на современных предприятиях, что подтверждает их эффективность. Данные решения можно также подвергнуть определённой корректировке, чтобы использовать в смежных областях промышленности для решения задач энергосбережения.

***Бортников И. А.***

## **ВОЗНИКНОВЕНИЕ АВАРИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

*Тамбовский Государственный Технический Университет  
(cheater0627@gmail.com, toxa022@mail.ru, zloy1188@yandex.ru)*

Современная электроэнергетическая система (ЭЭС) России охватывает огромную территорию. Такое количество элементов электроэнергетической системы не может работать продолжительное время безотказно из-за износа, природных условий, человеческого фактора. Тысячи крупных нарушений ежегодно устраняются устройствами релейной защиты и автоматики. Однако, несмотря на производительность средств защиты, порой случаются достаточно крупные серии аварий, называемые каскадными.

Главной проблемой таких аварий является отключение многих потребителей. Инженеры-электрики полагают, что риски обесточивания систем можно существенно снизить. Для представления проблемы воспользуемся схемой протекания аварии (Рис 1).

Здесь сначала режим системы не переходит границу зоны необратимых последствий; РЗА, а также оперативный персонал обеспечивают достаточно быстрое восстановление режима. Однако существует такое событие (триггерное), при котором режим переходит через указанную границу [9].

Ряд исследователей делит причины рассматриваемых крупных аварий на неизбежные и те, которых можно избежать [1]. К первым относят случайные события, природные явления и т.п., ко вторым – неправильные действия РЗА, дежурного персонала.

Задача автоматики принять меры к недопущению триггерного возмущения с помощью операций изменения балансов активной и реактивной мощностей.

Деление системы (ДС) относится к средствам противоаварийного управления с воздействием коммутационного типа и осуществляется во время переходного процесса. По цели различаются три вида деления: для предотвращения нарушения устойчивости (упреждающее), для прекращения асинхронного хода (автоматика ликвидации асинхронного режима), для предотвращения потери собственных нужд электрических станций при недопустимом снижении частоты в энергосистеме в результате развития аварии.

Из-за скоротечности аварии, нельзя полагаться на человеческий фактор, следовательно для деления системы и поиска оптимальной линии сечения используется программно-аппаратный комплекс централизованной системы противоаварийного управления (ЦСПА), располагающийся в диспетчерском центре.

Внедрение подобных комплексов поможет решить проблему каскадных аварий, снизить ущерб от различных аварийных факторов, снизить экономические потери как на поврежденное оборудование, так и на потери от обесточивания, снизить человеческие жертвы во время аварий.

Однако внедрение данных комплексов требует достаточной обеспеченности коммутационной аппаратуры телеуправлением.

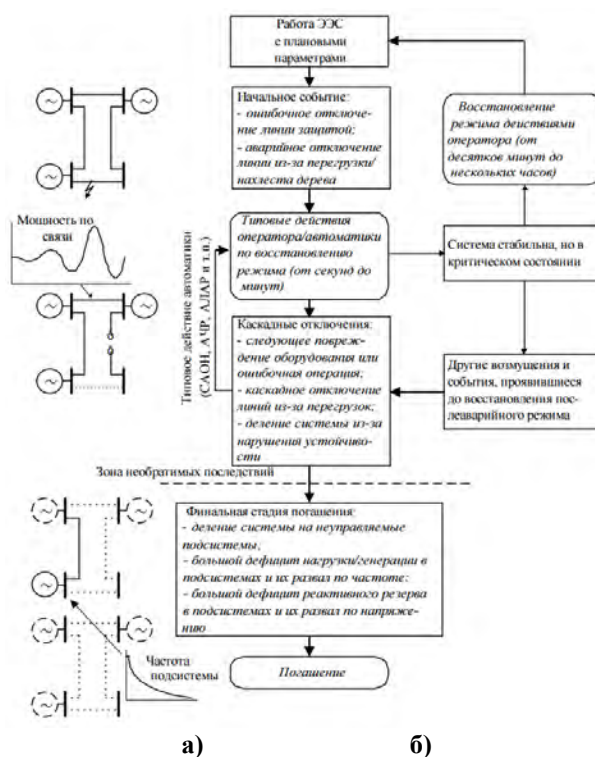


Рис. 1 Последовательность событий развития аварий

### Библиографический список

1. Международная рабочая группа №1. Каскадные аварии в энергосистемах, их предотвращение и восстановление работоспособности энергосистем: Предотвращение крупномасштабного веерного отключения электроснабжения в крупных городах-мегаполисах. 27.10.2006 URL: [ftp.socdu.ru/RZA/old\\_archiv/kaskad\\_avar.pdf](http://ftp.socdu.ru/RZA/old_archiv/kaskad_avar.pdf) (Дата обращения: 05.09.2016)
2. Шумилова Г.П., Готман Н.Э., Старцева Т.Б. Оценивание границы динамической надежности электроэнергетической системы // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. №1..
3. С.О. Смирнов, М.И. Успенский, Причины возникновения и меры противодействия крупным авариям в электроэнергетических системах, Известия Коми научного центра УрО РАН Выпуск 1(9). Сыктывкар, 2012 с.68-77.

**Висков Н.В., Фирсанов Я.Д., Никитин Д.В.**

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ АПК.

*Тамбовский государственный технический университет.  
(viskovnn@gmail.com, firsanov68@mail.ru)*

Одним из приоритетных направлений государственной политики является реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности в сельском хозяйстве. Это находит свое отражение в государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» конечной целью, которой является повышение конкурентоспособности отечественной продукции, качества и уровня жизни населения.

Потенциальные возможности энергосбережения и энергетической эффективности содержатся в разработке высокоэффективного оборудования с использованием достижений научно-технического прогресса, обеспе-



чивающих улучшение эксплуатационных характеристик, интенсификацию технологических процессов, увеличение КПД и автоматизацию человеческого труда.

На кафедре «Техническая механика и детали машин» ФГБОУ ВО ТГТУ разработана вакуум-транспортная установка [1] на базе жидкостнокольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым окном [2], позволяющая перемещать широкий спектр сыпучих растительных материалов с максимальной производительностью и минимальными затратами на энергию.



Рис. 1 Схема проектируемой вакуумной транспортной установки

на базе жидкостнокольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым окном:

- 1 – бункер с транспортируемым сыпучим материалом; 2 – питатель; 3 – транспортный трубопровод; 4 – бункер с сыпучим материалом; 5 – автоматическая заслонка; 6 – циклон-разгрузитель; 7 – воздушный трубопровод; 8 – пылеуловитель; 9 – пылесборник; 10 – пусковой кран; 11 – жидкостнокольцевой вакуум-насос с автоматическим регулируемым окном.

Данная схема вакуум-транспортной установки работает следующим образом. С помощью жидкостнокольцевого вакуум-насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном 11 в трубопроводах 3,7 создается разрежение и сыпучий материал через питатель 2 поступает в циклон-разгрузитель 6 с определенной производительностью, где накапливается и впоследствии выгружается в емкость. Воздушный поток, проходящий через пылеуловитель 8, очищается от примесей и поступает в атмосферу, а пыль собирается в пылесборнике 9, где впоследствии утилизируется.

Опытный образец вакуум-транспортной установки был успешно испытан в лабораторных условиях.

#### Библиографический список

1. Родионов Ю.В. Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов / Родионов Ю.В., Капустин В.П., Кобелев А.В., Никитин Д.В., Платицин П.С. Инновационная техника и технология. 2017. № 1
2. Пат. 2303166 Российская Федерация, МПК F04C15/00. Жидкостно-кольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / Волков А. В., Воробьев Ю. В., Никитин Д. В., Попов В. В., Родионов Ю. В., Свиридов М. М.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2005116616/06; заявл. 31.05.2005; опубл. 20.07.2007, Бюл. № 20. – 6 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ НА ОПОРАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

*Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина  
(blackseam78@mail.ru, zzfennixzz@rambler.ru)*

В настоящее время, автотранспорт на углеводородном топливе является самым распространённым и востребованным во всех сферах жизни современного общества. Но, несмотря на целый ряд преимуществ, он имеет один, но очень серьезный недостаток - наносит основную долю (до 64 %) экологического ущерба природной окружающей среде. Загрязнение происходит и на разных стадиях производства, и в процессе эксплуатации, а также при утилизации автомобилей и горюче-смазочных материалов, например, при сжигании бензина в атмосферу выбрасываются тонны оксидов серы и азота, вызывая кислотные дожди [1].

В последнее время, с повышением цен на углеводородное топливо, автомобили с двигателями внутреннего сгорания стали являться довольно затратным видом транспорта. Вышеперечисленные факты привели к тому, что прогрессивные страны стали проектировать и создавать менее расточительные и более экологичные транспортные средства – электромобили [2].

Учитывая большие расстояния, которые приходится в повседневной жизни преодолевать нашим гражданам, следуя через сельские населенные пункты, например, при поездках на работу, на отдых, на дачу, в случае использования электромобиля, возникает острая проблема – отсутствие возможности подзарядки в пути [3].

Для решения данной проблемы, на первом этапе, пока электромобили не получили широкое распространение, в сельской местности целесообразно было бы оборудовать отдельные опоры воздушных линий электропередачи (ЛЭП), стационарными зарядными станциями, преобразующими напряжение воздушной ЛЭП 0,4 кВ в напряжение 12, 24, 48 В, необходимое для подзарядки электромобиля.

В перспективе, при массовом использовании электромобилей в сельскохозяйственных районах, необходимо будет оборудовать зарядными станциями как можно больше опор воздушных ЛЭП 0,4 кВ проходящих в сельской местности вдоль автомобильных дорог.

В состав стационарной зарядной станции будут входить следующие элементы: ответвительный спуск, специальный пускозащитный аппарат с дистанционным управлением по защищенному каналу мобильной связи, прибор учета электрической энергии с возможностью автоматической передачи информации, преобразователь напряжения, выпрямитель, распределительное устройство низковольтного напряжения, а также влагозащищенная электрическая розетка.

На рисунке 1 представлен концепт стационарной зарядной станции, выполненной на опоре воздушной ЛЭП 0,4 кВ.



Рис.1.

Благодаря установке индивидуальных зарядных станций, на железобетонных опорах ЛЭП 0,4 кВ в сельской местности, обладатели электромобилей, всегда будут уверены, что по пути их следования из пункта А в пункт В у них всегда будет иметься возможность подзарядить свое транспортное средство недалеко от автодороги.

Создание сети индивидуальных зарядных станций в сельской местности в значительной степени ускорит процесс повсеместного перехода на электромобили в России, что позволит в значительной степени снизить негативное воздействие автотранспорта на окружающую природную среду.

*Научный руководитель к.т.н., доцент Чернышов В.А.*

### **Библиографический список**

1. Трескова Ю. В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый. 2016. №12. С. 563-565.
2. Щетина В.А., Морговский Ю.Я. и др. Электромобиль. Техника и экономика. 2015 г.
3. Б. П. Бусыгин, Электромобили. Учебное пособие.- МАДИ, 2014 г., 37 с.

**Гладышев А.В.**

### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИМЫКАЮЩИХ ИНДУКТОРОВ ДЛЯ НАРЕВА ВАНН ОЦИНКОВАНИЯ**

*Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева  
(alexey.gladyscheff@yandex.ru)*

Горячее оцинкование – один из самых надежных и экономичных видов цинкования для металлоконструкций. Вместе с тем горячее оцинкования является весьма энергозатратным процессом. Поэтому разработка и внедрение энергоэффективных методов нагрева ванн технологических линий оцинкования позволит достичь экономии электроэнергии и как следствие снизить стоимость конечного продукта.

При цинковании методом погружения детали в расплавленный цинк предъявляются высокие требования к точности поддержания температуры расплава (около 460 °С)[1]. При снижении температуры ниже 440 °С уменьшается вязкость цинка и возрастает его расход на покрытие деталей, а при увеличении выше 480 °С возрастает угар цинка и интенсивнее идет разрушение ванны. При температуре 450-460 °С на покрываемом изделии образуются плотные, однородные, хорошо сцепленные с материалом покрытия.

Одним из вариантов решения данной задачи может быть использование П-образных индукторов, которые благодаря небольшим геометрическим размерам и простой конструкции хорошо вписываются в существующие линии, не требуя их значительной реконструкции.

Для двумерного моделирования электромагнитных и тепловых полей была использована разработка российской компании ООО «Тор» программа «ELCUT», позволяющая решить поставленные задачи, учитывая изменение электро- и теплофизических свойств примыкающего индуктора и загрузки[2].

В процессе рассмотрения 4 вариантов размещения примыкающих индукторов относительно загрузки [3] были получены следующие результаты[4]:

1) наибольшее значение температуры наблюдается в центре загрузки, а к полюсам магнитопровода температура уменьшается;

2) применение двустороннего нагрева со встречным включением обмоток индукторов позволяет уменьшить перегрев центральной части загрузки по сравнению с односторонним нагревом и нагревом со встречным включением индукторов;

3) применение двустороннего нагрева с горизонтальным смещением индукторов позволит получить равномерное распределение градиента температуры по объему нагреваемого тела.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждена их хорошей сходимостью с данными, полученными экспериментальным путем на физической модели [5].

Однако для достижения более равномерного нагрева требуется нахождения оптимального размещения индукторов под дном ванны оцинкования, а также создание автоматизированной системы управления, позволяющей реализовать два режима нагрева: форсированный режим (нагрев цинка до заданной температуры) и рабочий режим (поддержание температуры расплава на протяжении всего технологического процесса). В процессе форсированного режима требуется включение всех индукторов, в процессе рабочего режима возможно использование зонного нагрева или уменьшение питающего напряжения.

### **Библиографический список**

1. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с.: ил.
2. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Руководство пользователя/ Санкт-Петербург: Производственный кооператив ТОР, 2010. – 345 с.
3. Качанов, А.Н. Классификация и область применения систем низкотемпературного индукционного нагрева с разомкнутыми магнитопроводами [Текст] / А.Н. Качанов, Н.А. Качанов, Д.А. Коренков // В сб.: Вестник МЭИ. – Москва: Изд-во МЭИ. – 2016. – С. 36 – 40.

4. Качанов А.Н. Исследование распределения основных параметров тепловых полей в системе «примыкающий индуктор – плоская нагрузка» с использованием программы «ELCUT» [Текст] / А.Н. Качанов, А.В. Гладышев, М.А. Шалимов // В сб.: Энерго – и ресурсосбережение – XXI век.: Материалы XIII международной научно-практической интернет-конференции, 15 марта – 30 июня 2015 г. – Орёл: Госуниверситет – УНПК, 2015. – С. 81 – 84.
5. Качанов А.Н. Исследование распределения температурного поля в плоской нагрузке [Текст] / А.Н. Качанов, А.В. Гладышев // В сб.: Энерго – и ресурсосбережение – XXI век.: Материалы XIV международной научно-практической интернет-конференции, 15 марта – 30 июня 2016 г. – Орёл: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2016. – С. 151 – 154.

*Головин А.Ю.*

## АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

*Липецкий Государственный Технический Университет  
coldsunrise94@yandex.ru*

В данной работе был проведён анализ устройства и работы вентильно-индукторного двигателя. Рассмотрены основные режимы управления двигателем и элементная база их реализации, выявлены недостатки и преимущества каждого из них. Осуществлён эксперимент по динамическому изменению зоны токового гистерезиса системы управления. Проведён анализ коммутирующих элементов с точки зрения частоты их коммутации и тепловых потерь в динамике. Вся работа была осуществлена с помощью программного обеспечения Matlab Simulink. В качестве модели для рассмотрения была принята базовая модель Switched Reluctance Drive из библиотеки программы. В ходе работы были сделаны выводы о возможности и целесообразности применения той или иной системы управления и проведён выбор оптимальных элементов системы управления.

На первом этапе работы были рассмотрены принцип работы вентильно-индукторного двигателя и устройство его системы, а также были сделаны выводы о различиях в типах конфигурации самих двигателей. В дальнейшем при рассмотрении системы управления в качестве основных режимов управления выделены:

- якорное управление (с помощью изменения частоты коммутации силовых элементов);
- адаптивное изменение угла управления (с помощью предварительного изменения углов управления датчика, установленного на якоре);
- изменение потока (с помощью управления потоком по отдельно выделенному каналу).

В самой работе непосредственно рассмотрены первые два метода. Экспериментально проверены теоретические предположения по реакции системы на изменение зон гистерезиса и углов управления. Отдельно рассмотрена элементная база, на которой построена система коммутирующих ключей управления. На базе предложенного в модели двигателя конфигурации 6/4 был проведён расчёт рабочих частот широтно-импульсной модуляции и частоты переключения коммутирующих элементов. Для решения этой задачи мною был предложен вариант автоматического расчёта частот, базирующийся на математических формулах актуальных для несимметричного управления вентильными двигателями. Внешний вид моделей представлен на иллюстрациях ниже (рис.1, рис.2).

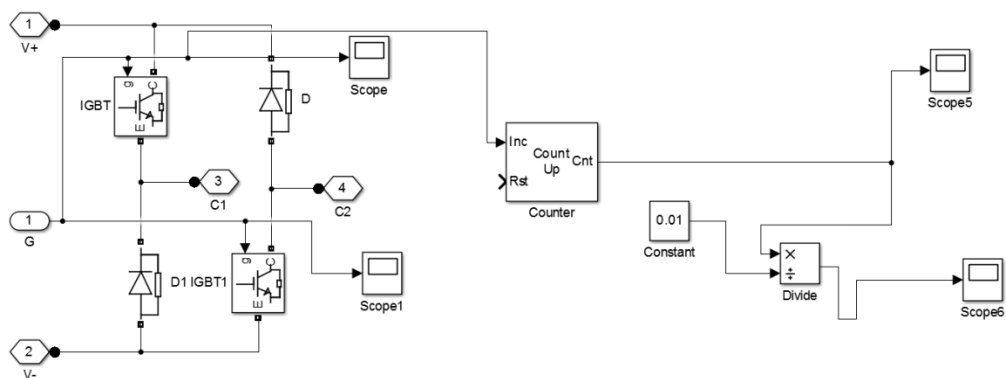


Рис.1 Схема для определения частоты переключения ключей

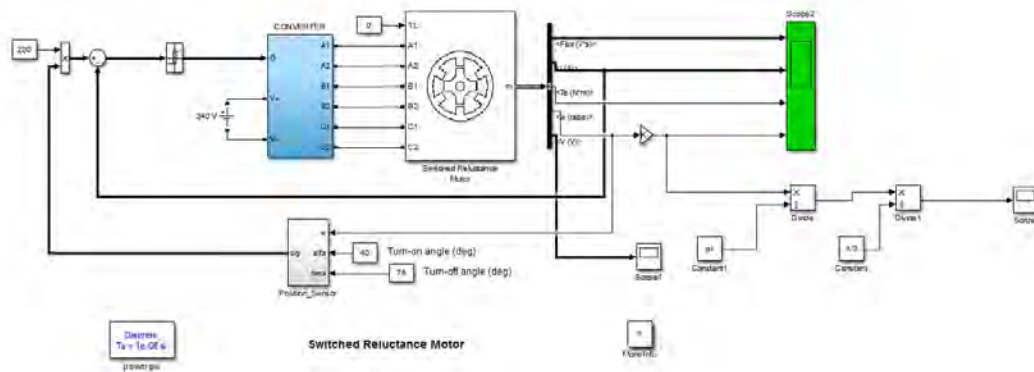


Рис. 2. Система управления ВИД с расчётом частоты ШИМ

С помощью вычисленных значений частот был произведён анализ тепловых потерь на различных видах коммутирующих элементов. Был сделан вывод, что с учётом величин данных потерь, а также необходимой частоты коммутации – в рассматриваемой системе возможно управление лишь с применением IGBT-тиристоров. Также в ходе работы был осуществлён подбор оптимальной для данного двигателя зоны управления и был проведён опыт по динамическому изменению данной зоны с учётом частоты модуляции. По результатам данного опыта были сделаны выводы о необходимости данного шага.

#### **Библиографический список**

1. Мещеряков, В.Н. Оптимизация взаимного положения векторов тока статора и магнитного потока асинхронного двигателя при векторном управлении [Текст] / В.Н. Мещеряков, П.Н. Левин – Известия высших учебных заведений. Электромеханика №1, 2006. – 25-27 с.

**Гутенев А.С., Ломов А.С.**

#### **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(asguten@gmail.com)*

Электрическая система – это совокупность электрических частей электростанций, электрических сетей и потребителей электроэнергии, связанных общностью режима и непрерывностью процесса производства, распределения и потребления электроэнергии. Режим работы электрической системы характеризуется значениями показателей её состояния, называемых параметрами режима. Все процессы в электрических системах можно охарактеризовать тремя параметрами: напряжением, током и мощностью. Для удобства расчетов и учета электроэнергии в сетях переменного тока принято разделение полной мощности на активную и реактивную мощность. Активная мощность производит работу и идет на потери в виде нагрева, реактивная мощность потребляется индуктивностями и электрическими ёмкостями для создания магнитного и электрического полей. Между нагрузкой и источником возникает обмен потоками энергии, суммарная мощность которого равна нулю, но при этом он вызывает дополнительные потери активной энергии, потери напряжения и снижает пропускную способность электрических сетей. Так как избежать подобных негативных воздействий невозможно, необходимо свести их к минимуму. В мировой практике для снижения потерь из-за циркуляции реактивной мощности широко применяются разного рода компенсирующие устройства (КУ).

Основным критерием оценки энергоэффективности распределительных электрических сетей, является уровень потерь при транспортировке электрической энергии. Величина потерь электроэнергии характеризует существующее техническое состояние оборудования, уровень эксплуатации распределительных электрических сетей, состояние систем учета электрической энергии.

Основным условием работы распределительной электрической сети с минимальными потерями является ее рациональное построение, с оптимальным режимом работы сети по активной и реактивной мощности, напряжению.

Внедрение новых энергоэффективных технологий должно быть неразрывно связано с повышением уровня квалификации обслуживающего персонала.

С точки зрения экономии электроэнергии и регулирования напряжения компенсацию реактивной мощности в распределительных сетях наиболее целесообразно осуществлять в точке её возникновения, а именно непосредственно на шинах нагрузки.

В настоящее время с существенным развитием полупроводниковой техники и средств автоматизации появилась возможность компенсировать реактивную мощность в преобразователе частоты, который является источником питания электрических приводов с переменной частотой, максимальным коэффициентом мощности и с максимальным к.п.д.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности как целенаправленная государственная политика вызвано к жизни целым рядом экономических тенденций, складывающихся в стране за последние два десятилетия. С одной стороны это – реформирование электроэнергетики, ликвидация РАО ЕЭС, снижение влияния государства на тарифные отношения поставщиков и потребителей энергоресурсов и нарастание стоимости энергии и услуг по ее поставке, с другой – замедление процессов развития производительных сил, экономического роста, затруднение, а порой невозможность получить энергию в нужных объемах, нужного качества, с нужной надежностью и по приемлемым ценам. [1]

Модернизированная электроэнергетика страны, как в процессе осуществления, так и после завершения модернизации, станет серьёзным фундаментом для модернизации и развития экономики страны.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Е.А. Печегина*

#### ***Библиографический список***

1. Литвак В.В. Реформирование электроэнергетики России и эффективное энергосбережение // itech-журнал интеллектуальных технологий. Томск: - 2011. № 18.
2. Энергоаудит – элемент современных энергосберегающих технологий в электроэнергетике / Ж.А. Зарандия, Е.А. Иванов / Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах: тезисы докладов 2-ей Международной конференции с элементами научной школы. / Министерство образования и науки Российской Федерации; Тамбовский государственный технический университет; Т.И. Чернышова, отв. ред.. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. с. 242-244

***Данилов А.С. Шеманаева Л.И.***

#### **СИСТЕМА КОРРЕКТИРОВКИ ФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКЕ НА ФАЗЫ.**

*Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярёва  
(sheluv@mail.ru, artemdanilov20@mail.ru )*

При токах свыше 15А на трансформаторах наблюдается неравномерность распределения нагрузки по фазам, что приводит к перегреву и выходу из строя трансформатора [1]. Следовательно, целью моей работы является создание и расчет схемы, позволяющей уравновесить неравномерность фаз.

Подключение нагрузки на разные фазы, которая всегда отличается и по величине, и по характеру - резистивная и реактивная (индуктивная и емкостная), в питающей сети возникает перекос фазных напряжений. Помимо вреда, который наносит электроэнергия низкого качества непосредственно электроприемникам, возникают уравнивающие токи, вызывающие дополнительный расход электроэнергии, и, соответственно, топлива, масла, охлаждающей жидкости при питании от генератора. Чем больше уравнивающий ток, тем больше потери электроэнергии. Чем больше напряжение смещения, тем выше риск повреждений, отключений, отказов, неустойчивой работы электроприемников, генератора электроэнергии, тем быстрее они изнашиваются, тем больше потребляют ресурсов [2]. Последствия перекоса фаз проявляются в увеличении электропотребления из сети; в неправильной работе электроприемников, их сбоях, отказах, отключениях, перегорании предохранителей, износе изоляции. Для трехфазных автономных источников неравномерность загрузки их фаз чре-

вата механическими повреждениями подшипников валов, подшипниковых щитов генератора и приводного двигателя, закоксовыванию форсунок, следовательно работа является актуальной [3].

Для решения задачи по устранению перекоса фазных напряжений и обеспечения заданного фазного напряжения необходимо использовать технологию, которая позволит выравнивать напряжение не на каждой из фаз по отдельности, а симметрировать фазы между собой, то есть симметрировать всю трехфазную систему. Такое устройство обладает значительно большей эффективностью, оно не только само потребляет меньше электроэнергии, но и снижает электропотребление из сети для электроприемников [4].

На основании анализа существующих схем симметрирования нагрузки, построена и рассчитана схема, почти полностью исключающая недостатки существующих, она представлена на рис 1.

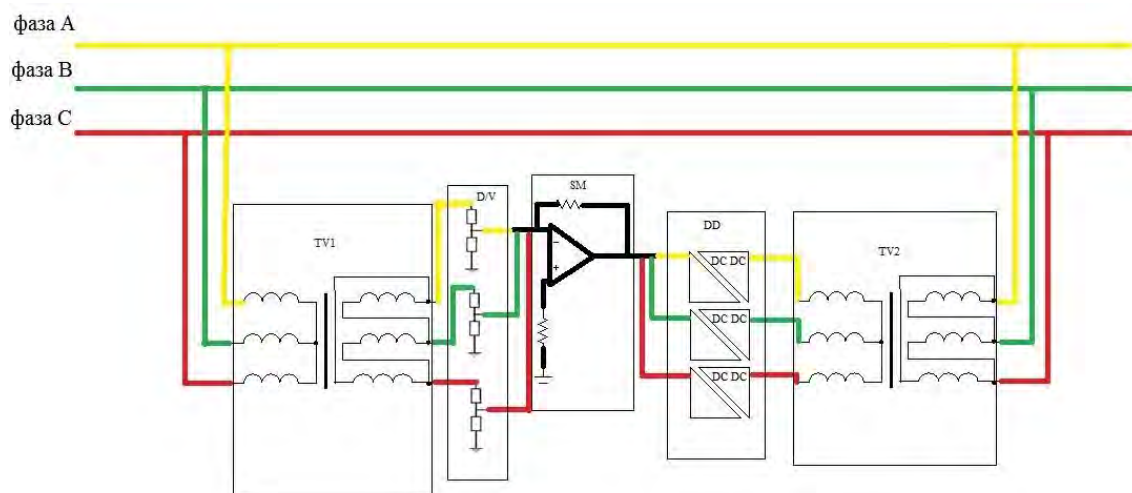


Рис.1 общая схема устройства: 1 – тр-р на который приходит нагрузка R; 2 – МК DCDC позволяющий снизить U для обработки на сумматор; 3 – сумматор вычисляющий  $U_{ср}$ . поступающее неравномерное напряжение с трансформатора 1, на трансформатор 2; 4 – МК DCDC позволяющий повысить U для обеспечения требуемой мощности; 5 – тр-р с выровненной нагрузкой

#### **Библиографический список.**

1. Федулов В.И Способ и средства симметрирования нагрузок в электрических сетях сельскохозяйственного назначения, диссертация, стр 130.
2. Костинский С.И. Снижение потерь электроэнергии в трансформаторах распределительных сетей внутренним симметрированием их нагрузок, диссертация, стр 325, 2013г.
3. Дерунов В.А. Методы и устройства симметрирования напряжений в системах электроснабжения, диссертация, стр 146, 2005г.
4. Закарюкин В.П. и др. Анализ схем симметрирования тяговых нагрузок железных дорог переменного тока., Закарюкин В.П, Крюков А.В., Иванов Е.С, Иркутский государственный университет путей сообщения 2013 № 4 (20) р. 68-73

*Докалина А.А.*

#### **ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Тольяттинский государственный университет  
dokalina2011@yandex.ru*

Возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ) являются одним из основных путей решения проблем энергоэкологического кризиса. Россия обладает большими запасами ВИЭ, что обусловлено ее географическим положением, размерами, особенностями ландшафта, климатическими условиями.

Четвертую часть всех запасов ВИЭ составляют ветроэнергетические ресурсы, значительная часть которых сосредоточена на Дальнем Востоке (30 %), Западной (16 %) и Восточной Сибири (16 %) в неэлектрифицированных районах. Территориальное распределение ветроэнергетических ресурсов дает возможность эффективно использовать их как в составе единой энергетической системы России, так и в качестве автономных ветроэнергетических установок (ВЭУ) для электроснабжения малых изолированных потребителей. [3, с.37]

Строительство ВЭУ включает в себя несколько этапов: выбор месторасположения ВЭУ; проектирование; строительство; эксплуатацию; демонтаж и восстановление ландшафта. На этапе проектирования ВЭУ осуществляется оценка перспектив проекта в целом, поэтому этот этап является наиболее важным.

В большинстве случаев эффективность проекта ВЭУ обусловлена только экономическими аспектами. Одним из наиболее значимых этапов экономической оценки проекта является технико-экономическое обоснование, в котором рассматривается возможность строительства ВЭУ с учетом затрат и экономического эффекта. Основные показатели для оценки стоимости проекта ВЭУ формируют две группы:

- первоначальные капитальные затраты – затраты на предварительные исследования, капиталовложения в оборудование ВЭУ, затраты на обслуживание (установка оборудования, доставка), дополнительные затраты (подключение к сети энергоснабжения, гарантийный ремонт), юридические затраты;

- годовые эксплуатационные затраты – страховка, рента, затраты на техническое обслуживание, размер амортизационных отчислений. [2, с 32]

К основным экономическим показателям при проектировании объектов ВЭУ так же относятся: сроки окупаемости; чистая прибыль, стоимость генерируемой электроэнергии.

Возможность реализации проекта ВЭУ часто исходит только из его рентабельности, но при этом не учитываются экологические и социальные аспекты.

Современные тенденции развития электроэнергетики выводят на первое место экологическую составляющую в проектировании объектов энергосистем. При оценке проектов ВЭУ важно учитывать не прямые результаты деятельности: сокращение потребления ископаемого топлива (ВЭУ мощностью 1МВт за 20 лет экономит 92 тыс. баррелей нефти); снижение уровня негативного воздействия на окружающую среду (сокращение объема вредных выбросов в атмосферу, водоемы, почву); снижение уровня негативного воздействия на флору и орнитофауну по сравнению с другими видами электрических станций. [1, с.12]

Оценка социальной эффективности проекта ВЭУ состоит в оценке воздействия работы ВЭУ на здоровье человека, а также оценке социальных рисков и должна учитывать такие показатели как: снижение уровня безработицы, сокращение социальных выплат государства по безработице, повышение уровня платежеспособности населения.

Таким образом, методы оценки перспективности реализации проектов ВЭУ должны быть комплексными и учитывать все три аспекта: экономический, социальный, экологический.

#### ***Библиографический список***

1. Ермоленко Б.В. Экологические аспекты ветроэнергетики / Б.В. Ермоленко, Г.В. Ярмоленко, Рыженков М.А [Электронный ресурс] URL: <http://www.wes-south.ru/Ecology.pdf>
2. Каргиев В.М. Ветроэнергетика руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности / В.М. Каргиев, С.Н. Мартиросов, В.П. Муругов, А.Б. Пинев, А.К. Соколовский, В.П. Харитонов. – М.: ИнтерСоларЦентр., 2001. – 62 с.
3. Кулаков А.В. Ветроэнергетика в России: проблемы и перспективы развития / А.В. Кулаков // Энергосовет. 2011. №5(18). с. 37-39.

***Дробышев М.А., Калинина В.Ф.***

#### **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
mishanay68@mail.ru*

Потери электроэнергии являются серьезным финансовым убытком энергетических предприятий. Они подвержены проявлению «человеческого фактора», отвлекают денежные средства сетевых компаний от решения других задач в области электроснабжения и имеют под собой организационные, экономические и юридические корни.



Структура потерь электроэнергии в электрических сетях, представлена на рис. 1.

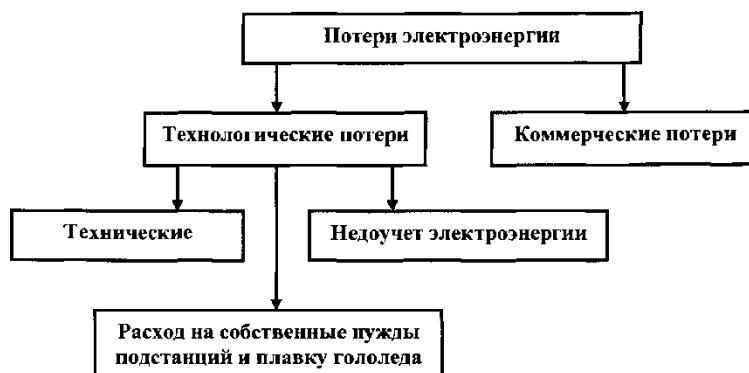


Рис. 1 Структура потерь электроэнергии

Отчетные потери являются величиной, состоящей только из двух составляющих - технических и коммерческих потерь [1]. При этом к техническим потерям отнесены собственно технические потери и расход электроэнергии на собственные нужды подстанций, а к коммерческим - все остальное. Рассмотрение коммерческих потерь через призму инструментальных потерь позволяет энергосбытовым организациям: во-первых, обеспечить легкую отчетность при обосновании потерь, а во-вторых, объявить в качестве основной меры борьбы с коммерческими потерями замену приборов учета на более точные.

Результаты исследований в этой области, изложены в [2, 3].

В общем случае составляющие коммерческих потерь электроэнергии здесь предлагается объединить в три группы:

- обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям;
- обусловленные занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности и хищений электроэнергии;
- обусловленные задолженностью по оплате за потребленную электроэнергию.

В то же время первую группу потерь, как было показано выше [1], предлагается классифицировать отдельно (инструментальные потери), т.к. она не находится в прямой зависимости от воздействия «человеческого фактора».

Коммерческие потери, обусловленные занижением полезного отпуска электроэнергии из-за недостатков в энергосбытовой деятельности, согласно [2, 3] включают несколько составляющих:

- потери при выставлении счетов;
- потери из-за несоответствия дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом;
- потери из-за расчетов потребленной электроэнергии абонентом на основе договоров безучетного электропотребления;
- потери из-за наличия бесхозных потребителей;
- потери от хищения электроэнергии.

Знание структуры потерь позволяет на основе последующего ее анализа выявить «очаги потерь» и наметить эффективные методы их устранения.

#### **Библиографический список**

1. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. - 280 с.: ил.
2. Воротницкий, В. Э. Коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях. Структура и мероприятия по снижению / В. Э. Воротницкий, В. Н. Апрыткин // Новости электротехники. Информационно-справочное издание. - 2002. - № 4.
3. Воротницкий, В. Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятия / В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина, Е. В. Комкова, В. И. Пятигор // Энергосбережение. - 2005. - № 2, № 3.

## **МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕКОНТРОЛИРУЕМОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*mishanay68@mail.ru*

В настоящее время энергосбыт ведет активную работу по обнаружению и борьбе с хищениями электроэнергии. Для выявления хищений электроэнергии контролеры предприятий энергосбыта планомерно обходят потребителей с проверками (не реже одного раза в год), в ходе которых проверяется правильность включения приборов учета электроэнергии, целостность мест пломбировки, правильность показаний и др. Однако эффективность таких проверок низка. Это обусловлено невозможностью изначального оперативного определения места и объема хищения электроэнергии. Кроме того, в силу существующей технологии электроснабжения и законодательства РФ оперативный доступ контролера к приборам учета электроэнергии может быть намеренно затруднен самими потребителями.

Методы выявления неконтролируемого (несанкционированного) потребления электроэнергии (НПЭ) можно разделить на расчетные и методы измерения.

К расчетным методам относятся:

- статистический метод [1];
- приближенный метод расчета;
- балансный метод, который основан на сравнении суммарных за некоторый интервал времени показаний приборов учета, установленных у потребителей электроэнергии, и показаний трехфазного счетчика электроэнергии, установленного в начале линии электроснабжения. Расчетная разность интерпретируется как коммерческие потери в линии электроснабжения от НПЭ.

К измерительным методам выявления НПЭ относятся:

- использование приборов для обнаружения скрытой электропроводки. Данные приборы регистрируют электрическое поле проводника, находящегося под напряжением. С помощью этого прибора контролеры легко могут обнаруживать скрытую электропроводку;

- использование счетчиков электроэнергии (СЭ) с защитой от хищений [2]. Такие счетчики формируют суммарный сигнал из сигналов, пропорциональных соответственно разности и сумме токов фазного и нулевого проводов цепи нагрузки. Затем формируют сигнал мощности из сигнала напряжения нагрузки и сигнала, характеризующего ток нагрузки. Далее преобразуют сигнал мощности нагрузки в сигнал тока или напряжения, а затем в частоту импульсного сигнала. Подсчет числа импульсов является результатом измерения. При этом преобразование в частоту импульсного сигнала выполняется независимо от направления мощности нагрузки;

- использование устройств для измерения электрической энергии с защитой от хищений. Эти устройства содержат внешний датчик мощности, подключенный до ввода в дом (например, на столбе ВЛ), и базовый блок (счетчик электроэнергии), подключенный после ввода в дом. Датчик мощности и базовый блок измеряют потребляемую мощность до ввода в дом и после ввода в дом. Путем сравнения мощностей определяется мощность НПЭ. В случае небаланса счетчик электроэнергии формирует сигнал на отключение нагрузки, либо переходит на учет электроэнергии по большему из двух показаний измерительных блоков. Связь между базовым блоком и внешним датчиком мощности осуществляется по проводам с помощью сигнала, передаваемого на фиксированных высоких частотах.

Анализ существующих методов выявления НПЭ позволяет сделать вывод, что вышеуказанные методы и выпускаемые электротехнической промышленностью приборы для выявления хищения электроэнергии недостаточно эффективны и поэтому дальнейшая разработка эффективных способов выявления НПЭ и защиты от хищения электроэнергии является актуальной.

### **Библиографический список**

1. Инструкция по расчету и анализу технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. И 34-70-030-87. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1987. - 34 с.
2. Способ измерения электрической энергии в двухпроводных сетях с защитой от хищения и устройством для его осуществления: пат. 2212673 Рос. Федерация: МПК<sup>7</sup> G01R11/24 / Порватов С. П., Осипов Ю. В., Кашков Г. С., Букреев Е. В.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Радио и микроэлектроника». - № 2001130420/09; заявл. 26. 10. 01; опубл. 20. 09. 03.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ  
С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ТОКА  
ДЛЯ DSP TMS320F28035 В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB SIMULINK**

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
alexevs94@gmail.com, wreditels@mail.ru, tolyanichlip@mail.ru

Как известно, преимущества построения системы управления асинхронным электрическим двигателем с применением релейного (гистерезисного) регулятора тока состоят в наиболее простом методе построения системы и возможности управления фазными токами напрямую. Основываясь на сравнении сигналов задания на ток и токовых сигналов обратных связей, регулятор выдает результирующие сигналы на управление ключами. При построении данной системы на исполняющем устройстве (микроконтроллере, цифровом сигнальном процессоре) возникает вопрос перенастройки модулей ШИМ, сконфигурированных под работу модулей синусоидальной и векторной широтно-импульсной модуляции [1].

Предлагаемый способ построения системы управления в программной оболочке MATLAB Simulink отличается возможностью производить моделирование, редактирование, отладку и компиляцию созданного проекта в одной среде. Также он позволяет минимизировать затраты времени и вероятность появления ошибок при переводе смоделированного проекта в исполняемый файл [2].

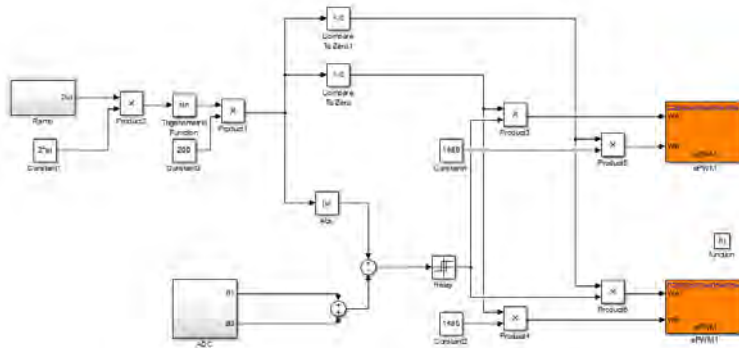


Рис.1. Программа системы управления асинхронным приводом с релейным регулятором тока для фазы А.

Построение программы заключается, в первую очередь, в настройке модулей прерываний, ШИМ и обработки сигналов обратных связей. Блоки ШИМ настраиваются таким образом, чтобы период модуляции был равен половине минимального для используемого инвертора периода коммутации ключей. Это позволяет корректно воспроизводить отработку импульсов с использованием релейного регулятора тока и при этом обеспечивать защиту от перегрева инвертора. Программа, построенная для одной из фаз двигателя, приведена на рис.1.

Описанная выше программа, выполняемая на DSP TMS320F28035, отрабатывает задание на синусоидальный ток фаз с погрешностью в 0,1%. Осциллограмма фазного тока приведена на рис.2.

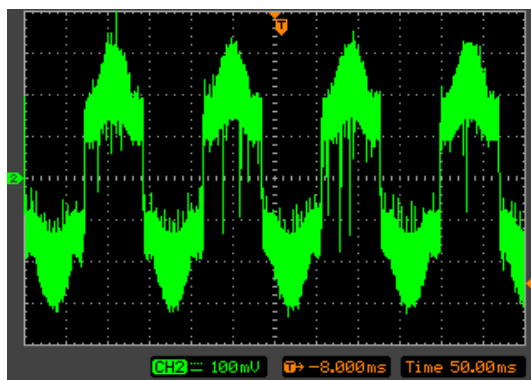


Рис.2. Осциллограмма измеренного токового сигнала фазы А.

### *Библиографический список*

1. Мещеряков В. Н., Хабибуллин М.М. Компенсация гармонических искажений и реактивной мощности в однофазных электрических сетях посредством параллельного активного фильтра электроэнергии на базе релейного регулятора тока / В. Н. Мещеряков, М.М. Хабибуллин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – №4. – С. 54-57.
2. Евсеев, А.М. Разработка алгоритма сопряжения программной среды MATLAB Simulink со средой генерации кода контроллера TMS320C2000 F28069 / А. М. Евсеев // Энергетика. Проблемы и перспективы развития: тезисы докладов первой региональной студенческой конференции, 21-22 дек. 2015 г., г. Тамбов/ ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – С. 52-53.

*Ефремов В. В., Зацепина В. И.*

### **МИНИМИЗАЦИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПУСКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

*«Липецкий государственный технический университет»*

*факультет автоматизации и информатики*

*(evv1993@yandex.ru, vizats@gmail.com)*

Аннотация: в работе проводится рассмотрение и анализ перенапряжений, возникающих в момент пуска двигателей конвейеров, а также способ их минимизации.

Пуск асинхронного двигателя сопровождается переходным процессом, обусловленным переходом ротора и механически связанных с ним частей исполнительного механизма из состояния покоя в состояние равномерного вращения, когда вращающий момент двигателя уравнивается суммой противодействующих моментов, действующих на ротор двигателя. Так же пуск и отключение могут сопровождаться перенапряжениями, вследствие длительного воздействия которых двигатели выходят из строя. Данные электродвигатели имеют фазный ротор. При подаче напряжения в обмотку статора, до начала работы УПТФ, действующее линейное напряжение на роторе наибольшее и составляет для двигателя 800 кВт – 940 В или 1330 В пикового значения (амплитуда линейного напряжения), для двигателя мощностью 500 кВт – соответственно 610 В или 860 В. Расчеты показали, что двигатель не перегружен. Среднеквадратичный ток в установившемся режиме составит 58,5 А (номинальный ток равен 93 А) или 62,9 % от номинального тока. Среднеквадратичный ток для режима пуска составляет 59,4 А или 63,9 % от номинального значения.

Перенапряжения также возникают во время пуска и вызваны коммутацией тиристорov УПТФ. Для случая двигателя мощностью 800 кВт, эти перенапряжения могут достигать 1700 В. Время действия перенапряжений незначительное, но повторение этих условий (коммутация продолжается все время пуска до наложения контактора) создает риск пробоя изоляции, что в условиях запыленности может также вызвать устойчивое перекрытие в области пробоя. Перенапряжения в данном случае более опасны на начальном этапе пуска, пока напряжение на роторе наибольшее.

Работа устройства УПТФ (трехфазной мостовой схемы выпрямления) при разгоне электродвигателя приводит к возникновению импульсов перенапряжения в момент коммутации тиристорov. Величина этих импульсов в отдельных случаях достигает величины 1700 В (при рабочем напряжении ротора 940 В), что характерно при работе на больших токах, т.е. в первые секунды работы УПТФ. В случаях пуска электродвигателя в режиме противотключения, данные значения возрастают пропорционально величине скорости движения назад. Эти импульсы перенапряжения, малой мощности, (длительность импульсов не превышает 0,05÷0,15 мсек.), не способны вызвать мгновенный пробой изоляции, но их многократное воздействие в условиях загрязнения токопроводящей пылью может привести, со временем, к пробоя изоляции в моменты времени, когда напряжение максимально, т.е. при пуске.

В целях снижения уровня возможных перенапряжений в цепи ротора, вызванных отключением статора при незавершенном пуске или коммутацией тиристорov пускового устройства, установить параллельно пусковому устройству УПТФ постоянно включенные дополнительные резисторы, соединенные по схеме звезда. Проведенный расчет переходного процесса и его моделирование позволили выбрать рациональное значение сопротивления двигателя с учетом пускового тока и рабочего напряжения ротора. Эти значения получились для двигателей АКЗ-13-59-6 (800 кВт) – 10,5 Ом, АКЗ-13-37-6 (500 кВт) – 6,5 Ом.

(На основании опыта эксплуатации в ПАО «НЛМК»)

### Библиографический список

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ / Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Часть 1, 1987 г.
2. Полупроводниковые преобразователи частоты для установок индукционного нагрева: Учеб. пособие / В.М. Яров, В.П. Терехов, А.Н. Ильгачев. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2005, 228 с.
3. Электрические аппараты: Учеб. Пособие / А.А. Чунихин. Москва: Изд-во Энергия 1975 г.
4. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / Под редакцией В.Я. Замятина. - М.: Радио и связь, 1987. - 576 с.: ил.
5. Епифанов, А. П. Основы электропривода: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 192 с.

**Жеребятьев Д.Н., Киселевич В.Л., Новиков И.А.**

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Тамбовский государственный технический университет  
njvikov68@bk.ru

В настоящее время инженерная инфраструктура городов представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов. Для обеспечения эффективности функционирования такой системы необходимо исследовать работу отдельных ее элементов как отдельно, так и во взаимосвязи друг с другом.

Происходящие преобразования в городских системах электроснабжения требуют серьезного рассмотрения вопросов качества электрической энергии (КЭ). Одним из важных вопросов КЭ на современном этапе является: анализ причин возникновения гармоник напряжения и тока в городских системах электроснабжения; количественная оценка высших гармоник тока, генерируемых различными нелинейными нагрузками; прогнозирование увеличения значений высших гармоник тока и напряжения и их влияния на потери электроэнергии; снижение уровней высших гармоник.

Возникновение гармоник связано с использованием электрооборудования со встроенными импульсными источниками питания, представляющие собой нелинейные нагрузки (компьютерная техника и т.д.), сопротивление которых изменяется с течением времени (рис. 1).

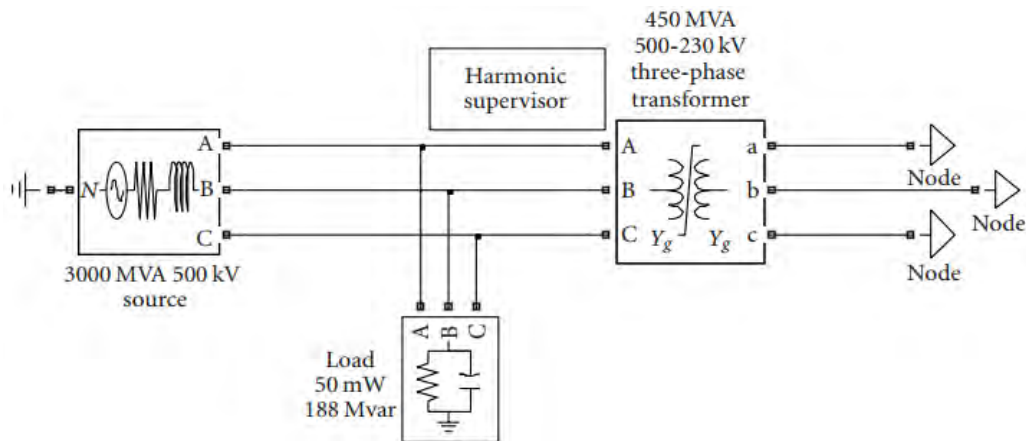


Рис.1 Система электроснабжения при наличии источника гармонических искажений тока и напряжения

Ток, потребляемый этими источниками, имеет ярко выраженный импульсный характер. Это объясняется схемными особенностями импульсных источников питания, а именно наличием сетевого выпрямителя (диодного моста) и сглаживающего емкостного фильтра. При приближении кривой питающего напряжения к максимальному значению электронные вентили диодного моста скачкообразно меняют свое сопротивление от бесконечности до определенного малого значения. Подобный характер изменения сопротивления вентилей рав-

носятся включению или отключению им нагрузки. Периодическое включение и отключение приводят к появлению коротких импульсов тока и искажению формы кривой синусоидального тока (рис. 2).

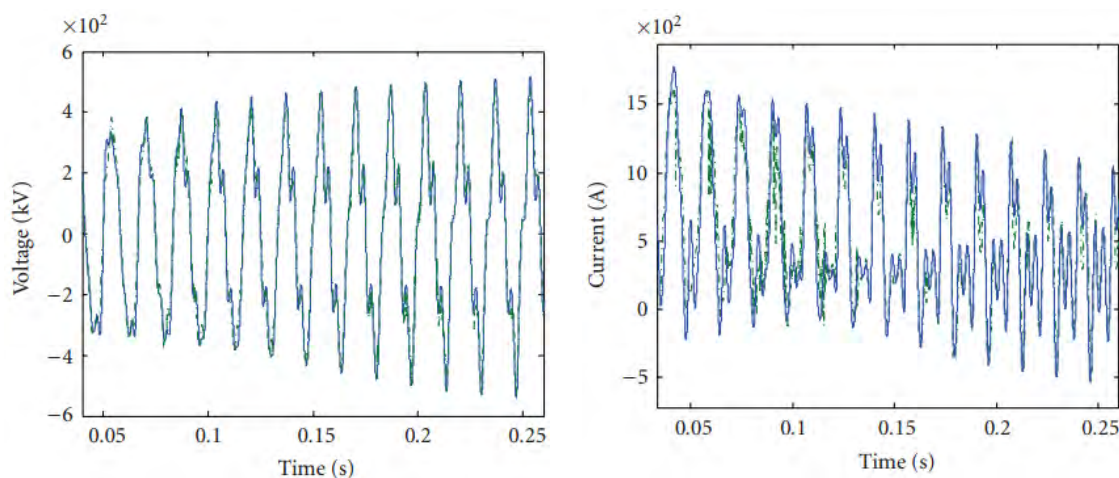


Рис. 2. Кривые напряжения и тока при питании от источника гармонических искажений

К последствиям гармоник тока, которые влияют на энергоэффективность работы электрических сетей, можно отнести: потери в линиях электропередач; дополнительные потери в силовых трансформаторах (вплоть до выхода из строя); снижение коэффициента мощности электроустановок. Дальнейшее использование бытовой техники без применения мер по снижению гармоник, может привести к увеличению  $K_U$  до предельно допустимого значения 12 %. Увеличение тока в нулевом проводе вызывает дополнительные потери электроэнергии, как в проводниках, так и в трансформаторах: потери короткого замыкания трансформатора зависят от величины тока в нулевом проводе [2].

Таким образом, в настоящее время при строительстве объектов необходимо рассматривать вопрос влияния характера нагрузки потребителей на качество электрической энергии и уже на стадии проектирования закладывать технические решения по снижению уровня гармоник в электрических сетях.

#### **Библиографический список**

1. Петухов, В. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / В. Петухов // Новости электротехники. – 2009. – № 5. – С. 59.
2. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев // Новости электротехники. – 2002. – № 6. – С. 18–19.

**Зенченко В.О., Лебедева М.В., Яштулов Н.А.**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ**

*Московский технологический университет, МИТХТ  
(Институт тонких химических технологий), г. Москва  
e-mail: vitality@mitht.ru*

Пористый кремний обладает большой площадью поверхности пор при высокой коррозионной и физической устойчивости, что позволяет его использовать для создания композиционных материалов. Кроме того, материалы на его основе легко интегрируются в электронику, что позволяет их использовать в топливных элементах, питая при помощи них отдельные агрегаты, делая их работу абсолютно автономной от электросети.

Получение пористого кремния производилось методом анодного травления монокристаллического кремния в водно-спиртовых растворах плавиковой кислоты, что позволило создать образцы мезопористого кремния древовидной структуры с глубиной пористого слоя до 1 мкм и диаметром пор от 20 до 50 нм. Данные параметры подложки позволят получить высокую удельную поверхность для размещения на ней частиц катализатора, в качестве которых используются обычно частицы металлов [1-3]

Методом синтеза в водно-органических растворах обращенных микроэмульсий были получены наночастицы платины. В качестве восстановителя соли платины был использован борогидрид натрия, что позволило максимально снизить влияние продуктов реакции на полученные наночастицы [3-5]. Также использование в качестве ПАВ бис(2-этилгексил) сульфосукцината натрия позволило сформировать наночастицы с малым и узким распределением по размерам. Кроме того, данный метод синтеза позволяет при помощи изменения степени солюбилизации  $\omega = [\text{H}_2\text{O}]/[\text{ПАВ}]$  влиять на размер получаемых наночастиц. В эксперименте были использованы значения  $\omega = 5$  и 8. [6]

Методом пропитки пористых слоев кремния обратно-эмульсионным раствором удалось создать композиты с равномерным распределением наночастиц по поверхности и в глубине пористого слоя. По данным электронной микроскопии было установлено, что полученные наночастицы закрепились на матрице-подложке и имеют сферическую форму со средним диаметром от 2 до 7 нм [3]. Исследования методами РФА и EDAX позволили исключить наличие оксидов на поверхности металлических наночастиц.

При помощи метода циклической вольтамперометрии были установлены электрокаталитические характеристики композита, где наиболее высокие результаты показали образцы на базе пористого кремния n-типа со степенью пористости 64%. Также образцы полученные с использованием обратно-эмульсионных растворов со значением степени солюбилизации 5 показали более высокие характеристики, чем при значении 8 (табл. 1).

Материалы, созданные по данной технологии, проявляют высокие электрокаталитические характеристики, что позволяет использовать их в качестве электродных материалов при изготовлении ТЭ.

Таблица 1 Электрокаталитические характеристики образцов Pt/Ps.

| Тип проводимости | Степень пористости, % | $\omega$ | ESA, А/м <sup>2</sup> | d, нм      |
|------------------|-----------------------|----------|-----------------------|------------|
| n                | 42                    | 5        | 98                    | 2,8        |
|                  |                       | 8        | 86                    | 3,2        |
|                  | 64                    | <b>5</b> | <b>171</b>            | <b>1,6</b> |
|                  |                       | 8        | 126                   | 2,2        |
| p                | 42                    | 5        | 86                    | 3,2        |
|                  |                       | 8        | 72                    | 3,9        |
|                  | 64                    | 5        | 154                   | 1,8        |
|                  |                       | 8        | 120                   | 2,3        |

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (грант № 16-38-00871-мол\_а).*

#### **Библиографический список**

1. Kobayashi, M.; Suzuki, T.; Hayase, M. Journal of Power Sources, 2014, V. 267. P. 622-628.
2. Borghei, M.; Scotti, G.; Kanninen, P. Energy, 2014, Vol. 65, P. 612-620.
3. Н. А. Яштулов, В. О. Зенченко, М. В. Лебедева, В. М. Самойлов, О. Х. Каримов, В. Р. Флид // Изв. АН. Сер.хим. 2016. №1. С. 133-138.
4. Ji-Hyang Noh, RapelangPatala, ReinoutMeijboom // Applied Catalysis A: General. 2016. №514. P. 253–266.
5. AnirbanDandapat, AnuradhaMitra, Prateek K. Gautam and Goutam De // Nanomater. andnanotechnol. 2013. Vol. 3, P. 1-7.
6. M. Sanchez-Dominguez, M. Boutonnet // Catalysts. 2016. Vol. 6 (1), Is. 4. P. 1-5.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Тамбовский государственный технический университет  
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана  
(vlladimirka@gmail.com)

Точный прогноз потребления электрической энергии – залог энергоэффективной системы. В настоящее время для прогнозирования потребления электроэнергии все чаще находят применение искусственные нейронные сети (НС). Они нелинейные, позволяют игнорировать большое количество факторов, влияющих на результат прогнозирования, что делает их гораздо эффективнее классических способов, таких как математическая статистика.

Для работы с НС необходимо решить две задачи. Первая задача – выбор конфигурации сети. Наиболее универсальным типом нейронной сети является НС с обратным распространением ошибки (backprop), которая и будет использоваться. Касательно количества слоев и типов функций активации была выбрана двуслойная НС с 10 нейронами в скрытом слое с функцией активации типа *logsig*, и 2 нейронами в выходном слое с функцией активации типа *purelin*. Вторая задача состоит в эффективном применении находящихся в наличии первичных данных, иначе говоря, вид представления данных первичных данных нейронной сети. Именно это и будет исследоваться в ходе данной работы.

Имея почасовые данные за каждый день каждого месяца в течении пяти лет было выбрано три варианта представления данных – помесечное, подневное и почасовое.

Анализируя полученные результаты, можно сказать о том, что наибольшую точность прогнозирования удалось получить методом почасового прогноза, усредненная ошибка составила 5,75%. На втором месте находится помесечный прогноз, усредненная ошибка составила 6,5%. Самую большую ошибку имеет подневный метод прогнозирования, ошибка составила 9,1%.

Из результатов проведения исследования можно сделать вывод: точность предсказания не зависит от количества данных в одной итерации, но зависит от девиации первичных данных. Чем больше девиация – тем больше ошибка, независимо от количества обучающих фрагментов.

**помесечное, подневное и почасовое.**

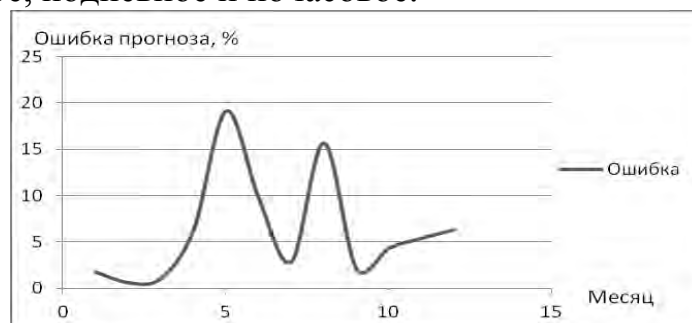


Рис.1. Результаты помесечного прогнозирования данных  
Рис.1. Результаты помесечного прогнозирования данных

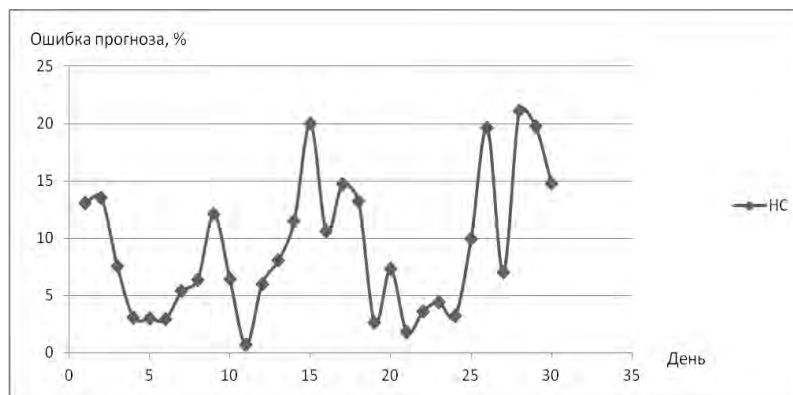


Рис.2. Результаты подневного прогнозирования данных  
Рис.2. Результаты подневного прогнозирования данных



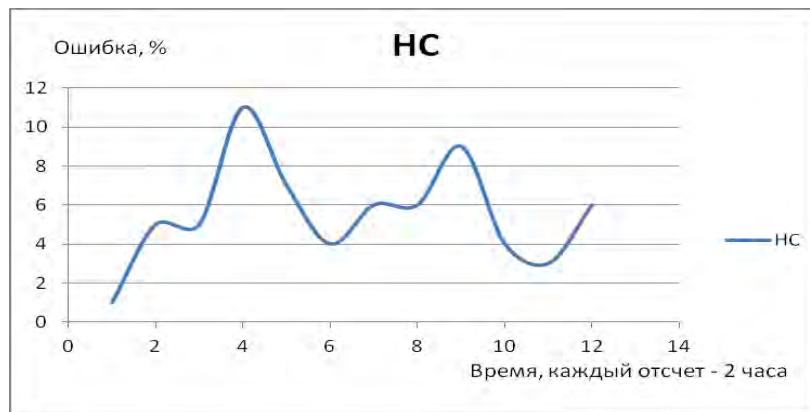


Рис.3. Результаты точечного прогнозирования данных

#### Библиографический список

1. Нейронные сети и фрактальное моделирование электроэнергетических систем. Кочергин С.В., Кобелев А.В., Хребтов Н.А. Fractal Simulation. 2012. № 1 (3). С. 6-15.

*Моторина Н.П. \*, Иванов Е.А. \*\**

#### ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

*\*Старооскольский технологический институт им.А.А. Угарова (филиал)  
НИТУ «МИСиС», Россия, Старый Оскол  
(e-mail: motorina\_np@mail.ru)*

*\*\*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: gemini77ea@gmail.com)*

Эффективным средством улучшения энергетических показателей однофазно – переменного тока является устройство компенсации реактивной мощности (УКРМ) с зонно–фазовым регулированием. Техническим результатом компенсации реактивной мощности потребляемой электроэнергии, является уменьшение потерь энергии, возникающих при прохождении реактивных токов и токов обратной последовательности; увеличение пропускной способности сети; повышение и стабилизация уровня напряжения на шинах подстанции и вследствие этого улучшение качества напряжения у районных потребителей.

УКРМ повышают коэффициент мощности и уменьшают тепловые потери:

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \phi}, \quad (1)$$

где  $P$  – активная мощности;  $R$  – приведенное активное сопротивление сети.

Вопрос целесообразного применения вышеуказанных УКРМ связан со случайным характером нагрузки и ориентированием на максимально возможные токи, а не на наиболее вероятную область их значений с учетом достигаемого эффекта.

Среднестатистическое отношение токов плеч питания

$$\tilde{n}_{cp} = \frac{I_{np.cp}}{I_{л.ср.}} \quad (1)$$

где  $K_{ЭГ}$ – коэффициент эффективности кривой тока нагрузки.

Снижение потерь мощности в питающей сети при включение нерегулируемых и регулируемых тиристорных УКРМ по можно оценить по кривым отношений средних потерь мощности  $\Delta P_k$  при компенсации к потерям мощности без компенсации  $\Delta P_t$  соответственно для каждой из схем:

$$\frac{\Delta P_K}{\Delta P_T} = \frac{(n_{cp}^2 + 2n_{cp} + 8) \cos^2 \phi}{2n_{cp}^2 + n_{cp} + 2} \quad (2)$$

Кривые отношений  $\Delta P_K / \Delta P_T$ , построенные с использованием формул (3) и (4) представлены на рис. 1. Использование УКРМ, работающая как в емкостном, так в индуктивном режимах, гарантирующий благоприятный баланс по расходу энергии вследствие перекомпенсации реактивной мощности, дает дополнительное снижение потерь мощности, характеризуемым кривой 3.

Расчет оптимального распределения заданной мощности конденсаторной батареи и места их установки с учетом характера нагрузки и влияния уравнивающих токов с на тяговых подстанциях применением метода неопределенных множителей Лагранжа приведены.

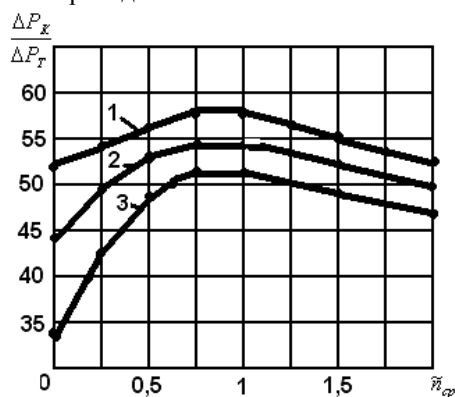


Рис. 1.

Очевидно, что экономическую эффективность регулируемых ИРМ, их оптимальную мощность и место установки следует определять в каждом конкретном случае с учетом характера нагрузки, влияния уравнивающих токов, качества напряжения у районных потребителей. В первую очередь вопрос о целесообразности применения регулируемых источников реактивной мощности необходимо решать для участков неравномерностью и значительной величиной нагрузки.

#### **Библиографический список**

1. Кобелев, А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления 13.03.02 «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печегин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. Опт. Диск (CD-ROM) - Загл. с экрана
2. Зарандия, Ж.А. Основные вопросы технической эксплуатации электрооборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ж.А. Зарандия, Е.А. Иванов. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с экрана

*Джапарова Д.А., Кагдин А.Н.*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир Хана  
Тамбовский государственный технический университет  
79027222272@ya.ru*

Отличительной особенностью электроэнергетического комплекса является непрерывность производства и потребления электрической энергии и невозможность ее запастись в значительном количестве. Управление режимами функционирования электроэнергетических систем затруднительно без применения методов прогнозирования электрической нагрузки. Прогнозирование, основанное на различных факторах (таблица 1), позволяет осуществлять оптимизацию и планирование потребления электроэнергии. [1]

Таблица 1. Факторы влияющие на график нагрузки электропотребления

| Факторы      | Социально-экономические                                                                                                                                                                                                                   | Метеорологические                                                                                                                                            |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Циклические  | Время (час суток)<br>День недели<br>Тип дня недели                                                                                                                                                                                        | Температура воздуха<br>Продолжительность светового дня<br>Время восхода и захода солнца.                                                                     |
| Естественные | Индивидуальная производственная программа работы крупных промышленных объектов<br>Продолжительность отопительного периода<br>Использование альтернативных источников электроснабжения<br>Ввод в эксплуатацию крупных энергоемких объектов | Атмосферное давление<br>Относительная влажность воздуха<br>Направление ветра<br>Скорость ветра<br>Облачность<br>Осадки<br>Горизонтальная дальность видимости |
| Случайные    | Аварии на крупных промышленных объектах                                                                                                                                                                                                   | Резкие кардинальные изменения погодных условий                                                                                                               |

Существующие методы прогнозирования можно разделить на следующие: классические (аналитические методы, статистические методы, вероятностные методы.) и интеллектуальные (экспертные системы; искусственные нейронные сети; клеточные автоматы; метод опорных векторов, метод группового учета аргументов; хаотические методы; метод информационный проходки). При этом недостатком классических методов является низкая точность, а также трудоёмкость и сложность вычислений, так как необходимо получение наиболее полного описания всех параметров электроэнергетической системы, а также их влияния друг на друга. В то время как интеллектуальные методы обладают рядом преимуществ – это более высокая точность вычисления прогнозных показателей; возможность использования неполных и искаженных данных; возможность учета дополнительных факторов.

Наибольшее распространение в прогнозировании электроэнергетической нагрузки в последнее время находят методы, основанные на искусственных нейронных сетях.

Простейшую схему модели нейрона можно представить в следующем виде:



Рис.1. Нелинейная модели нейрона

При выборе модели нейронной сети при решении задач прогнозирования электроэнергетических нагрузок необходимо учитывать ее размерность, а точнее количество слоев и количество нейронов в слоях. Низкая точ-

ность расчетов связана с недостаточным размером сети, в тоже время, большая размерность увеличивает длительность обучения и повышает сложность решаемой задачи. В этой связи, каждая конкретная задача решается экспериментальным путем, а критерием является погрешность прогноза. [2]

### Библиографический список

1. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. – Невинномысск, 2006.
2. Нейронные сети и фрактальное моделирование электроэнергетических систем. Кочергин С.В., Кобелев А.В., Хребтов Н.А. Fractal Simulation. 2012. № 1 (3). С. 6-15.

*Джапарова Д.А., Кагдин А.Н.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир Хана  
Тамбовский государственный технический университет  
79027222272@ya.ru*

Современные жилые здания насыщены большим количеством электроприемников (бытовое и силовое электрооборудование), влияющими на качество электрической энергии [1]. В последнее время все чаще встречаются дома с умными технологиями, позволяющие эффективно потреблять энергию.

В настоящее время для расчета электрической нагрузки жилых зданий используют методику, изложенную в СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». Однако, она разрабатывалась с учетом уже устаревших для нашего времени стандартов, существующих в 70-х - 80-х годах прошлого столетия. Таким образом, существующие методы расчета не обеспечивают необходимую точность, что делает актуальным проведение научных исследований по уточнению и корректировке имеющихся методик.

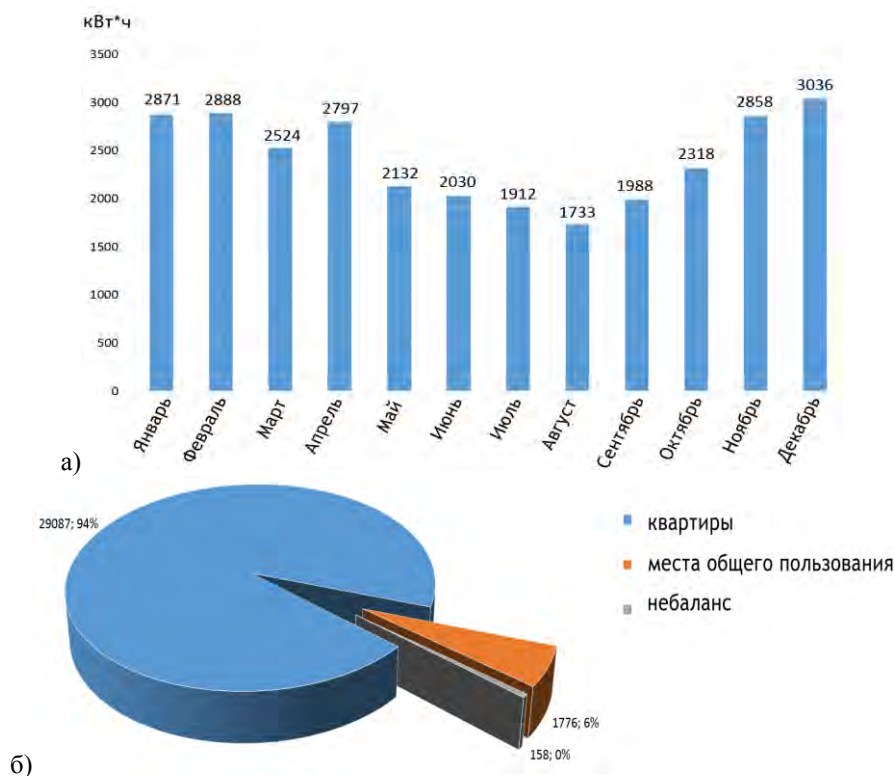


Рис.1. Измеренные показания потребленной электроэнергии за 2015год.

Удельное электропотребление в домах с централизованным теплоснабжением ниже, чем в домах, где оно отсутствует. Для современного уровня электрификации быта зависимость между средним электропотреблением  $W$ , кВт·ч, и средней установленной мощностью  $P_{уст}$  выражается уравнением:

$$W = a + b \cdot \overline{P_{уст}} \quad (1)$$

где:  $\overline{P_{уст}}$  — средняя установленная мощность электро-приемников в квартире, без учета мощности электроплиты, кВт;  $a = 617$  для газифицированных квартир,  $a = 1395$  для квартир с электроплитами;  $b = 159$  для газифицированных квартир,  $b = 280$  для квартир с электроплитами.

В качестве объекта исследования был выбран, одноподъездный шестиэтажный многоквартирный жилой дом (МКД) типовой конструкции: Домкон-1. Годовое потребление электроэнергии которого представлено на рис. 1. Электроснабжение дома осуществляется от трансформаторной подстанции (ТП) 10/0,4 кВ с трансформатором 1250 кВА. Расчётную электрическую нагрузку квартир ( $P_{кв.}$ ) можно определить в соответствии с СП 31-110-2003 по формуле (2):

$$P_{кв.} = P_{кв.уд} \cdot n = 2 \cdot 16 = 32 \text{ кВт} \quad (2)$$

где:  $P_{кв.уд}$  - удельная нагрузка электроприемников квартир, кВт/квартиру;  $n$  – число квартир.

Однако, фактические значения электрических нагрузок квартир, в день наблюдения максимумов нагрузок по МКД составили 14,54 кВт, что 2,2 раза меньше по сравнению с фактическими данными.

В реальности завышение расчётной электрической нагрузки оказывается выше, так как суммарная фактическая нагрузка определяется не сложением максимумов нагрузок отдельных нагрузок, а их мгновенных значений, максимумы которых не всегда совпадают. В связи с выше сказанным, актуальным является проведение дополнительных научных исследований режимов нагрузки жилых зданий.

### Библиографический список

1. Влияние характера нагрузки на качество электрической энергии. Калинин В.Ф., Кочергин С.В., Кагдин А.Н. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2014. № С52. С. 71-74.

**Кагдин А.Н., Носуров А.В., Корсун А.Р., Сафронов В.И.**

### НАДЁЖНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ ШИНОПРОВОДОВ

Тамбовский государственный технический университет  
(ee@mail.nnn.tstu.ru)

Краевой острый вырез с перегибом, также как и отверстие, нарушает полевую симметрию тока, но в большей степени [1]. Поэтому надёжность шинпровода заканчивается тогда, когда наступает его разрушение, причем при меньших плотностях тока, чем при наличии технологических отверстий.

Проанализируем электромагнитную ситуацию вокруг острого выреза и представим механизм разрушения (рис.1).

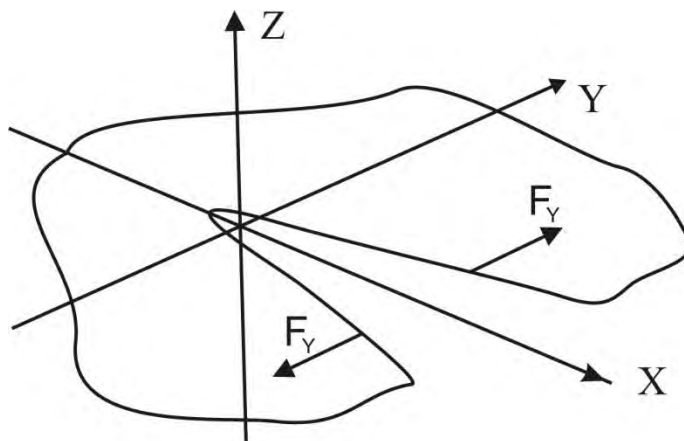


Рис.1. Механизм разрушения.

Сила, расщепляющая берега выреза, по закону Ампера равна:

$$F_y = i \mu_0 H \ell_T \quad (1)$$

где  $i$  - ток (А),  $\mu_0$  - магнитная постоянная, равная  $4 \pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м,  $H$  - напряженность магнитного поля (А/м),  $\ell_T$  - длина выреза (м).

С другой стороны по закону Био-Савара:

$$H = \frac{i}{2\pi\Delta} \quad (2)$$

где  $\Delta$  - расстояние между берегами выреза или его вскрытие (м). Подставив выражение (2) в (1) получим:

$$F_y = \mu_0 \frac{i^2}{2\pi\Delta} \ell_T \quad (3)$$

При неизменном вскрытии и постоянном токе механические напряжения от пондеромоторных сил равномерно распределены по сечению шинопровода и не зависят от длины острого выреза. Согласно основному положению механики разрушения [2], трещина начинает расти, когда коэффициент интенсивности напряжений достигает критического значения. При одноосном растяжении тонкой пластины  $K_{IC}$  зависит от протяженности пластической области перед вершиной трещины и предела текучести материала. Полагая, что протяженность пластической зоны соизмерима с радиусом при вершине  $a$  получим:

$$a = \frac{K_{IC}^2}{\sigma_T^2} \quad (4)$$

Следовательно, начало разрушения возможно при  $K_I = K_{IC}$ , где  $K_{IC} = \sigma_y \sqrt{\pi \ell_T}$ ,  $\sigma_y = \sigma_T$  - механические напряжения от пондеромоторных сил  $F_y$  [2]. Подставляя выражение (3) в (4) при вышесказанных условиях, получим критическое значение плотности тока, свыше которого начинается разрушение:

$$j_{кр} = \frac{\Delta}{hb} \sqrt{\frac{\pi \sigma_T}{\mu_0}} = \frac{1,77 \Delta}{hb} \sqrt{\frac{\sigma_T}{\mu_0}} \quad (5)$$

Таким образом, пондеромоторное действие токов вдоль берегов острого выреза не зависит от его протяженности, их критическое значение одинаково как для «длинных», так и для «коротких» вырезов в шинопроводе. С другой стороны при обтекании выреза током, возникает магнитное поле на «полувитке» его вершины, которое порождает механические напряжения, обусловленные пинч-эффектом.

Значение плотности тока начала разрушения:

$$j_{кр} = \frac{\pi \Delta}{hb} \sqrt{\frac{\sigma_T}{2\mu_0}} = \frac{2,22 \Delta}{hb} \sqrt{\frac{\sigma_T}{\mu_0}} \quad (8)$$

Таким образом, для достижения напряжений пинч-эффекта до предела текучести проводника в вершине острого выреза необходимы большие токи вдоль его берегов, чем при пондеромоторном их взаимодействии.

Например, для алюминиевых шин толщиной  $h=10^{-2}$  м, шириной  $10^{-1}$  м и вскрытии острого выреза  $\Delta=10^{-3}$  м критическое значение тока согласно (8)  $j_{кр}=2,5 \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup>.

#### Библиографический список

1. В.М. Иванов, В.А. Кинерман и др. Механизмы разрушения металлов с трещинами под действием электромагнитного поля. Физика и химия обработки материалов. – 1983. - №6. - С.48 -52.
2. Нотт, Дж.Ф. Основы механики разрушения / Дж.Ф. Нотт. - М.: Металлургия, 1978. -256 с.

## РАЗРАБОТКА ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СО СТАБИЛИЗИРУЮЩИМ ЭФФЕКТОМ ДЛЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I  
(kimkk@inbox.ru, a.a.tkachuk@mail.ru)

Увеличение пропускной способности высокоскоростных железнодорожных магистралей ведет к росту требуемой мощности тяговой подстанции постоянного тока. При токовых перегрузках уровень напряжения на шинах подстанции снижается ниже допустимого значения. Существующие способы поддержания напряжения на уровне 3,3 кВ обладают рядом недостатков, среди которых основными являются увеличение затрат на обслуживание и ремонт системы питания, снижение надежности существующей системы стабилизации, дискретное регулирование напряжения подстанции. Решить данную проблему позволит использование трехфазного трансформатора, обладающего функцией стабилизации напряжения на вторичной обмотке.

Конструкция трансформатора представлена на рис.1, в нее входят элементы: 1-ядро, 2-стержень, 3-первый подстержень, 4-второй подстержень, 5-первая секция вторичной обмотки, 6-вторая секция вторичной обмотки, 7- короткозамкнутая обмотка, 8-первая секция первичной обмотки, 9- вторая секция первичной обмотки.

Первая секция 5 вторичной обмотки имеет больше число витков, чем вторая секция 6 ( $w_{21} > w_{22}$ ), число витков короткозамкнутой обмотки 7 в 6 раз меньше числа витков первой секции вторичной обмотки, первая 8 и вторая 9 секции первичной обмотки имеют одинаковое число витков ( $w_{11} = w_{12}$ ). Подстержни имеют одинаковые площади поперечных сечений. Работа трансформатора заключается в следующем. Переменные магнитные потоки, протекающие в подстержнях трансформатора, сцепляются с первыми и вторыми секциями первичных и вторичных обмоток трансформатора, а также с витками короткозамкнутой обмотки. В номинальном режиме работы трансформатора амплитудное значение индукции магнитного поля первого подстержня  $B_{m1} = 1,55$  Тл, второго –  $B_{m2} = 1,88$  Тл (для стандартного трехфазного трансформатора  $B_m = 1,55 \div 1,65$  Тл). Такое неравномерное распределение магнитной индукции по стержням связано с компенсацией основного магнитного потока первого подстержня магнитным потоком, создаваемым током короткозамкнутой обмотки ( $I_k = 1300$  А).

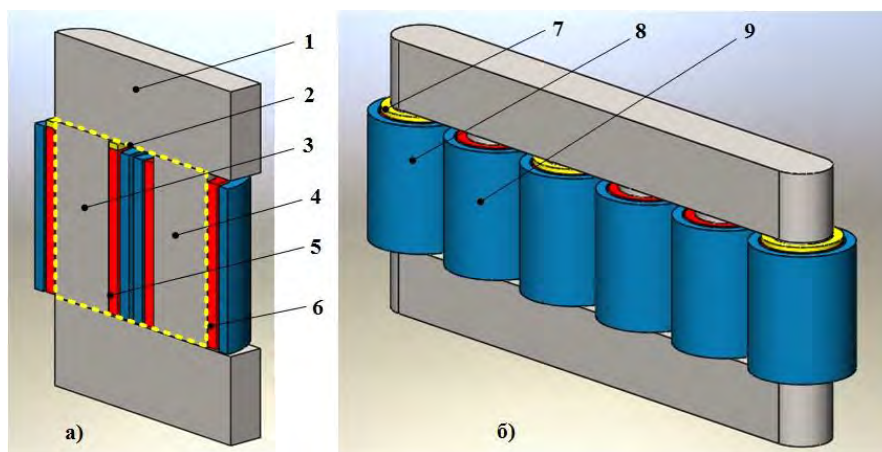


Рис.1 – Трехфазный трансформатор  
а) фаза «А» в разрезе, б) конструкция трансформатора

При увеличении тока вторичной обмотки трансформатора соотношение между магнитодвижущими силами первых секций первичной и вторичной обмоток, а также короткозамкнутой обмоткой изменяется, часть магнитного потока второго подстержня перетекает в первый, при этом  $\frac{d\mu_1}{dl_2} > \frac{d\mu_2}{dl_2}$ . Изменение магнитных проницаемостей материалов подстержней приводит к изменению индуктивностей секций обмоток. Расчетным путем можно определить токовый диапазон, при котором напряжение вторичной обмотки будет изменяться не более чем на 1% от своего номинального значения 2710 В. В результате математического моделирования установлено, что стабилизирующий эффект проявляется при  $I_2 = 1100 \div 2000$  А.

Разработанное устройство имеет универсальный характер, поэтому может использоваться не только на тяговых подстанциях, но также и на распределительных подстанциях напряжением 110-220 кВ.

### Библиографический список

1. Пат. 146074, Российская Федерация МПК H01F30/12. Трансформаторный агрегат для электрифицированных железных дорог переменного тока / Ким К.К., Титова Т.С., Ткачук А.А.; заявитель и патентообладатель Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. - № 2014117369/07; заявл. 29.04.2014; опубл. 27.09.2014. Бюл. № 27. 4 с.

**Кобелев А.В., Кагдин А.Н., Носуров А.В., Иванов В.М.**

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ УДАЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В ЛОПАСТЯХ ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

*Тамбовский государственный технический университет  
(ee@mail.nnn.tstu.ru)*

Различные дефекты, возникающие при работе ветровых электроустановок в алюминиевых лопастях генератора, способствуют увеличению интенсивности механических напряжений и могут привести к раннему разрушению конструкции. Кроме того, несовершенства сплошности сильно влияют на экологическую безопасность по уровню шумов в спектре инфразвука. Избавить от дефектности структуры металлического массива поможет электромагнитное поле определенной ориентации по отношению к лопастной плоскости. Сущность заключается в пропускании ортогонально дефекту тока, достаточного для создания локальной зоны расплавления и наложения внешнего магнитного поля, ориентированного встречно полю тока. В результате жидкий металл, образовавшийся в вершине дефекта, заполняет его и при кристаллизации заваривает эту полость.

Для оценки этого процесса воспользуемся уравнением Навье-Стокса в описании капиллярного движения электропроводящей жидкости между двумя параллельными проводящими плоскостями, отстоящими на расстоянии  $\Delta$  друг от друга и помещенными в скрещенные электрическое и магнитное поля.

Решение уравнения этого уравнения ищется по формуле бесконечного ряда:

$$v = \sum_{i=1}^{\infty} (A_i / A_j) \quad (1)$$

Значения любого коэффициента находятся из рекуррентной формулы:

$$A_n = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{n-1} i A_i A_{n-1-i} \quad (2)$$

Ограничиваясь первыми тремя членами ряда, запишем уравнение скорости движения жидкого металла в канале:

$$v = A_0 + \frac{A_1}{y} + \frac{A_2}{y^2} \quad (3)$$

где

$$A_0 = \frac{\sigma \mu_0 E_0 (H - H_0) - g \rho}{\frac{12}{\Delta^2} \eta + \sigma \mu_0^2 (H - H_0)^2}; \quad A_1 = \frac{(2\alpha/\Delta) \cos \Theta}{\frac{12}{\Delta^2} \eta + \sigma \mu_0^2 (H - H_0)^2}; \quad A_2 = \frac{A_0 A_1}{\frac{12}{\Delta^2} \eta + \sigma \mu_0^2 (H - H_0)^2} \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что напряженность внешнего магнитного поля  $H$ , необходимая в процессе ликвидации дефекта, ограничивается снизу значением напряженности собственного магнитного поля  $H_0$  от протекающего тока. Оценим его величину, пользуясь известным распределением тока [1]:

$$H_0 = \int_{-h/2}^{\infty} \int_{R-h/2}^{h/2} \frac{j(y)}{dy} dy dz = \frac{I}{2R \ln B/R} \quad (5)$$

Верхнее значение напряженности внешнего магнитного поля  $H_m$  ограничивается условием максимальной скорости затекания  $v_m$  расплавленного металла в полость дефекта, представляющей собой незамкнутый по сечению канал. Чтобы жидкий металл не выплескивался из-за появления поперечной составляющей скорости потока, необходим ламинарный режим движения расплава. Поэтому скорость затекания целесообразно ограничить следующим соотношением [2]:



Численная оценка при максимальной скорости затекания  $v_m - 10 \text{ м/с}$  дает значение  $(H - H_0) = 10^5 \text{ А/м}$ . Следует отметить, что все параметры поля зависят от амплитуды электрического тока, в совокупности которых величина теплосодержания, пропорциональная  $I^2 \tau$ , должна быть достаточной для получения расплавленной околодефектной зоны.

### **Библиографический список**

1. Иванов, В.М. Управление разрушением плоских проводников электромагнитным полем / В.М. Иванов // Вестн. Тамб. ун-та. – 2003. -Т.8,Вып.4. - С.689-690.
2. Кирко, И. М. Жидкий металл в электромагнитном поле / И. М. Кирко. - М.;Л.: Энергия, 1964. -158 с.

**Комарова А.А., Виноградов А.В.**

### **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-20 кВ**

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина*

Надежность электроснабжения потребителей во многом зависит от состояния электрических сетей и особенно линий электропередачи [1. 2. 3]. Наиболее протяженными являются сети напряжением 6-20 кВ [4]. От их состояния и качества эксплуатации зависит количество отключений электроснабжения, особенно сельских потребителей. Анализ состояния и аварийности электрических сетей по Филиалу ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго» включает анализ протяженности линий, технического состояния линий 10 кВ, показателей аварийности линий. Эти показатели характеризуют динамику изменения состояния электрических сетей и позволяют, производят прогноз аварийности в них [5]. Такая работа проводится на постоянной основе [5]. «Орелэнерго» эксплуатирует 28 234.65 километров линий различных классов напряжения, из которых порядка 13 тысяч километров - воздушных линий (ВЛ) 6-20 кВ [5].

Для анализа общего состояния ВЛ 10 кВ рассмотрим Протяженность воздушных линий 10 кВ по «Орелэнерго» за 2012-2016 г.г.». Длина этих линий за прошедшие 5 лет увеличилась на 77,5 км, то есть в среднем на 15,5 км в год. Это связано со строительством новых ВЛ 10 кВ необходимых для электроснабжения новых потребителей.

В связи с достаточным финансированием инвестиционной программы общий объем вложений с 2007 по 2011 год составил почти 3 млрд. руб. Основные направления: реконструкция двадцати подстанций 35-110 кВ с вводом 43 МВА мощности и 17 линий электропередачи 35-110 кВ общей протяженностью 436,5 км, линии электропередач 6-20 кВ общей протяженностью. В целом, только в 1 квартале 2007 года инвестиционная программа «Орелэнерго» перевыполнена более чем в 5 раз. Достаточное количество финансовых вложений в данный период позволило снизить аварийности на энергообъектах, сократить время устранения технологических нарушений, повысить стабильность энергоснабжения, построить новые ВЛ и ПС.

Такие капиталовложения не могли не отразиться на увеличении доли ВЛ, находящихся в хорошем состоянии по наиболее крупным районам электрических сетей.

В 2015 году снизились изначально установленные объемы финансирования инвестпрограммы ПАО «МРСК Центра» для Орловской области. В связи с уменьшением финансирования состояние линий стало ухудшаться, протяженность линий, находящихся в хорошем состоянии постоянно сокращается, только за исследуемый период времени протяженность ВЛ-10 кВ, находящихся в хорошем состоянии сократилась на 159,7 км.

В Орловском РЭС 56-62 % ВЛ-10 кВ находятся в хорошем состоянии, 27-35 % - в удовлетворительном состоянии, только 6-10 % - в неудовлетворительном и непригодном состоянии.

Для повышения надежности электроснабжения потребителей и дальнейшего снижения уровня аварийности «Орелэнерго» ведет системную работу по модернизации сетевого комплекса. «Орелэнерго» устанавливает современные устройства на основе микропроцессорной техники, что позволяет практически полностью исключить некорректную работу защит, действующих на отключение потребителей, и тем самым повысить надежность электроснабжения. Оперативный персонал «Орелэнерго» также оснащается оборудованием и спецтехникой на основе новейших разработок. Это позволяет обеспечивать качественный контроль за функционированием и управляемостью объектов электросетевого комплекса для обеспечения надежного энергоснабжения потребителей.

### **Библиографический список**

1. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических систем. - Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 320 с.
2. Техническая политика ОАО «МРСК ЦЕНТРА» 2010.
3. ПОЛОЖЕНИЕ о технической политике в распределительном электро сетевом комплексе. Приложением Приказу ОАО «МРСК Центра и Северного Кавказа» от 14.11.2006 №228
4. Лещинская Т. Б., Наумов И. В. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
5. Виноградов А.В., Виноградова А.В. Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством секционирования и резервирования линий электропередачи 0,38 кВ:/Монография/ Виноградов А.В., Виноградова А.В. – Орел; Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2016. – 224с. – ISBN 978-5-93382-289-9

**Королев А.П., Лоскутова А.Д.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОВОДЯЩИХ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,  
(e-mail: korolevanpal@yandex.ru)*

С целью уменьшения энергозатрат и повышения энергетической эффективности компонентов электронной и микроэлектронной техники необходимо разрабатывать электротехнические и интеллектуальные материалы со стабильными характеристиками.

Эффектотклика проводящих свойств на изменение температуры может проявляться не только у классических полупроводников с нелинейной характеристикой. Материалы с изменяющимся температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) можно создавать из композитов. Существующие композиционные оксидные полупроводники имеют отрицательный ТКС с большой чувствительностью. Но существенным недостатком таких композитов является их старение в процессе эксплуатации. Конечно, старению подвержены все материалы, но оксидные полупроводники в значительной степени. Исходя из этого, обоснована необходимость подбирать более устойчивые химические составы. Устойчивость микроструктуры материала обеспечит меньшее старение и изменение свойств, в частности ТКС, во времени.

В связи с вышесказанным решено исследовать электрофизические свойства композитного материала из металлических порошков и порошков некоторых химических соединений, которые будут поставлять электроны проводимости при энергетическом воздействии, например, нагревании. В качестве порошков химического соединения следует использовать соединения металлов с неметаллами.

Материал для исследования изготавливается прессованием с последующим спеканием. В зависимости от пластичности частичек порошка опытным путем подбирается усилие прессования. Более твердая фракция является арматурой в прессовке, а более пластичная – связующей фазой, обеспечивающей непрерывный перенос заряда по всей структуре. Спрессованные и спеченные образцы изготавливаются одинакового размера, химического состава и при одинаковых условиях (усилие прессования, температура спекания) для подтверждения адекватности полученных результатов. Методом муара [1] наблюдались электромагнитные поля исследуемого материала для подтверждения проводящих свойств. У всех образцов снималась температурная зависимость удельного сопротивления в интервале от 20 до 120 °С. В результате обнаружился отрицательный ТКС. Разброс значений удельного сопротивления при одинаковых температурах составлял не более 15%. Этот разброс может быть объяснен неодинаковым контактным сопротивлением и неоднородностью химического состава по объему каждого образца. ТКС исследуемого материала (рис. 1) отрицательный, как у полупроводника, но температурная зависимость близка к линейной.

На рисунке не указаны значения сопротивления и температуры, так как они разные для разного химического состава, но, как показал эксперимент, ход зависимости для всех составов одинаковый. При высоких температурах падение сопротивления замедляется и, вполне возможно, в дальнейшем будет расти. Через границы фаз перенос заряда осуществляется резонансно [2].

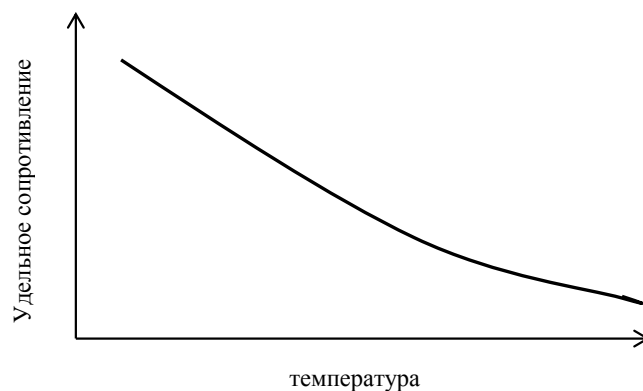


Рис. 1. Схематическое изображение температурной зависимости удельного сопротивления

### **Библиографический список**

1. Саламех Х.Х., Шиндяпин А.П., Макачук М.В., Шелохвостов В.П. Исследование муаровых изображений электромагнитных полей нанообъектов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2010. Т. 15. № 1. С. 235-237.
2. Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н. Исследование эффективности резонансно-туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2015. Т. 21. № 3. С. 526-531.

**Коростелев А.Ю., Аль Жавдах Фейзал Тхейб Абед, Аль Рубайе Бакер Салех Махди**

### **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ ОТ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(engfath84@gmail.com, eng.baker2015@gmail.com)*

Снижение потерь электроэнергии, являющихся серьезным финансовым убытком сетевых предприятий, может обратиться в экономическую выгоду и привлечь сэкономленные денежные средства для решения других насущных задач в области электроэнергетики. Дело в компетентной их оценке. На практике получение прибыли от этого эффекта весьма затруднительно.

Для решения поставленной задачи целесообразно разделить потери энергии на составляющие, исходя из их физической природы и специфики методов определения их количественных показателей.

Фактические (отчётные) потери энергии определяют как разность электроэнергии, поступившей в сеть и электроэнергии, отпущенной из сети потребителям. Фактические потери могут быть распределены на две основные составляющие: технологические и коммерческие потери.

Основными элементами электрической сети, по которым осуществляется транспорт электрической энергии, является линии электропередач (воздушные, кабельные) и трансформаторы. К дополнительным следует отнести шунтирующие и токоограничивающие реакторы, синхронные компенсаторы, статические конденсаторы, статические тиристорные компенсаторы, устройства высокочастотной связи, ограничители перенапряжений, измерительные трансформаторы тока и напряжения, счётчики, линейную арматуру, соединительные провода и сборные шины распределительных устройств подстанций.

Потери энергии в указанном оборудовании делятся на переменные – нагрузочные потери, зависящие от мощности (тока), передаваемой по рассматриваемому элементу, и условно-постоянные потери, определяемые величиной напряжения в узле, к которому подключен данный элемент.

Значительного снижения потерь активной мощности можно достичь, разгружая по реактивной мощности как питающие, так и распределительные сети. Важнейшим мероприятием по уменьшению потерь мощности в распределительных сетях является компенсация реактивной мощности.

Для элемента сети потери мощности равны:

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_i^2} R_i.$$

После установки компенсирующих устройств (КУ) линия разгружается по реактивной мощности и потери уменьшаются:

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + (Q_i - Q_k)^2}{U_i^2} R_i$$

Потери электроэнергии за год, при условии работы с неизменной нагрузкой, составят:

$$\Delta W_{\text{ЗВЕНА}} = \Delta P_{\text{ЗВЕНА}} \cdot 8760 = 4,97 \cdot 8760 = 43533,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч на год}.$$

Потери электроэнергии за год, с установленным компенсирующим устройством, составят:

$$\Delta W_{\text{ЗВЕНА.КУ}} = \Delta P_{\text{ЗВЕНА.КУ}} \cdot 8760 = 4,331 \cdot 8760 = 37935,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч на год}$$

Оценка сэкономленной электроэнергии при установке к КУ составляет:

$$\Delta W_{\text{ЗВЕНА}} = \Delta W_{\text{ЗВЕНА}} - \Delta W_{\text{ЗВЕНА.КУ}} = 43533,9 - 37935,4 = 5598,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч на год}$$

Годовая экономия при стоимости 1 руб. за 1 кВт·ч:

$$Z_r = 5598500 \cdot (1 \text{ руб.}) \approx 5,5 \text{ млн. руб.}$$

Вывод: При установке на подстанции компенсирующего устройства марки КСВБ 50-11У1, стоимостью, например, в 1,88 млн. руб., за счет экономии потерь электроэнергии срок его окупаемости составит 3 года.

*Работа выполнена под руководством д.т.н. профессора В.Ф. Калинина*

### **Библиографический список**

1. Мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях /А.В. Коржов.- Челябинск: ЮУГУ, 2012. – 20 с.

**Кобелев А.В., Кагдин А.Н., Сафронов В.И., Корсун А.Р.**

### **ТОКОВАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ В ШИНОПРОВОДАХ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(ee@mail.nnn.tstu.ru)*

Исследование токовой интенсивности на шинах с различными геометрическими неоднородностями моделировали электрическим полем тока на соответствующих пластинах из нержавеющей стали [1]. На поверхности пластины наносили мелкую сетку механическим путем так, чтобы размер ее ячейки соответствовал расстоянию между электродами зонда. В экспериментах применяли пластины разных размеров, на которых геометрические неоднородности выполняли в виде эллиптического и полукруглого вырезов. Результаты моделирования представлены на рис.1 и рис. 2. Стрелками обозначено направление тока постоянной плотности вдали от искажений.

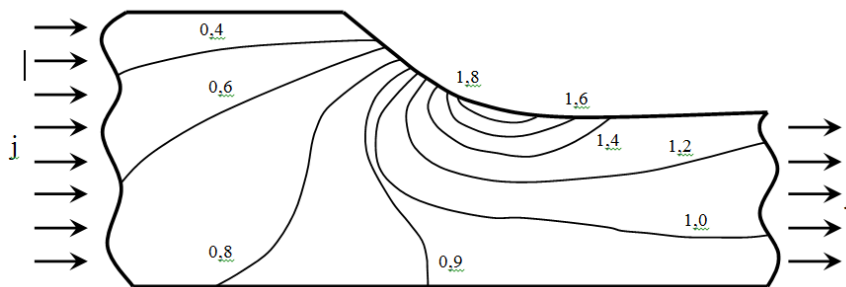


Рис. 1. Токовая интенсивность вокруг эллиптического выреза.

Из рисунка видно, что область повышенных значений токовой интенсивности находится в непосредственной близости к искаженной области проводника и занимает весьма малую зону прилегания к кривизне. Наибольшее усиление поля наблюдается в местах максимальной кривизны при ортогональной ориентации токовых линий в каждой ее точке.

Изменяя геометрию кривизны поверхности проводника до полукруглого выреза или впадины и измеряя токовую интенсивность в искривленной зоне, получим небольшую степень усиления равномерного токового потока вокруг этой неоднородности (Рис. 2).

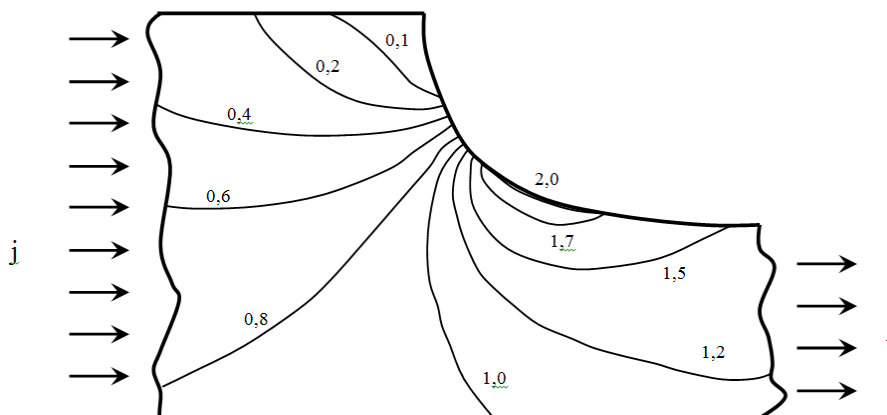


Рис. 2 Токовая интенсивность вокруг полукруглого выреза

Тем не менее, усиление тока вдвое указывает на наиболее опасное место в сечении проводника, где соответственно усиливается концентрация электромагнитного поля и сопутствующих ему термических и механических полей. Такое явление способно зародить очаг разрушения по термомеханическому или пондеромоторному механизмам [2].

Следует отметить, что резкие изменения геометрии проводника наиболее опасны с точки зрения разрушения. В частности, в экспериментах по электромагнитному моделированию наблюдали заметный нагрев области, примыкающей к краям вырезов, но без существенного изменения проводимости в этой зоне.

#### **Библиографический список**

1. Рязанов, Г. А. Опыты и моделирование при изучении электромагнитного поля / Г. А. Рязанов. - М.: Наука, 1966, - 191 с.
2. Иванов, В.М. Управление разрушением плоских проводников электромагнитным полем / В.М. Иванов // Вестн. Тамб. Техн. ун-та. – 2003. -Т.8,Вып.4. - С.689-690.

**Кагдин А.Н., Носуров А.В., Корсун А.Р., Сафронов В.И.**

#### **ТОКОВАЯ РЕАНИМАЦИЯ ДЕФЕКТНЫХ ШИНОПРОВОДОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(ee@mail.nnn.tstu.ru)*

Ток в проводнике не всегда вызывает разрушение в локальной области отсрых вырезов. При определенных направлениях по отношению к дефекту он может и реанимировать его. Рассмотрим электромагнитную ситуацию вокруг центрального выреза длиной  $l_T$ , который находится вдоль линии тока (рис. 1).

В этом случае пондеромоторное взаимодействие попутных токов вдоль берегов центрального выреза приводит к их сжатию.

Рассмотрим расчетную схему механизма схлопывания выреза, представив один из его берегов тонкой пластиной на двух опорах, нагруженной распределенной силой  $F_y / l_T$  (рис.2).

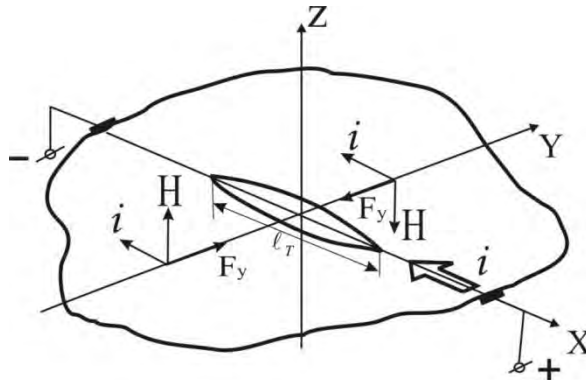


Рис. 1. Электромагнитная ситуация и механизм схлопывания центрального выреза в шинопроводе.  
 $\ell_T$  - длина выреза.  $H$  - напряженность магнитного поля на кромке выреза.  $F_y$  - ponderomotive сила.

Сила Ампера  $F_y$  равна:

$$F_y = \mu_0 \frac{i^2}{2\pi\Delta} \ell_T$$

Эта сила по расчетной схема дает максимальный прогиб, хорошо известный из технической механики [1]:

$$y_{\max} = 0,01 \frac{F \ell_T^3}{EI} \quad (1)$$

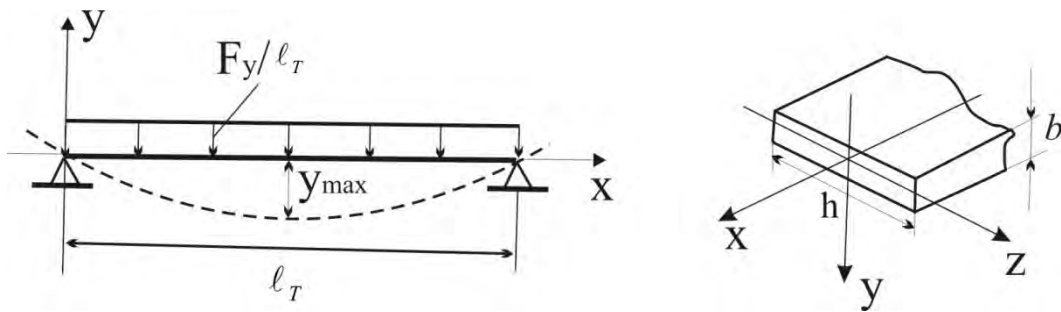


Рис.2. Расчетная схема схлопывания центрального выреза(нагружается правобережье).  
 $H$ -толщина пластины;  $b$ -единичная ширина берегов полосы ( $b < h$ );  $y_{\max}$ -наибольший прогиб, равный половине вскрытия выреза  $\Delta/2$ ).

где  $E$  - модуль упругости материала,  $I$  - момент инерции сечения пластины, равный  $hb^3/12$ . Учитывая принятую модель при  $b \gg h$ , получим

$$F_y = 0,2 \cdot 10^3 \mu_0 \frac{i^2 EI}{2\pi F_y \ell_T^2} \quad (2)$$

Сила  $F_y$  вызывает механические напряжения в шинопроводе, наибольшие из которых равны [1]:

$$\sigma_{\max} = \frac{6F_y \ell_T}{hb^2} \text{ а при } b < h \quad \sigma_{\max} = \frac{6F_y \ell_T}{h} \quad (3)$$

Полагая, что схлопывание берегов выреза происходит за пределами упругих деформаций и сравнивая с пределом текучести алюминия  $\sigma_T$ , получим:

$$F_y = \frac{\sigma_T h}{6\ell_T} \quad (4)$$

Для нахождения тока подставим (4) в (2):

$$i = 0,2 \cdot 10^3 \frac{\sigma_T}{Eb} \quad (5)$$

Таким образом, получим расчетную формулу для определения тока, достаточного для ликвидации центрального выреза. Например, в алюминиевой шине с центральным вырезом длиной  $10^{-2}$  м и его вскрытием  $\Delta = 10^{-4}$  м, а также при механических характеристиках алюминия:  $\sigma_T = 2,7 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup> и  $E = 10,2 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>, получим

плотность тока  $5 \cdot 10^7$  А/м<sup>2</sup>. Такие токи при стационарном воздействии оказывают значительный нагрев проводника, поэтому для реализации такого механизма схлопывания берегов выреза необходим адиабатический режим, характерный только при импульсном воздействии.

### **Библиографический список**

1. Работнов, Ю.Н. Механика деформированного твердого тела/ Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1979.- 744 с.

**Корчагин П.Т.**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИНВЕРТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Азово-Черноморский инженерный институт —  
филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде.  
(ya.korchaginpt@yandex.ru)*

Постоянное развитие силовой электроники, влечет за собой совершенствование, как преобразовательной техники, так и систем передачи электроэнергии.

На сегодняшний день, наиболее перспективным решением, способным удовлетворять потребностям, как в электроприводах и в альтернативной энергетике, так и в системах передачи электроэнергии, является применение многоуровневых автономных инверторов напряжения (МАИН). Данный вид преобразователей, обладает широким спектром достоинств: высокий К.П.Д., надежность, возможность преобразования большой мощности, качество выходного напряжения и т.д. Все эти качества, позволяют с большой уверенностью говорить о необходимости дальнейшего внедрения подобных устройств в системы электроснабжения. При этом требуемый уровень качества электроэнергии на выходе устройства, возможно, достичь количеством уровней инвертора, что подтверждается множеством проведенных исследований в данной области [1,2].

Линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 0,4 и 10 кВ являются наиболее протяженными и в тоже время, менее защищенным звеном системы электроснабжения.

С целью повышения надежности электроснабжения по ЛЭП напряжением 10 кВ было разработано и предложено устройство, построенное на базе многоуровневого автономного инвертора. Принципиальная схема системы электроснабжения с применением данного устройства, представлена на рис. 1, которая включает в себя следующие: 1 и 2 – блоки защиты, 3 – устройства симметрирования, 8 – батарея, 9 – фотоэлектрический преобразователь, 10 – потребитель. Блок 3 состоит: 4 – трехфазный выпрямитель, 5 – емкостной делитель, 6 – многоуровневый инвертор, 7 – схема управления. Применение блоков 8 и 9 позволяет осуществить независимое питание схемы управления, что гарантирует работу устройства в не зависимости от того, какая из фаз на линии 10 кВ, в данный момент будет отключена.

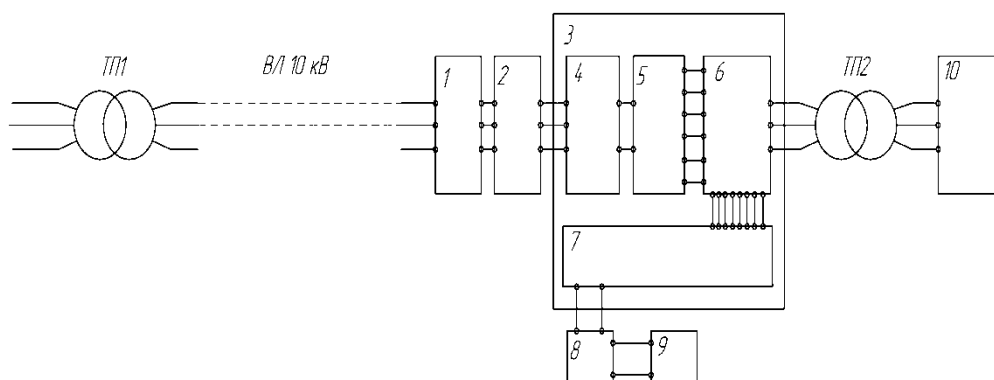


Рис. 1 – Принципиальная схема устройства симметрирования непрямоугольных режимов, установленного на ВЛ 10 кВ

Расположение устройства симметрирования, именно в конце линии, перед понижающей трансформаторной подстанцией (далее ТП) потребителя, как показано на рис. 1, является наиболее рациональной, так как снижается вероятность возникновения аварийного режима на незащищенном участке линии, между преобразователем и ТП-2. Однако, при необходимости возможна установка данного устройства на любом участке сети.

Таким образом, можно отметить следующее: учитывая, что продолжительность времени затрачиваемой на устранение причины отключения, можно рассматривать как сумму двух составляющих: 1 – поиск места аварии и 2 – ликвидация неисправности, то применение устройства симметрирования неполнофазных режимов, позволит сократить время продолжительности отключения, так как потребитель будет обеспечен электроэнергией, с соблюдением всех требований к её качеству, в период времени затрачиваемого на поиск места возникновения неисправности и отключаться только на время непосредственного устранения аварии.

#### **Библиографический список**

1. Satish Kumar, P. A new Space-Vector Pulse Width Modulation Algorithm for multilevel inverters / P. Satish Kumar, J. Amarnath, S.V.L. Narasimham // World Journal of Modelling and Simulation. – Vol. 6 (2010) No. 4, pp. 281-290.
2. Holmes, D. Pulse Width Modulation for Power Converters-Principles and Practice. / D. Holmes, T. Lipo. // New Jersey, IEEE Press, Wiley-Interscience.

**Кукишев Д.Ю., Мещерякова В.Н.**

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НА ПРИМЕРЕ СКАЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
tumon1994@gmail.com*

На сегодняшний день на НЛМК более 2000 подъемно-транспортных механизмов, из них немалую долю составляют крановые механизмы. Большинство конвейеров характеризуются повторно-кратковременным режимом (ПВ=25...40), частыми пусками и торможениями, широким изменением нагрузок, а значит, двигатель может работать в недогруженном состоянии, а значит с меньшим КПД.

Цель: Моделирование типовой скалярной системы управления, поддерживающей оптимальное значение угла между током статора и потокоцеплением ротора АД КЗ. Данная система управления позволит существенно уменьшить ток статора, обеспечивающий заданный момент двигателя, за счет поддержания угла между током статора и потокоцеплением ротора неизменным и равным 45 градусов.

Ключевые слова: скалярная система управления, ток статора, потокоцепление ротора, АД КЗ.

В типовой скалярной системе управления при изменении нагрузки на валу двигателя угол между током статора и потокоцеплением ротора изменяется в широком диапазоне, в зависимости от нагрузки.

Оптимальное значение угла в предлагаемой системе может обеспечиваться тремя способами:

№1 за счет увеличения или уменьшения потокоцепления ротора, пропорционально изменению тока статора, т.е. нагрузки;

№2 за счет регулирования частоты тока статора;

№3 за счет кратковременного смещения синусоиды тока статора.

Исследования показали, что в системах с коррекциями №1 и №2, ток статора меньше, чем в системе с коррекцией №3 и в системе без коррекции. Причем, чем меньше нагрузка на валу двигателя, тем больше разница в токах. В таблице 1 представлены значения тока статора при различной нагрузке на валу. На основе таблицы 1 можно сделать вывод, что применение систем коррекции №1 и №2 позволит существенно уменьшить ток статора, обеспечивающий заданный момент двигателя, в зависимости от нагрузки на валу, от 9% до 23%.

Таблица 1. Значения тока статора

| Вид коррекции | Мс=0,5Мн    | Мс=0,3Мн    |
|---------------|-------------|-------------|
| Без коррекции | $I_1 = 74$  | $I_1 = 68$  |
| 1             | $I_1 = 67$  | $I_1 = 52$  |
| 2             | $I_1 = 67$  | $I_1 = 52$  |
| 3             | $I_1 = 150$ | $I_1 = 150$ |



### ***Библиографический список***

1. Левин П.Н. Частотный асинхронный электропривод с поддержанием взаимного положения векторов тока статора и потокосцепления ротора: дис. канд. техн. наук: 05.09.03/ ЛГТУ. Липецк, 2005. 125с.
2. Синукова Т.В. Системы частотного асинхронного электропривода с корректирующими элементами и прямым управлением моментом: дис. канд. техн. наук: 05.09.03/ ЛГТУ. Липецк, 2015. 166с.
3. RU 2528612 С2. Электропривод переменного тока с использованием преобразователей постоянного тока в переменный или инверторов / В.Н. Мещеряков, А.И. Бойков, О.А. Мещерякова.

***Курди Салим Хаснави Курди, Попов И.С.***

### **КАК ЗАРЯДИТЬ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Engenering.salim@gmail.com)*

В ходе мартовской всемирной конференции по климату COP, который состоялась в Париже и была организована ООН, было сделано действительно сенсационное заявление. Как выяснилось, Германия, Норвегия, Великобритания, Нидерланды и несколько штатов США с 2050 года хотят ввести запрет на реализацию и использование бензиновых и дизельных автомобилей.

В том случае, если это заявление будет воплощено в жизнь, то тогда станет актуальным вопрос: на чем же мы будем ездить? Так, передвигаться мы сможем на электромобилях, а также велосипедах.

Действительно, сложно не согласиться с тем, что электромобили являются транспортом будущего. При этом они окружены большим числом мифов, среди которых наиболее актуальным является миф, касающийся того, что для всех электромобилей в мире будет недостаточно электричества. То есть не все смогут их заряжать.

На практике основной проблемой при использовании электромобиля становится подзарядка его аккумуляторов. Как правило, обычно кары на электрической тяге заряжаются в течение ночи в гараже автовладельца. У такой схемы есть как свои достоинства, так и недостатки. Преимуществом является независимость владельца электромобиля от городских станций зарядки электрокаров, главным недостатком становится низкая скорость зарядки аккумуляторов. Последнее обусловлено исключительно невысокой мощностью электрической сети, в квартирах и домах горожан она редко превышает 5-10 кВт, тогда как для быстрой зарядки (порядка 30 минут) необходима мощность не менее 50 кВт.

Большой проблемой для владельца электромобиля становится и разрядка аккумуляторов во время поездки. Отсутствие сети станций заправки электрокаров может привести к тому, что машина просто остановится, исчерпав заряд аккумуляторных батарей. Понимая это, власти крупных мегаполисов способствуют созданию заправочных станций для электромобилей.

Основным требованием предъявляемыми к таким станциям является компактность, каждая представляет собой столбик высотой около двух метров с несколькими разъемами, рассчитанными на разные типы электромобилей. Время зарядки составит от 20 минут до нескольких часов, в зависимости от типа электрокара.

Развитие сети заправочных станций будет способствовать быстрому росту количества электрокаров. Это особенно актуально для крупных мегаполисов с их высокой загазованностью – чем больше автомобилей перейдет на электрическую тягу, тем чище станет столичный воздух.

### ***Библиографический список***

1. Транспорт будущего – электромобиль (<http://www.pravda-tv.ru/2016/07/25/244095/transport-budushhego-elektromobil>)

*Работа выполнена под руководством к.т.н. А.В. Кобелева*

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ ДЛЯ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Московский технологический университет  
(Институт тонких химических технологий)  
(lebedevamv@mitht.ru, yashtulovna@mail.ru)

В настоящее время технологии создания эффективных преобразователей энергии быстро переходят от фундаментальных исследований к реальному развитию и широкому внедрению в различные области науки и производства. Отчасти это произошло благодаря улучшению методов и подходов в создании и стабилизации новых высокоэффективных электрокатализаторов на основе металлов платиновой группы [1-5]. Легирование платины различными металлами является одним из наиболее эффективных способов уменьшения содержания Pt в катализаторе и повышения каталитической активности в реакциях окисления водорода и водородсодержащих топлив [1-3]. Возможность изменения физических и химических свойств электродных материалов с помощью модификации функциональной матрицы-подложки наночастицами [1-5] металлов стимулирует развитие протоннопроводящих композиционных мембран, пригодных для конструирования электродных материалов с повышенными удельными характеристиками. Показано, что модифицирование мембраны наночастицами платиновых металлов приводит к увеличению влагосодержания мембраны и ее термической стабильности [1-4].

В данной работе были синтезированы биметаллические наночастицы Pt-Pd (мольное соотношение металлов 1:5) в растворах обращенных микроэмульсий [2,3,6] с использованием тетрагидробората натрия  $\text{NaBH}_4$  в качестве восстановителя и анионного поверхностно-активного вещества (ПАВ) – АОТ («Sigma Aldrich», США). Коэффициент солюбилизации  $\omega$ , равный мольному отношению воды/ПАВ, в работе составлял 1.5. Для получения металлополимерных нанокмпозитов образцы мембран «Нафион» (Nf) («Sigma Aldrich», США) помещали в кюветы с раствором наночастиц и подвергали ультразвуковому воздействию.

Нанокмпозиты с наночастицами Pt-Pd были аттестованы методами электронной микроскопии и циклической вольтамперометрии. Методом растровой электронной микроскопии обнаружено, что нанокмпозиты Pt-Pd характеризуются образованием эллипсоидных наночастиц с размерами от 7 до 4 нм и менее. Электрохимические испытания в реакции окисления муравьиной кислоты продемонстрировали высокую активность нанокмпозитов при избытке содержания палладия в композите P-Pd (1:5) в отличие от соотношения 1:1. Таким образом, сформированные нанокатализаторы могут быть использованы в качестве эффективных электродных материалов для преобразователей энергии.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 16-38-00862-мол\_а).*

### Библиографический список

1. Liang H., Su H., Pollet B.G., Linkov V., Pasupathi S. Membrane electrode assembly with enhanced platinum utilization for high temperature proton exchange membrane fuel cell prepared by catalyst coating membrane method // *Journal of Power Sources*. 2014. V. 266. P. 107-113.
2. Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Флид В.Р. Синтез и электрохимические характеристики полимерных биметаллических нанокатализаторов Pt-Pd // *Известия АН. Сер. Хим.* 2015. Т. 62. № 8. С. 1837-1841.
3. Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Мясникова Н.В., Рагуткин А.В., Флид В.Р. Каталитическая активность биметаллических полимерных нанокмпозитов Pt-Pd в реакции окисления муравьиной кислоты // *Известия АН. Сер. Хим.* 2017. Т. 66. № 3. С. 474-478.
4. Zhou X., Gan Y., Du J., Tian D., Zhang R., Yang C., Dai Z. A review of hollow Pt-based nanocatalysts applied in proton exchange membrane fuel cells (review) // *Journal of Power Sources*. 2013. V. 232. P. 310-322.
5. Sode A., Ingle N.J.C., McCormick M., Bizzotto D., Gyenge E., Ye S., Knights S., Wilkinson D.P. Controlling the deposition of Pt nanoparticles within the surface region of Nafion // *Journal of Membrane Science*. 2011. V. 376. № 1-2. P. 162-169.
6. Rahdar A., Almasi-Kashi M., Aliahmad M. Effect of chain length of oil on location of dye within AOT nanometer-sized droplet microemulsions at constant water content // *Journal of Molecular Liquids*. 2017. V. 233. P. 398-402.

**СЕЛЕКТИВНОСТЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ 0,38 кВ.,  
С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
СЕКЦИОНИРОВАНИЯ И РЕЗЕРВИРОВАНИЯ**

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина  
lukjanow\_jura@mail.ru*

Селективность — свойство релейной защиты, характеризующее способность выявлять именно поврежденный элемент электрической сети и отключать этот элемент от исправной части сети [1]. Применение средств секционирования и резервирования в сетях 0,38 кВ., влечёт за собой усложнение всей системы релейной защиты, а значит, возникает проблема в обеспечении её селективности. Решение данной проблемы имеет очень большое значение в обеспечении надёжности электроснабжения потребителей сетей 0,38 кВ., с применением средств автоматического секционирования и резервирования. Для решения данной проблемы необходимо провести ряд исследований и экспериментов.

Ранее были проведены исследования селективности работы релейной защиты средств автоматического секционирования и резервирования ЛЭП 0,38 кВ., с релейной защитой трансформаторных подстанций, как на стороне 0,4 кВ., так и на стороне 10 кВ. В ходе исследований, а также в ходе практического применения средств автоматического секционирования и резервирования, селективность была подтверждена, срабатыванием релейной защиты в средствах автоматического секционирования и резервирования, до срабатывания релейной защиты на трансформаторных подстанциях [2].

Но, ранее в исследованиях, не учитывались средства релейной защиты установленные непосредственно у потребителей электрической энергии. Данное упущение, может повлечь за собой не селективность работы релейной защиты у потребителя и в средствах автоматического секционирования и резервирования ЛЭП 0,38 кВ., что в случае аварийной ситуации на линии электропередачи приведет к материальному ущербу потребителя [3]. Поэтому, необходимо провести дополнительно исследования селективности работы релейной защиты в средствах автоматического секционирования и резервирования и непосредственно у потребителя [4]. Для исследования, в лабораторных условиях потребуются создать участок линии электропередачи 0,38 кВ., от средств автоматического секционирования и резервирования до потребителя и имитировать на нём аварийные ситуации. В случае неселективной работы релейной защиты при аварийной ситуации на ЛЭП, будут меняться параметры средств релейной защиты, пока не будет достигнута их селективность. После исследований будут созданы рекомендации для проектирования релейной защиты ЛЭП 0,38 с применением средств автоматического секционирования и резервирования, исполнение которых обеспечит селективную работу всех средств релейной защиты данной ЛЭП.

Данные исследования имеют большую как теоретическую, так и практическую значимость. Потому, что только с наиболее точной и высокой селективностью релейная защита совместно со средствами автоматического секционирования и резервирования может обеспечить должную надежность электроснабжения.

***Библиографический список***

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение». — 4-е изд., перераб и доп. — М., Высшая школа, 2006, 639 с.
2. Виноградов А.В., Виноградова А.В. Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством секционирования и резервирования линий электропередачи 0,38 кВ.: Монография/ Виноградов А.В., Виноградова А.В. — Орел; Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2016. — 224с. — ISBN 978-5-93382-289-9
3. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Константинов А.В.
4. Применение секционирования линий электропередачи 0,38 кВ для повышения надежности электроснабжения сельских потребителей.
5. Теоретический и научно-практический журнал «Инновации в АПК: проблемы и перспективы» №2 (10) 2016, с. 12-27
6. Рекомендации по обеспечению селективности защиты в сетях напряжением до 1000 В переменного тока. — М, ЦБНТИ, 2002

## ДЕРИВАТОГРАФИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СИНТЕЗИРОВАННЫХ НАНООБЪЕКТОВ

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,  
(e-mail: energ-lab@yandex.ru)

Элементарный углерод в различных формах обладает самыми разнообразными, зачастую противоположными свойствами [1]. С одной стороны, он настолько активен, что образует в 10 раз больше известных науке химических соединений, чем все остальные элементы, вместе взятые, а с другой — углерод совершенно инертен по отношению к некоторым из наиболее агрессивных реагентов.

Специфика технологического процесса синтеза такова, что образцы, в зависимости от условий их получения, могут различаться по структуре и свойствам.

На дериватографе был проведен дифференциальный термический анализ [2] синтезируемого углеродного наноматериала. Синтез производился в рабочем объеме вакуумного универсального поста. Медь наносилась методом резистивного распыления на ситалловые пластины до появления равномерного зеркального слоя. Затем с вибропитателя порошкообразный никель, падая на разогретую молибденовую лодочку, испарялся и осаждался на подложку. После на подготовленную поверхность испаряли углерод при помощи электродуги, зажженной между двумя графитовыми электродами.

Таким образом, изготовили два образца, с чередующимися слоями никеля и углерода с разным временем напыления никеля. Затем полученный материал счищался и исследовался на дериватографе. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

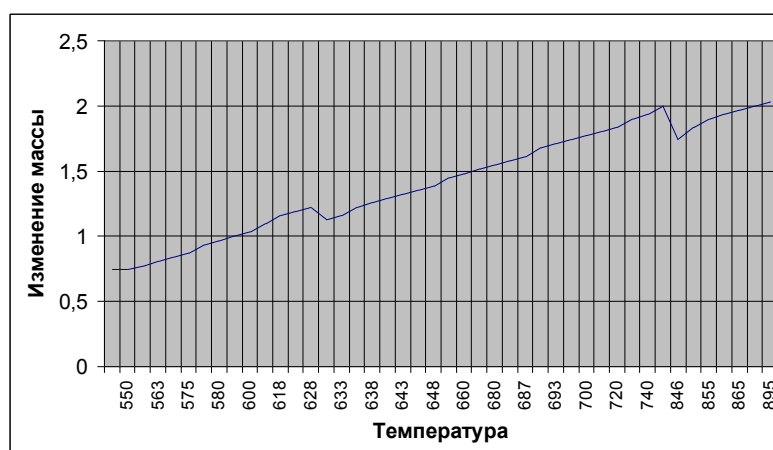


Рис. 1. Дериватографический анализ первого образца.

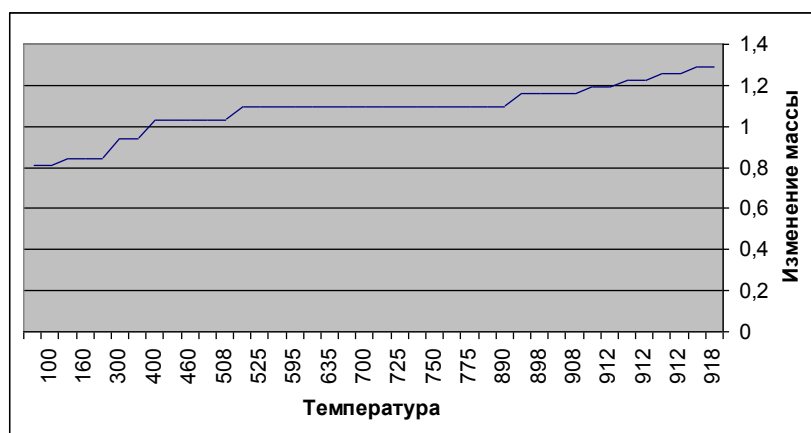


Рис. 2 Дериватографический анализ второго образца.

На рисунке 2 отслеживается нелинейная зависимость изменения массы с ростом температуры. Это связано с наличием в синтезированном углеродном наноматериале нановолокон (температура распада 630 °С) и нанотрубок (температура распада 846 °С), что подтвердилось результатами электронно-микроскопических исследований.

Увеличение времени напыления никеля (второй образец) привело, предположительно, к образованию многослойных нанотрубок и фуллереноподобных структур. На рисунке 2 видны ступеньки, связанные с распадом разного типа углеродных нанобъектов.

Результаты проведенных исследований на электронном микроскопе и дериватографе подтвердили возможность получения нанобъектов в низкотемпературной плазме. Таким образом, изменение режимов синтеза углеродных нанобъектов влечет за собой образование разного типа нанобъектов.

### ***Библиографический список***

1. Ушаков А.В., Баршутин М.Н., Баршутин С.Н. Исследование эффективности резонансно-туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2015. Т. 21. № 3. С. 526-531.
2. Korolev A. P., Shelochvostov V. P., Chernyshov V. N. Solid State Primary Initial Transformer Design for Heat Values Measurement // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 1999. Т. 5. № 4. С. 536 – 542.

***Маклаков В.С., Ростяпин А.С., Филатов М.А.***

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
maklakovvs@yandex.ru*

Сельское хозяйство является ведущим сектором экономики Тамбовской области, его доля в ВРП составляет 17 %. Одна из наиболее острых проблем развития сельскохозяйственных предприятий – повышение энергетической эффективности обеспечение энергоресурсами, прежде всего газом и электроэнергией (ЭЭ).

Надежность и качество поставки газа и ЭЭ имеют большое значение для функционирования сельскохозяйственных предприятий. Каждое новое предприятие, как правило, использует современное высокотехнологическое и дорогостоящее оборудование, требует подключения к линиям электропередач, отвечающим требованиям качества и надежности поставки ЭЭ [1]. Однако значительная часть сельских распределительных сетей Тамбовской области не отвечает этим требованиям. В сложившейся ситуации целесообразным является исследование вопроса использования автономных источников электроснабжения на территории Тамбовской области.

Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий может быть осуществлено с помощью автономных источников, работающих на ВИЭ. Среди наиболее эффективных направлений для Тамбовской области можно считать использование биотоплива, а именно, преобразование энергии отходов биологического происхождения (растительные остатки, отходы животноводства и т.п.) в энергию, содержащуюся в биогазе, с помощью биогазовых установок в результате анаэробной ферментации. Не мало важно отметить, что после сбраживания субстрата содержание питательных веществ в шлам увеличивается на 15 % по сравнению со свежим навозом. При этом в полученном удобрении уничтожены гельминты и болезнетворные бактерии, семена сорных трав. Такое органическое удобрение может применяться без традиционных выдержек и хранения. После сепарации жидкий шлам применяется для полива при выращивании сельскохозяйственных культур, повышая урожайность от 40 до 120 %.

Это направление является одним из перспективных и многообещающих способов решения проблемы энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий. Удельная теплота сгорания биогаза 5500 – 6500 ккал/м<sup>3</sup>. Энергия, заключенная в одном кубическом метре биогаза, эквивалентна энергии 0,6 м<sup>3</sup> природного горючего газа; 0,74 л нефти; 0,65 л дизельного топлива; 0,48 л бензина.

Технологические ограничения: производительность газа значительно снижается при отклонении температуры на 1–2 °С от оптимума; требуются энергетические затраты на поддержание необходимой температуры; зависимость производительности установок от состава сырья и влажности загружаемого субстрата; оптимальное время пребывания субстрата в реакторе различается в зависимости от рабочей температуры и вида сбра-

живаемого сырья (при мезофильном типе ферментации 25 – 30 дней, при термофильном 10 – 15); неравномерность потребления биогаза; необходимо решить проблему хранения полученного удобрения или использования биошлама.

Эффективность использования биогаза в большой степени зависит от сезонной и суточной неравномерности потребления энергии. Генерация и объемы добычи биогаза в течение года относительно стабильны, тогда как электрические и тепловые нагрузки подвержены значительным колебаниям по сезонам и времени суток. Вследствие этого в отдельные периоды расход утилизируемого биогаза будет недостаточен для покрытия пиковых нагрузок, а при спаде потребляемых мощностей – избыточен [2].

Эффективность использования биогаза может быть существенно повышена за счёт более полной и равномерной загрузки мощностей ГЭУ. Наиболее распространенным способом реализации избыточной энергии на существующих в мире газотермических установках является поставка электроэнергии в общие электрические сети с оплатой её по установленным твердым тарифам.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 4 мая 2012 г. N 442 предлагается разрешить реализацию на розничном рынке ЭЭ, выработанной указанными генерирующими объектами, мощность которых превышает 25 МВт, но не более 150 МВт.

В этой связи актуальным является решение вопроса оценки биоэнергетических ресурсов в Тамбовской области, с целью определения экономически-эффективного потенциала и расчета технико-экономической целесообразности использования биогаза для получения ЭЭ для автономного энергоснабжения.

### ***Библиографический список***

1. Воронин, С. М. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / С. М. Воронин. – Волгоград : ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008 – 256 с.
2. Амерханов, Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р. А. Амерханов. – М. : Колос-Пресс, 2003. – 532 с.

***Мальцев К.В.***

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОТЕХНИКИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-ВЫЕЗДНОЙ РАБОТЫ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАЙОНАХ**

*Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина  
Тамбовский государственный технический университет  
(Blackseam78@mail.ru, KostikMalthew@yandex.ru)*

Ни для кого не секрет, что мототехника является относительно дешевым и удобным способом передвижения, она не только не утратила своей значимости среди других видов транспорта, но и сохранила большой потенциал, как в плане дальнейшего совершенствования своей конструкции, так и в плане расширения области применения.

В настоящее время мототехника используется: спасателями, пожарными, полицейскими, военными, медиками и др. службами.

Идея применения мототехники находит все более проникающее влияние на все сферы нашей повседневной жизни.

Для мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи (ЛЭП), а также для отыскания на них аварийных повреждений широко используются следующие мероприятия: пешие обходы ЛЭП, выезды оперативно-выездной бригады (ОВБ), применение беспилотных летательных аппаратов [1], а также применение различных дистанционных устройств автоматики и телемеханики [2].

Несмотря на существующие достоинства перечисленных мероприятий, все они имеют те или иные недостатки, что не позволяет в полной мере обеспечивать высокую надежность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

В последние годы, в связи с активизацией политики энергоэффективности и энергосбережения во всех сферах жизнедеятельности нашего общества, энергетики все чаще стали задумываться над необходимостью смены ориентиров и признании предпочтительным более экономичных способов обслуживания электросетевого хозяйства.

В этой связи весьма перспективным направлением, позволяющим оперативно производить оценку технического состояния воздушной ЛЭП и значительно сокращать время отыскания мест возникновения аварийных повреждений, может являться использование, наряду со спецавтомобилями ОВБ, высокоманевренной среднекубатурной мототехники, оснащенной специализированными аппаратными средствами и специальными инструментальными принадлежностями.

По сравнению со спецавтомобилями, мототехника имеет целый ряд выгодных преимуществ, таких как: более лучшая проходимость, меньший вес в сравнении с полезной нагрузкой, большая мощность на единицу веса, более высокая маневренность, более высокая динамика разгона, более низкий удельный расход топлива, более простой сервис и техническое обслуживание. На сегодняшний день в энергетике известны успешные примеры использования мототехники, в частности филиал ПАО «МРСК Центра» - «Тамбовэнерго» использует снегоходы для осмотра воздушных линий [3].

Однако для адаптации мототехнического транспортного средства для нужд электроэнергетики необходимо решить целый ряд сложных вопросов, таких как обоснование выбора типа и марки мототранспортного средства для выполнения конкретно поставленной задачи, обоснование и внесение соответствующих изменений и доработок в его конструкцию, а также дооснащение его необходимым электрооборудованием и инструментом. Отдельным вопросом является разработка, согласование и утверждение специальных должностных инструкций по охране труда для электротехнического персонала, выполняющих работы на ЛЭП с использованием мототехники.

Развитие оперативной службы мототехники в электроэнергетике потребует решения еще многих, не рассмотренных в данной публикации, вопросов. Это и разработка нормативной базы, и оптимизация технических решений по выбору и оборудованию мототехники, кадровые и финансовые вопросы. Но, несмотря на все трудности и «подводные камни», применение мототехники в электроэнергетике имеет широкие перспективы и будет активно развиваться.

*Научные руководители: к.т.н., доцент Чернышов В.А., к.т.н., доцент Печегин Е.А.*

#### ***Библиографический список***

1. А.В. Виноградов, В.А. Чернышов, А.Е. Семенов, А.О. Мороз. Спо-соб мониторинга технического состояния элементов воздушной линии электропередачи. - Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 3.- с. 64-69. [http://www.agrotech-orel.ru/releases/magazine/3-\(3\)-2014.pdf](http://www.agrotech-orel.ru/releases/magazine/3-(3)-2014.pdf)
2. Самарин А. В., Рыгалин Д. Б., Шкляев А. А. Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП // Естественные и технические науки. 2012. № 1, 2. <http://naukarus.com/sovremennye-tehnologii-monitoringa-vozdushnyh-elektrosetey-lep>
3. Тамбовские энepгетики заменили лыжи снегоходами <http://elektroas.ru/tambovskie-energetiki-zamenili-lyzhi-snegoxodami>.

***Бортников И.А., Позднякова В.В.***

#### **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА В ТАМБОВЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(toxa022@mail.ru, cheater0627@gmail.com, zloy1188@yandex.ru)*

Проблема современного городского электрического транспорта в г. Тамбове требует особого внимания. По данным управления транспорта Тамбовской области, настоящее состояние городского электротранспорта оценивается как близкое к коллапсу. Продолжается устойчивый процесс износа контактных сетей троллейбуса, тяговых подстанций и непосредственно транспорта. Прибыль от перевозок не покрывает и 65% эксплуатационных расходов предприятия, обслуживающего электротранспорт.

В настоящее время на государственном уровне утверждена федеральная программа, в которой имеется подпрограмма «Реформирование общественного пассажирского транспорта». Однако, в реальной ситуации, финансирования категорически не хватает. По официальным подсчетам управления транспорта, на полную реконструкцию тяговых подстанций, контактной сети и замены троллейбусного парка потребуется порядка 650 миллионов рублей. В период экономического кризиса в стране эта цифра выглядит фантастической.

Администрация г. Тамбова задумывается о нерентабельности поддержки электротранспорта, который в городе финансируется на муниципальной основе. В будущем неизбежна полная ликвидация троллейбусного

парка и закрытие тяговых подстанций, которые запитывают контактную сеть троллейбуса. На основании этого появляется экологическая составляющая вопроса.

В 2015 году г. Тамбов признан самым экологически чистым областным центром в России. Стоит отметить, что в городе, где химическая промышленность являлась и является передовой, необходимо постоянно сокращать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Процесс урбанизации неуклонно растет, с ним повышается и количество автотранспорта. Данная статистика отражает негативное влияние на атмосферу. На рисунках 1 и 2 представлены показатели роста городского населения и количество легковых автомобилей в собственности населения.

Для поддержания статуса экологически чистого города необходима модернизация городского электротранспорта. На полную реконструкцию рассчитывать не стоит, но планомерный и постепенный ремонт необходим в самые ближайшие сроки.

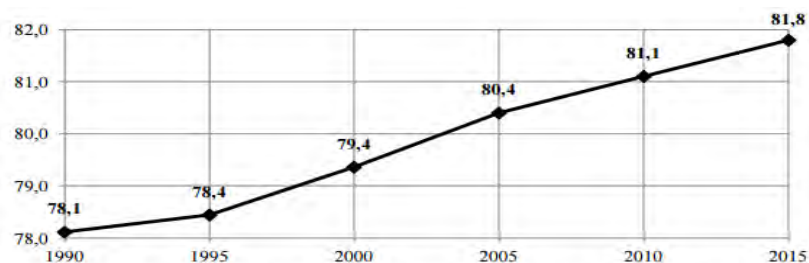


Рис. 1. Доля городского населения в общей численности населения (процент)

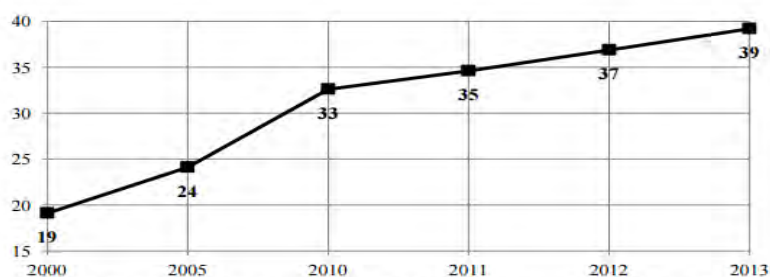


Рис. 2. Легковые автомобили в собственности граждан, мл

Износ контактной сети в городе составляет порядка 80%, тяговых подстанций – 60-65%. Троллейбусный парк сократился до 40 троллейбусов.

Полностью заменить весь дизельный общественный транспорт на электрический не представляется возможным, но возможна по совместительству замена на газовый, например, метановый.

Современной идеей является появление троллейбусов на литий-ионных аккумуляторах, способных передвигаться не только от контактной сети, но и от автономного источника питания. Подобные троллейбусы появились в Новосибирске, они способны преодолеть расстояние до 25км.

На основании выше представленного материала можно сделать следующие выводы:

1. Для поддержания экологической составляющей города необходима, как минимум, частичная реконструкция сетей электрического транспорта.
2. Основной проблемой является финансовая составляющая проблемы в непростое для российской экономики время.

#### **Библиографический список**

1. Милова Е.А., Проблемы и тенденции развития городского электрического транспорта в России, сравнение с международным опытом, Научный альманах, 2016, №5-1, 159-164.



**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ  
ПРИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
toxa022@mail.ru*

Развитие электроэнергетики за последние годы характеризуется активным внедрением электронной аппаратуры в системах релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики. Однако электронная аппаратура, как правило, весьма чувствительна к помехам, появляющимся во вторичных цепях, источниками которых являются коммутационные аппараты, удары молний, токи короткого замыкания и т.д. С другой стороны, внедрение новой техники и технологий способствует ухудшению показателей качества электроэнергии, что приводит к снижению надежности электронной аппаратуры и резкому возрастанию отказов в работе или ложным срабатываниям.

Под надежностью понимается свойство объекта выполнять заданные свойства в заданном объеме при определенных условиях эксплуатации.

Одним из видов электронных средств релейной защиты является устройство комплексной защиты электродвигателей. Данное устройство выполняет комплексную защиту как асинхронного двигателя, так и части системы электроснабжения с электродвигательной нагрузкой от ненормальных режимов. Устройства комплексной защиты электродвигателей просты в устройстве и достаточно удобны при эксплуатации и ремонте, однако имеют низкие функциональные возможности. Устройства комплексной защиты электродвигателей, выполненные на микропроцессорной элементной базе, способны повысить работоспособность и качество функционирования системы электроснабжения с электродвигательной нагрузкой в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, однако имеют высокую восприимчивость к помехам.

Известно, что для нарушения работы электромеханического реле требуется энергия  $10^{-3}$  Дж, а для нарушения работы интегральной микросхемы требуется  $10^{-7}$  Дж. Помехи с такой энергией могут возникнуть как в системе электроснабжения с электродвигательной нагрузкой, так и могут поступить из внешней сети.

Причинами снижения надежности системы электроснабжения с электродвигательной нагрузкой являются не только ложные срабатывания или отказы, но и техническое несовершенство релейной защиты. Последнее обстоятельство тесно связано со структурной схемой устройства комплексной защиты электродвигателя. Как правило, системы защит электродвигателя выполнены на базе жестких связей уставок и входных сигналов. Применение гибкой адаптивной защиты электродвигателя позволяет избежать влияния внешних воздействий, а также появляется возможность отстраиваться от ненормальных режимов в автоматическом режиме. Выполнение устройства комплексной защиты электродвигателей с элементами адаптивности возможно лишь при использовании современной электронной базы, и невозможно на электромеханической.

Другим обстоятельством, требующим применения новых алгоритмов выявления и предотвращения ненормальных режимов, является усложнение технологических процессов использующих асинхронный электропривод. Ухудшение показателей качества электроэнергии отрицательно сказывается как на работе самого асинхронного двигателя, так и на работе устройств защиты. Применение защит, реагирующих на изменение показателей качества электроэнергии, позволяет повысить надежность работы электроснабжения сети с электродвигательной нагрузкой.

Для повышения надежности системы электроснабжения с электродвигательной нагрузкой следует выполнить следующие задачи:

- исследовать и проанализировать внешние воздействия в системы электроснабжения с электродвигательной нагрузкой, такие как коммутационные перенапряжения, несинусоидальность и несимметрия напряжения;
- исследовать условия возникновения максимальных коммутационных перенапряжений с учетом разновременности размыкания контактов коммутационных аппаратов и нормирование указанной разновременности;
- исследовать влияние несимметрии напряжения на максимальный момент асинхронного двигателя;
- разработать и исследовать гибкую микропроцессорную защиту электродвигателей с элементами адаптивности.

***Библиографический список***

1. Соркин Д. М. Д., Асинхронные двигатели 0,4кВ. Аварийные режимы работы, Новости электротехники, 2005, №2(32), 102-106.

## **АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
toxa022@mail.ru*

Электроэнергетика, как отрасль является базовой для большинства отраслей народного хозяйства. Однако в условиях техногенных катастроф или терроризма весьма уязвима. Эта уязвимость электроэнергетики, как технической системы обусловлена несоблюдением принципа разнообразия и неоднородности, присущие живой природе.

В настоящее время электроэнергетика представлена крупными электростанциями, которые достались в наследство от СССР и в настоящее время практически выработали свой ресурс.

Если смотреть на текущее состояние состояние распределённой энергетики в соотношении с большой генерацией, то распределенная энергетика занимает лишь 1,57% от общей установленной мощности:



Рис. 1. Современное состояние распределенной энергетики в России.

Однако географические особенности нашей страны, специфика ее расселения, представляют большую перспективу для развития распределенной энергетики, о чем говорят цифры ввода новых мощностей:



Рис. 2. Ввод новых генерирующих мощностей на территории России.

Таким образом, четверть вводимых генерирующих мощностей приходится на долю распределенной генерации. Эффективность функционирования распределенной генерации будет зависеть от использования интеллектуальных систем: активно-адаптивных электрических сетей или SMART GRID.

На уровне правительства решается вопрос о модернизации, а в ряде случаев строительстве новых электростанций в связи с этим разрабатывается новая концепция, учитывающая развитие распределённых источников энергии.

По состоянию на осень 2011 г. Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям утверждено 27 технологических платформ, из них 8 относятся к энергетическому сектору:

1. Интеллектуальная энергетическая система России
2. Малая распределенная энергетика
3. Перспективные технологии возобновляемой энергетики
4. Экологически чистая тепловая энергия высокой мощности
5. Биоэнергетика
6. Технологическая платформа твердых полезных ископаемых
7. Технологии добычи и использования углеводородов.

## 8. Глубокая переработка углеводородных ресурсов

Пять из них: Интеллектуальная энергетическая система России, Малая распределенная энергетика, Перспективные технологии возобновляемой энергетики, Экологически чистая тепловая энергия высокой мощности, Биоэнергетика – отвечают задачам реализации национального приоритета, связанного с обеспечением энерго- и ресурсосбережения, энергоэффективного потребления и развития использования ВИЭ.

Одним из основных вопросов внедрения распределенной генерации с активно-адаптивной электрической сетью, является решение задач оптимизации топологии систем электроснабжения с учетом особенностей районных распределительных электрических сетей. С научной точки зрения, перспективными являются исследования по оценке эффективности использования распределенных источников энергии на территории Тамбовской области с учетом применения биоэнергетических источников энергии.

### *Библиографический список*

1. Зазуля А.Н., Кобелев А.В., Кочергин С.В., Хребтов Н.А., Использование биогазовых установок в электроснабжении сельскохозяйственных предприятий Тамбовской области, Наука в центральной России, 2013, №4, с. 66-70.

*Митрохин А.Ю.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
toxa022@mail.ru*

Современная хозяйственно-экономическая деятельность человека во многих сферах (экономика, промышленное производство, здравоохранение, электроэнергетика) не возможна без принятия решений, основанных на прогнозировании развития текущей ситуации.

Автоматизация сбора данных о потреблении электрической энергии, широкое использование информационных технологий и вычислительных средств обработки числовой информации связаны с накоплением и обработкой значительных объемов наблюдений. Временные ряды (значения сигналов) при этом получают значительной длины с высокой степенью дискретизации, что позволяет рассматривать их как эволюционные. Для сложных стохастических нестационарных сигналов сам источник можно рассматривать как нелинейную динамическую систему (ДС) с неизвестными уравнениями фазовой траектории движения («черный ящик»), где сам сигнал является наблюдаемой реализацией данной системы.

Среди основных моделей и технологий прогнозирования можно выделить: авторегрессионные модели, нейронные сети, методы классификации в контексте прогнозирования, метод группового учета аргументов, метод Гусеница, вейвлет-анализ. Данные и другие разработки применяются при построении прогнозов, однако в области применения их к стохастическим, нестационарным эволюционным рядам трудно выделить наиболее подходящий метод.

Так как все известные методы прогнозирования основываются на анализе прошлых значений сигнала, встает вопрос выбора объема ретроспективы, которая, с одной стороны, не будет учитывать явно устаревшие значения, а с другой, – будет достаточно длинной, чтобы уловить глобальную тенденцию движения сигнала. Поэтому наряду с разработкой методов прогнозирования остро стоит проблема разработки метода математически обоснованного выбора ретроспективного объема данных для использования их в прогнозирующем аппарате [1]

Как ни странно, многим физическим объектам присуща не целочисленная, а дробная размерность, за что они называются фракталами (от английского слова Fractional – дробный). Классическим примером фрактала из области геофизики является береговая линия островов. Примером аналитического задания фрактала является функция Вейерштрасса:

$$W(a, b, x) = \sum_{n=1}^{\infty} a^n \cdot \cos(b^n \cdot \pi \cdot x)$$

Алгоритм построения прогноза на основе фрактальных свойств выглядит следующим образом:

1) Для каждого значения временного ряда, начиная с 33 значения, рассчитывается индекс фрактальности  $\mu(t)$  и коэффициент регрессии  $K_t(t)$ .

2) Задаются счетчики длительности трендов  $n_1$  и  $n_2$ .

3) По значениям  $\mu(t)$  и  $K_i(t)$  и по длительности трендов  $n_1$  и  $n_2$  делается вывод о состоянии ряда  $S(t)$ :

- если  $S(t)=0$ , то временной ряд находится в состоянии хаотического движения и прогнозное значение доходчивости будет равно значению доходности в предыдущей точке;

- если  $S(t)=\pm 1$ , то прогнозное значение получим, используя регрессию по четырем предыдущим точкам [2].

Использование фрактальных методов в электроэнергетике нашли в работе [2], где было доказано, что область устойчивости электроэнергетических систем имеют в полярных координатах фрактальную структуру и при их изучении и анализе можно использовать методы и алгоритмы теории фракталов. В заключении, можно отметить, что использование методов фрактального моделирования в электроэнергетике имеет большую перспективу, о чем свидетельствует рост публикаций в мировой печати. Они могут также найти свое достойное место в моделирование распределённых источников энергии и оптимизации режимов их работы.

### ***Библиографический список***

1. Ерошин А.В., Анализ и прогнозирование сложных стохастических сигналов на основе методов выделения границ реализаций динамических систем, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики. Санкт-Петербург, 2009.
2. Журавлёва Ю.Н., Микшина В.С., Построение инвестиционной стратегии на основе математических моделей и фрактальных свойств, Современные проблемы науки и образования, 2012, № 2, с. 229.

***Зарандия Ж.А., Иванов Е.А.***

### **МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail:zarandiya.zha@gmail.com)*

Развитие рыночных отношений в электроэнергетике, высокие требования к надежности и качеству электрической энергии, интенсификация технологических процессов, влияющих на режимы работы электроустановок неизбежно ведет к необходимости оценки их влияния и на проблему оптимизации схем и параметров электроснабжения.

Математические модели оптимизации электроснабжения основаны на их экономико-математическом описании с учетом теории надежности, на решении дифференциальных уравнений аналитическими и численными методами, теории экспертных оценок, теории вероятностей, случайных процессов и математической статистики а также транспортных задач электроэнергетики.

На основании анализа ряда фундаментальных работ, посвященных проблеме оптимизации, задачи оптимизации электроснабжения в частности компенсации реактивной мощности также подразделяется на две основные группы:

К первой группе относятся выбор оптимальных схемных решений, как отдельных схем так и электроаппаратуры в целом. Ко второй группе относятся задачи оптимального выбора номинальных величин и режимов работы. Ко второй группе относятся также задачи прогнозирования надежности и стратегии оптимальной периодичности профилактического обслуживания установок компенсации реактивной мощности.

Сущность задач электроснабжения второй группы заключается в поиске и учете всех определяющих свойств системы, выраженных математическими моделями, с помощью которых можно составить достаточно полную картину поведения системы с экстремальными значениями параметров установок и методы определения оптимальной рабочей области параметров.

В настоящее время методы поиска оптимума можно разделить на две группы: классические и алгоритмические.

При использовании комплексного метода нахождения оптимума целевой функции необходимо вводить в качестве ограничений формализованные требования:

1) по обеспечении физической реализуемости схемных решений, а также допустимых технических характеристик электроустановок;

2) по обеспечению требуемых уровней выходных параметров (тока, напряжения, мощности, качество электроэнергии,  $\cos \phi$ ).

3) в том числе ограничения, учитывающие статическую информацию, полученной при длительной эксплуатации и испытаниях аналогичных схем и их элементов;

4) часть ограничений могут иметь неполную или неопределенную информацию о законах изменения их параметров надежности, сложность учета и невозможность строгой формализации цепи и несовпадение целей системы и подсистем которые ограничивают использование оптимизационных моделей и чаще всего приводит к применению оценочных моделей со всеми их достоинствами и недостатками.

Второй особенностью оптимизационных моделей задач электроснабжения являются: необходимость системного подхода, наличие особенностей больших систем, системного анализа т.е. рассмотрение её как единое целое и учет необходимости её развития, т.е. рассмотрение её как динамической системы, приводящие в конечном виде к нелинейной многоэкстремальной целевой функции.

Сложность учета этих особенностей заключается в том, что при этом ограничивается использование упомянутых выше оптимизирующих моделей, имеющие с точки зрения общности решения задач, но с определенными недостатками, заключающиеся в обязательном применении итерационных методов оптимизации, т.к. надежные показатели имеют в большинстве случаев нелинейный характер.

### ***Библиографический список***

1. Арзамасцев, Д.А. Модели и методы оптимизации развития энергосистем / Д.А.Арзамасцев, А.В Липес., А.Л. Мызин. – М: Высш. шк., 1987. – 272 с.
2. Монсеев, Н.Н. Методы оптимизации / Н.Н. Монсеев. - М.: Наука, 1978.-351 с.
3. Кобелев, А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления 13.03.02 «Электроэнергетика» / А.В Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печегин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. Опт. Диск (CD-ROM)/ - Загл. с экрана

***Зарандия Ж. А.***

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов  
(e-mail:zarandiya.zha@gmail.com)*

Зарубежный и отечественный опыт свидетельствует о том, что неуклонно растет число механизмов, агрегатов и установок, на которых успешно и эффективно применены преобразователи частоты (ПЧ). Интересным является применение такого электропривода в традиционно нерегулируемых насосах, вентиляторах, компрессорах. Переход от нерегулируемых электроприводов к регулируемым во многих технологиях может рассматриваться как основное направление развития, поскольку при этом существенно повышается качество технологических процессов и экономится до 30% электроэнергии.

Для принятия решения о модернизации необходимо соизмерять затраты с достигаемым эффектом. Трехфазный короткозамкнутый двигатель имеет выигрышные показатели: низкая стоимость, малые эксплуатационные затраты, простая конструкция и высокая технологичность изготовления машины.

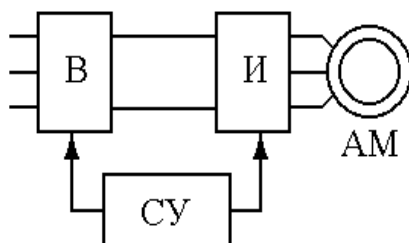


Рис.1. Структура частотно-регулируемого электропривода.

При выборе системы частотного регулирования для подъемно-транспортных механизмов необходимо учитывать динамические особенности электромеханической системы. Оптимальное частотное управление

возможно при правильном выборе закона управления. Работающий на электродвигатель преобразователь частоты обеспечивает различные режимы управления электродвигателем, реализуя линейные и нелинейные зависимости между угловой скоростью вращения и выходным напряжением.

Простейшие преобразователи частоты реализуют линейную зависимость между напряжением и частотой питающей сети ( $U/f = \text{const}$ ), что может обеспечить в электроприводах постоянный момент вращения. Большинство современных преобразователей частоты позволяет учесть специфику объекта управления путем задания вида вольт-амперной характеристики параметрированием.

Для регулирования электроприводов насосов и вентиляторов, а также управления параллельно работающих двигателей, используется квадратичная зависимость ( $U/f^2 = \text{const}$ ).

Перечисленные режимы управления большинства электроприводов достаточны для применения. В нашей стране разрабатываются новые частотно-регулируемые электроприводы, например в НТЦ «Приводная техника» или компании «Веспер» и др. Среди отечественных разработок частотно-управляемых электроприводов известны преобразователи частоты типа ТПТС 60, содержащие инвертор тока, номинальной мощностью до 60 кВт и ТПТС 100, содержащие инвертор напряжения, для двигателей номинальной мощностью более 60 кВт [1].

Анализ исследований, проведенных в работах [2 и др.], позволяет сделать выводы, что для высокой стабильности поддержания скорости и момента целесообразно использовать автономный инвертор тока с обратной связью по току. Это обеспечивает благоприятные для работы механизма грузоподъемного механизма жесткие механические характеристики.

Для управления двигателями мостового подъемного крана (двигателя передвижения моста и двигателя передвижения тележки), работающего в повторно-кратковременном режиме работы, целесообразно использовать разомкнутые системы управления, простые схемы инвертора, а для обеспечения работы на малых скоростях – фиксированные настройки частоты и напряжения. Экономичные пусковые и тормозные режимы обеспечиваются управлением с постоянными током и моментом.

#### **Библиографический список**

1. Яуре, А.Г. Крановый электропривод. Справочник/ А.Г. Яуре, Е.М. Певзнер. – М. Энергоатомиздат, 1988.– 334с.
2. Мещеряков, В.Н. Исследование динамики электромагнитных и электромеханических процессов в системах асинхронного электропривода с частотно-параметрическим управлением / В.Н. Мещеряков, А.А. Финеев // Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования.– М.: 2003.–С.34-36.

**Зарандия Ж.А.**

#### **ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов  
(e-mail:zarandiya.zha@gmail.com)*

Потери энергии при пуске, торможении и других переходных режимах существенно сказываются на общем потреблении энергии из сети, а также на нагреве двигателей и аппаратуры. Потери энергии в ряде случаев трудно учесть с достаточной точностью, однако очень важно знать, какие факторы сказываются на величине этих потерь. Потери во время переходных процессов зависят от моментов инерции, приводимых в движение, и от скорости, до которой ускоряется и от которой замедляется привод.

$$\Delta W = \int_{t_1}^{t_2} \Delta P dt = \int_{t_1}^{t_2} M \cdot \omega_0 \cdot s \cdot dt ,$$

где  $M$  – момент,  $s$  – скольжение.

Нагрев двигателя в процессе его работы во многих случаях определяет выбор его габарита. Потери энергии в обмотках зависят от квадрата тока (нагрузки двигателя) и являются переменными потерями. Потери в магнитопроводе и на трение не зависят от нагрузки. Потери в двигателе в конечном счете превращаются в тепло, отдаваемое в окружающую среду и повышающее температуру самого двигателя. В крановых двигателях постоянные потери часто бывают очень велики, поэтому рассчитанные на повторно-кратковременный режим работы, не могут работать длительно. При рекомендованных нормами температурах нагрева изоляция двигате-

ля может служить более 10-15 лет (сроки получены на основании экспериментальных данных). Практика эксплуатации крановых электроприводов показывает, что обмотки двигателей, не перегретых сверх норм, в результате естественного старения изоляции выходят из строя довольно редко [1].

В тепловом отношении электрическая машина – сложный объект: она неоднородна по материалу, имеет рассредоточенные внутренние источники тепла, интенсивность которых зависит от режима, теплоотдача зависит от скорости и т.п. При одном накопителе энергии, в данном случае тепловой, переменная, характеризующая ее запас, изменяется по экспоненте, являющейся решением:

$$\tau = (\tau_{нач} - \tau_{кон})e^{-t/T_T} + \tau_{кон},$$

где  $\tau_{кон}$  – конечное (установившееся) значение превышения температуры;  $T_T$  – тепловая постоянная времени;  $t$  – разность температур двигателя и окружающей среды.

Уравнение позволяет представить динамическую тепловую модель двигателя в виде передаточной функции

$$W(p) = \frac{\tau(p)}{\Delta P(p)} = \frac{1/A}{T_T p + 1},$$

где  $A$  – коэффициент теплоотдачи.

Отметим, что постоянная времени  $T_T$ , вообще говоря, – не постоянная: в начальной части нагрева, когда греются лишь активные части, главным образом обмотки, и тепло не успевает распространиться по всему телу машины, реальный процесс идет быстрее, чем по расчету, т.е.  $T_T' < T_T$  – пунктир на рис. 1.

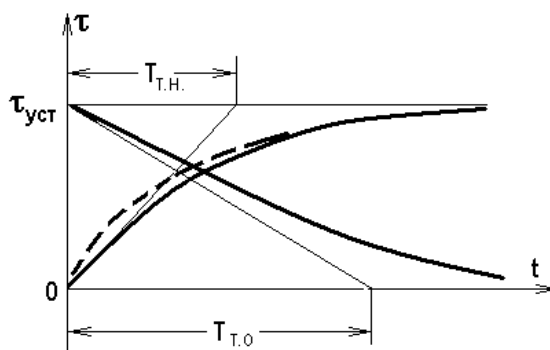


Рис. 1. Характеристики нагрева – охлаждения электродвигателя

Соотношение  $e^{-at}$  позволяет приблизительно оценить, во сколько раз изменится срок службы изоляции при увеличении перегрева ее на величину  $\tau$ . Целесообразно принимать срок службы и скорость разрушения изоляции при перегреве за единицу. Если температура двигателя при переменной нагрузке изменяется закономерно, то необходимо, чтобы суммарный фактический износ изоляции не превышал такого износа, который имел бы место при длительной работе с нормированным превышением температуры.

Пользуясь этим условием, можно найти температурный, а, следовательно, и нагрузочный график, равнозначный по износу изоляции длительной работе двигателя при установленной нормами температуре.

Возможны следующие способы снижения потерь энергии в переходных процессах: уменьшение момента инерции путем выбора соответствующего двигателя и редуктора или замены одного двигателя двумя половинной мощности; замена торможения противовключением динамическим торможением или использование механического тормоза; переход от скачкообразного изменения  $\omega_0$  к ступенчатому; плавное изменение  $\omega_0$  в переходном процессе [2].

### Библиографический список

1. Меклер, А.Г. Электрооборудование подъемно-транспортных машин / А.Г. Меклер. – М.: Изд. Машиностроительной литературы, 1979–452с.
2. Ильинский, Н.Ф. Основы электропривода: учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Ильинский. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 224с.

*Никитина А.М., Юдкин М.А., Маханек Н.О.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ РАЙОНОВ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ НАГРУЗОК: НА ПРИМЕРЕ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»  
(89092324214@rambler.ru)*

К распределительным сетям с малой плотностью нагрузок относятся сельские электрические сети 0,38...10 кВ, протяженность которых в настоящее время составляет около 2,5 млн. км.

Сегодня системы электроснабжения районов с малой плотностью нагрузок находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и характеризуется недостаточным уровнем надежности электроснабжения и качества электроэнергии у потребителей. Более половины таких сетей выработали свой ресурс и нуждаются в замене. Потери при передаче и распределении электроэнергии в сетях по Тамбовской области на 2015-2016 гг. недопустимо велики и составляют около 16,96% [1].

Для обеспечения развития и надежного функционирования распределительных сетей согласно Энергетической стратегии России на период до 2020 г. основным направлением является комплексное решение задач, направленных на обеспечение надежности и экономичности электроснабжения потребителей [2]. Проблемы электроснабжения сетей с малой плотностью нагрузок должны решаться с использованием новых принципов, технических решений и средств.

В распределительных сетях районов с малой плотностью нагрузок практически не применяются устройства компенсации реактивной мощности. Они предназначены для компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения, тем самым повышая качество и снижая потери электроэнергии.

Таким образом, установка средств компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения районов с малой плотностью нагрузок необходима для повышения коэффициента мощности, качества электроэнергии по напряжению и снижения потерь электроэнергии.

### ***Библиографический список***

1. [http://www.tamcomsys.ru/index.php?aux\\_page=aux5002](http://www.tamcomsys.ru/index.php?aux_page=aux5002)
2. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_87926/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87926/)
3. Будзко И.А., Левин М.С., Терешко О.А., Переверзев П.С. Комплексная оценка технического состояния сельскохозяйственных сетей 10 и 0,38 кВ. // Электрические станции. 1987. - №12.
4. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. 176 с.

*Носуров А.В., Корсун А.Р., Сафронов В.И., Зарандия Ж.А.*

## **ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ШИНОПРОВОДОВ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОТВЕРСТИЯМИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(ee@mail.nnn.tstu.ru)*

Токоведущие шинопроводы распределительных устройств сетей низкого напряжения являются носителями потоков электромагнитной энергии большой мощности, поэтому токовая интенсивность в них существенная из-за наличия технологических отверстий. Постоянное стремление к увеличению потоков мощности и уменьшению габаритных размеров требует увеличения плотности тока в проводящих шинах до  $10^8$  А/м<sup>2</sup>, что может привести к искажению электрического поля проводимости в зонах технологических отверстий, порождая локальные магнитные поля в объемах, соизмеримых с размерами отверстий. Для оценки степени деформирования и разрушения локальной зоны рассмотрим электромагнитную ситуацию вокруг отверстия в плоской алюминиевой шине под током. Предположим, что отверстие радиуса R обтекается электрическим током I в алюминиевой шине с проводимостью  $\sigma$ . Сечение, удаленное на расстояние  $r$  от центра отверстия, равно  $h dr$ , где  $h$  - толщина шины, а проводимость  $dG$  слоя  $dR$  току на участке  $(0 - \pi)$  равна:



$$dG = \frac{h dr}{r d\varphi} \sigma \quad (1)$$

Тогда напряжённость электрического поля тока в шине определяется выражением:

$$E = \frac{dU}{d\ell} \quad (2)$$

где  $d\ell = r d\varphi$ . Далее, найдём распределение тока вокруг отверстия и напряжённость электрического поля.

$$I = E h \sigma, E = K \frac{1}{r}, \text{ где } K = \frac{1}{h \sigma}. \quad (3)$$

Используя уравнение Пуассона для векторного потенциала  $A$ , определим индукцию  $B$  магнитного поля тока.

$$\nabla^2 A = -\mu_0 \mu \sigma E \quad (4)$$

где  $\mu_0$  - магнитная постоянная,  $\mu$  - относительная магнитная проницаемость.

В циклических координатах:

$$\frac{d^2 A}{dr^2} = -\mu_0 \mu \sigma \frac{k}{r} \quad (5)$$

Обозначим при этом  $\mu_0 \mu \sigma k = c$ , тогда уравнение Пуассона примет вид:

$$\frac{d^2 A}{dr^2} + c \frac{1}{r} = 0 \quad (6)$$

При граничных условиях,  $r \rightarrow \infty$ ,  $A = 0$  и  $r = R$ ,  $\text{div } A = 0$  получим:

$$A = \frac{\mu_0 \mu \sigma k}{R} r \quad (7)$$

Для нахождения индукции  $B$  возьмём операцию ротора над векторным потенциалом  $A$  по координате  $z$ , ортогональной плоскости проводника:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{\pi R} \quad (8)$$

Тогда напряжённость поля на кромке отверстия радиусом  $R$ :

$$H_0 = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{I}{\pi R} \quad (9)$$

При взаимодействии тока с магнитным полем возникают электродинамические усилия  $\sigma_f = j_0 H_0$ , действующие на кромку отверстия. Согласно [1] плотность тока на кромке увеличивается вдвое по сравнению с плотностью тока вдали отверстия  $j$ , равной  $I/hb$ , где  $b$  – ширина пластины. Учитывая выражение (10), найдём напряжения деформирования:

$$\sigma_f = \frac{0,64 I^2}{R h b} \quad (10)$$

Примем за критерий разрушения стенок отверстия достижение напряжения  $\sigma_f$  до предела текучести материала  $\sigma_T$ . Тогда критическое значение плотности тока определяется по формуле:

$$j_{кр} = 125 \sqrt{\frac{\sigma_T R}{h b}} \quad (11)$$

Например, для алюминиевой шины шириной  $b=10$  см и толщиной  $h=10$  мм с отверстием радиуса  $R=0,6 \cdot 10^{-2}$  м и  $\sigma_T=2,7 \cdot 10^8$  Па критическое значение плотности тока  $j_{кр}=5 \cdot 10^6$  А/м<sup>2</sup>.

#### Библиографический список

1. Иванов, В.М. Управление разрушением плоских проводников электромагнитным полем / В.М. Иванов // Вестн. Тамб. ун-та. – 2003. -Т.8,Вып.4. - С.689-690.

# СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ СИНХРОННОГО ПРИВОДА МОТАЛКИ СТАНА «2000» ЦГП ПАО «НЛМК» В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB SIMULINK

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
tolyanichlip@mail.ru, alexevs94@gmail.com, wreditels@mail.ru

Металлургия является ведущей отраслью народного хозяйства страны. Тенденция использования синхронных двигателей в прокатном производстве оправдано необходимостью большой мощности и cosφ. Синхронные машины обладают рядом недостатков, которые делают их менее выгодными, чем асинхронные двигатели, при ограниченных мощностях до 100 кВт. Однако при более высоких мощностях, когда особенно важно иметь высокий cosφ и уменьшенные габаритные размеры машины, синхронные двигатели предпочтительнее асинхронных.

На данный момент остро стоит вопрос о виртуальном моделировании синхронных электроприводов. Так как использование подобной модели на производстве поможет рабочему персоналу без труда рассчитывать перспективу внедрения изменения в технологический процесс, производить проверку тепловых режимов, исследование нагрузки на разных этапах, проведение различных экспериментов и выявление дефектов в системе регулирования.

Была разработана универсальная модель синхронного привода моталки стана «2000» в программном пакете Matlab Simulink, схема, которой, приведена на рис.1.

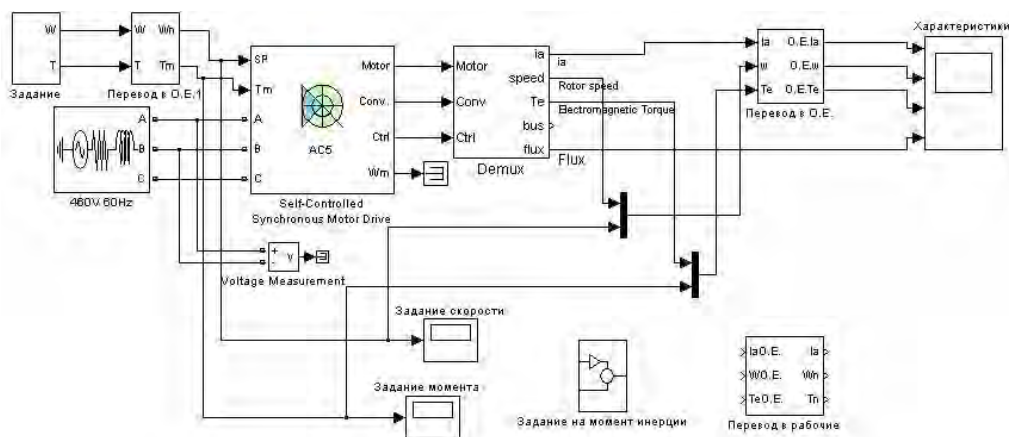


Рис.1. Модель синхронного привода моталки в среде Matlab Simulink.

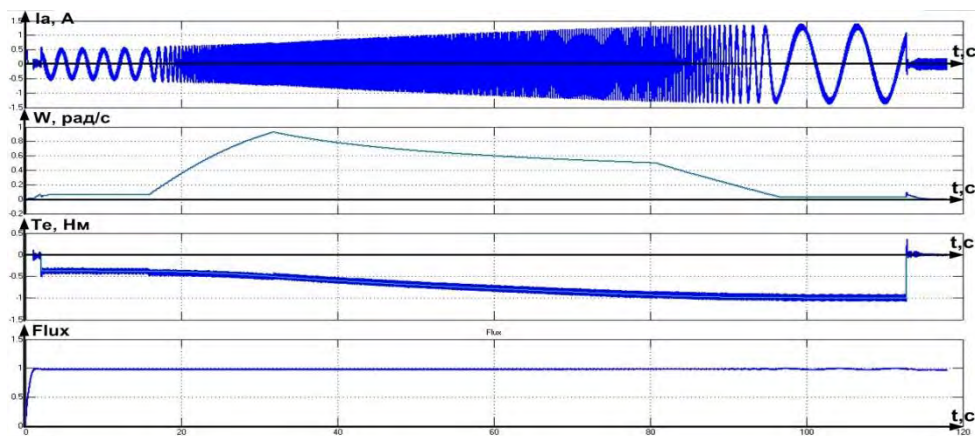


Рис.2. Графики зависимости основных выходных параметров от времени за весь цикл работы моталки.

С помощью блоков перевода в относительные единицы смогли добиться универсальности модели, и использование её для изучения электроприводов моталок различных мощностей. Была разработана подсистема задания скорости и момента в зависимости изменения от радиуса. Так же была разработана подсистема вычисления момента инерции и интегрирования ее в модель.

На рис.2 показаны выходные характеристики тока статора[1], скорости, электромагнитного момента и потока модели синхронного привода, согласно технологическому процессу моталки стана.

Графики, полученные в результате моделирования, оказались схожими с графиками, взятыми с производства и рассчитанными ранее, благодаря чему, был сделан вывод, что модель является рабочей, и первоначальные цели по созданию универсальной модели достигнуты.

*Работа выполнена под руководством профессора Мещерякова В.Н.*

#### **Библиографический список**

1. Мещеряков В.Н., Левин П.Н. Оптимизация взаимного положения векторов тока статора и магнитного потока асинхронного двигателя при векторном управлении / В.Н. Мещеряков, П.Н. Левин// Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2006. - №1. – С. 25-27.

**Позднякова В.В.**

#### **ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
zloy1188@yandex.ru*

Современные электроэнергетические системы представляют собой высокоразвитые системы с многоуровневой иерархической структурой. [1, 2] Для «умного управления» такой сложной, разветвленной и нелинейной системой, необходим поиск и использование инновационных подходов для прогнозирования развития событий с целью выработки правильных и оперативных решений.

Концепцию функционирования сложных систем (к ним можно отнести также – электроэнергетические системы), можно сформулировать в следующем виде [3]:

1) динамика системы имеет в значительной степени детерминированный характер, т. е. доминирующими в ней являются в определенном смысле детерминированные процессы;

2) развитие системы не имеет цели, явно сформулированной и осмысленной одним или несколькими индивидами, и происходит в результате доминантно-конкурентно-кооперативных взаимодействий ее элементов и подсистем;

3) процессы в системе носят синергетический характер и ее устойчивое равновесное (гомеостатическое) состояние по тем или иным показателям является скорее исключением, чем правилом;

4) нормально функционирующая, т.е. жизнеспособная и в определенном смысле оптимальная система, даже в отсутствие внешних возмущений, характеризуется собственным сложным динамическим поведением (в этом контексте понятие оптимального состояния системы лишено смысла, можно говорить лишь о ее оптимальном динамическом поведении);

5) разнообразие динамического поведения системы не обязательно обусловлено сложностью ее структуры, и многие процессы эффективно описываются динамическими моделями с низкой размерностью (небольшим числом переменных состояния) на основе нелинейных дифференциальных уравнений.

Известно, что динамика многих детерминированных нелинейных систем не поддается описанию в терминах классических колебательных систем. Для адекватного описания таких систем необходимо использование специальных методов.

Распределение электрической энергии в разветвленных электрических системах связано с топологической размерностью сетей, которая имеет фрактальный характер. Понятие размерности топологии сети, основанное на концепции фракталов, является также мощным математическим инструментом для количественного сравнения, анализа и синтеза различных топологий сетей. Например, задача построения электрических подстанций различного уровня напряжений, обеспечивающих надежность распределения электрической энергии, может быть решена как задача синтеза соответствующей топологии сети нужной фрактальной размерности.

Фрактальная геометрия позволяет создавать эвристически продуктивные модели. Такие модели обладают любопытным свойством: они способны обнаруживать и имитировать не только линейные, но и не линейные эффекты, возникающие в результате краткого и (или) долгосрочного взаимодействия ряда фракталов. Фрактальная модель – это машина гипотез. [4]

Фрактал — это бесконечно самоподобная геометрическая фигура, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба. В этом смысле электросетевая структура напоминает фрактальную конструкцию.

Таким образом, области устойчивости ЭЭС имеют в полярных координатах фрактальную структуру и при их изучении и анализе можно использовать методы и алгоритмы теории фракталов.

#### **Библиографический список**

1. С.В. Кочергин, А.В. Кобелев, Н.А. Хребтов. Актуальные вопросы моделирования развития электроэнергетических систем. // №2 Бюллетень центра фрактального моделирования. Научно-теоретический и прикладной журнал Тамбов, 2011.
2. Нейроинформатика / А.Н.Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин и др. - Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. - 296с.
3. Xianjun Ni Research of Data Mining Based on Neural Networks // World Academy of Science, Engineering and Technology. - 2008. - № 39. - P. 381-384.
4. Макаренко Н. Г. Стохастическая динамика, марковские модели и прогноз. НАУЧНАЯ СЕССИЯ МИФИ–2007. IX Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика–2007»: Лекции по нейроинформатике. Часть 1. – М.: МИФИ, 2007. – 178 с.

**Бортников И.А., Митрохин А.Ю.**

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХТАРИФНЫХ СЧЕТЧИКОВ ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

*Тамбовский государственный технический университет  
(zloy1188@yandex.ru, cheater0627@gmail.com, toxa022@mail.ru)*

Вследствие необходимости решения проблемы дефицита электрической мощности объяснимо стремление оптимизировать суточные графики распределения электрической нагрузки. Неравномерность электрической нагрузки имеет негативные последствия, а именно: ухудшается техническое состояние оборудования и увеличивается потребление энергоресурсов. Применение двухтарифных счетчиков поможет решить данную проблему.

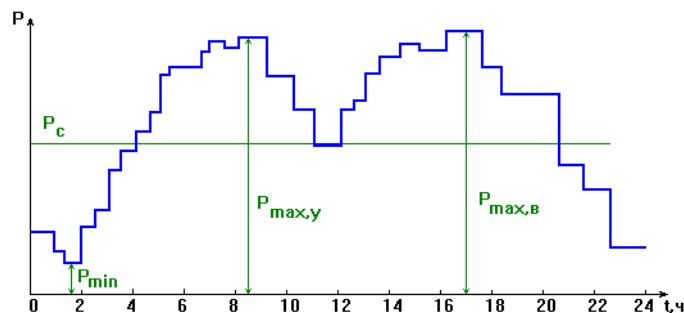


Рис. 1 Суточный график электрических нагрузок  $P(t)$ :

$P_c$  – среднесуточная нагрузка;  $P_{min}$  – минимальная нагрузка;  $P_{max,y}$  – максимальная нагрузка на утренние часы;  $P_{max,v}$  – максимальная нагрузка в вечерние часы.

Провал (минимум) потребления электрической энергии наблюдается ночью. Именно поэтому в ночное время делают скидку на электроэнергию. Следовательно, мощными приборами лучше пользоваться ночью. Экономия, по истечении времени, может составить от 17 до 40 % от предыдущих выплат[1].

От сглаживания суточных графиков распределения электрических нагрузок существует несколько положительных эффектов:

- снижение потерь электроэнергии в сетях, учитывая их квадратичную;

• снижение максимума активной мощности энергосистемы, что позволит снизить необходимую мощность новых электростанций или отсрочить их пуск, временно повышая пропускную способность сети в период пиковых нагрузок.

Двухтарифная система учёта электроэнергии (счётчик день/ночь) – это дифференцированная по времени суток система учёта, которая позволяет оплачивать потребление электроэнергии в ночные и дневные часы по различным тарифам.

При наличии двухтарифных приборов учета электрической энергии расчеты с населением производятся по дифференцированным по зонам суток тарифам (табл. 1)[2]:

- в часы ночного минимума нагрузок – по ночной ставке;
- в остальное время суток – по дневной ставке.

Таблица 1. Цены (тарифы) на электрическую энергию

|                                            | Одноставочный тариф                                                                      | Одноставочный тариф, дифференцированный по двум зонам суток |                  | Одноставочный тариф, дифференцированный по трем зонам суток |                  |                  |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
|                                            |                                                                                          | Дневная зона (пиковая и полупиковая зона)                   | Ночная зона      | Пиковая зона                                                | Полупиковая зона | Ночная зона      |
| Сбытовые компании гарантирующие поставщики | руб./кВтч (сНДС)                                                                         | руб./кВтч (сНДС)                                            | руб./кВтч (сНДС) | руб./кВтч (сНДС)                                            | руб./кВтч (сНДС) | руб./кВтч (сНДС) |
| ПАО «ТЭСК»                                 | Население                                                                                |                                                             |                  |                                                             |                  |                  |
|                                            | 3,51                                                                                     | 3,93                                                        | 2,80             | 4,33                                                        | 3,51             | 2,80             |
|                                            | Население в домах, оборудованных электроплитами и (или) электроотопительными установками |                                                             |                  |                                                             |                  |                  |
|                                            | 2,63                                                                                     | 2,96                                                        | 2,10             | 3,24                                                        | 2,63             | 2,10             |

На основе вышеизложенного можно выделить преимущества и недостатки двухтарифной системы:

- снижение производственных издержек и перераспределение нагрузки (преимущество для энергосберегающих организаций);
- экономия денежных средств при оплате за электроэнергию (для потребителей);
- удобство при снятии показаний.

#### **Библиографический список**

1. Краснопевцева И. В., Краснопевцева Е. А., Козина Л. Н. Инновационные подходы к экономии энергетических ресурсов. Вестник НГИЭИ, 2014. № 12 (43). С. 48–53.
2. Булякин Н. С., Валиуллина В. Н., Козина Л. Н. Энергосбережение в химическом производстве. Увеличение эффективности использования энергоресурсов. В сборнике: YOUNGELPIT 2013 Международный инновационный форум молодых ученых, 2014. С. 54–59.

**Позднякова В.В.**

#### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
zloy1188@yandex.ru*

В настоящее время в электроэнергетике России сохраняются неблагоприятные тенденции в работе электроэнергетических сетей и систем, связанные с изношенностью основного оборудования, медленными темпами его обновления. И если с электроснабжением промышленности и городов дела обстоят сравнительно не-

плохо, то электроснабжение отдаленных сельскохозяйственных районов с малой плотностью распределения электрической нагрузки и небольших предприятий вызывает определенные проблемы.

Процесс формирования и развития систем электроснабжения отдаленных сельскохозяйственных районов, прежде всего, подразумевает выбор оптимального источника электрической энергии. До настоящего времени приоритетным считалось централизованное электроснабжение от ближайшей энергосистемы. Но такой вариант требует больших финансовых затрат на подключение и не гарантирует высокой надежности и качества электроснабжения [1,2].

На базе Тамбовского государственного технического университета функционирует испытательная лаборатория качества электрической энергии. Лаборатория участвует в сертификационных испытаниях по качеству электрической энергии на территории Центрального федерального округа. Проведенные испытания на сельскохозяйственных объектах показывают несоответствие качества электрической энергии требованиям ГОСТ 13109-97. Одним из основных показателей несоответствия качества электрической энергии установленным нормам является установившееся отклонение значения напряжения.

После проведения испытаний качества электрической энергии на сельскохозяйственном предприятии были получены данные (рис.1), которые показывают, что в 100% времени значения установившегося отклонения напряжения превышают нормально допустимые значения и в 80% времени превышают предельно допустимые значения.

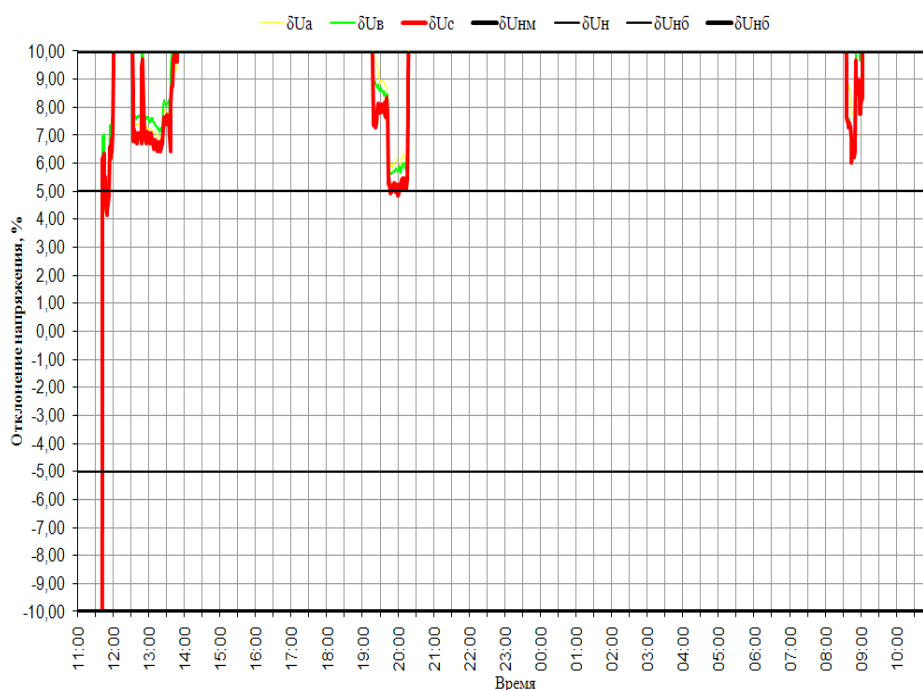


Рис. 1 График отклонения установившегося значения напряжения от 1 октября 2009 года.

Среди наиболее эффективных направлений для Тамбовской области можно считать использование биогаза в биогазовых установках, а именно, преобразование энергии отходов биологического происхождения (растительные остатки, отходы животноводства) в энергию (тепловую и электрическую) с помощью газотурбинных генераторов.

#### Библиографический список

1. Кочергин, С.В. Моделирование сельских распределительных электрических сетей 10/0,4 кВ / Кочергин С.В., Кобелев А.В., Хребтов Н.А., Киташин П.А., Терехов К.И.// Fractal Simulation. – 2013 - № 1 (5). - С. 5-13.
2. Зазуля, А.Н. Использование биогазовых установок в электроснабжении сельскохозяйственных предприятий Тамбовской области / Зазуля А.Н., Кобелев А.В., Кочергин С.В., Хребтов Н.А. Наука в центральной России. - 2013. - № 4. - С. 66-70.

## КОМБИНИРОВАНИЕ ЗАДАЧ РЕГУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКИМИ ТИРИСТОРНЫМИ КОМПЕНСАТОРАМИ

Липецкий государственный технический университет  
(a.ponomarev93@yandex.ru, ezats@mail.ru)

Одной из важных проблем в настоящий момент является компенсация реактивной мощности на металлургических предприятиях. Это обусловлено наличием потребителей, которые представляют собой резкопеременную нагрузку. К таким потребителям относят прокатные станы и дуговые сталеплавильные печи. Стоит отметить, что наибольшее распространение для компенсации реактивной мощности этих потребителей получили статические тиристорные компенсаторы и статические синхронные компенсаторы. Это обусловлено высоким быстродействием данных устройств. Компенсаторы типа СТАТКОМ получили менее широкое распространение, чем СТОК вследствие их высокой удельной стоимости [1].

В настоящее время выделяют два вида задач регулирования СТОК. В первой задаче от компенсатора требуется поддерживать нулевую потребляемую реактивную мощность. Таким образом, нагрузка и СТОК суммарно не потребляют реактивной мощности. Это позволяет снизить потери активной мощности за счет снижения потоков реактивной мощности. Однако данная задача регулирования имеет значительный недостаток. Он заключается в том, что колебания напряжения в системе приводят к колебаниям напряжения на шинах потребителя. Вторая задача регулирования состоит в поддержании постоянного напряжения на шинах потребителя за счет изменения потребляемой СТОК мощности. Это позволяет избавиться от колебаний напряжения на шинах потребителя, однако реактивная мощность, необходимая для регулирования напряжения вызывает потери активной мощности [2].

Из вышесказанного можно установить, что при наличии колебаний напряжения не постоянных во времени целесообразно использовать алгоритм по переходу из режима поддержания нулевой потребляемой реактивной мощности в режим с поддержанием постоянного напряжения и наоборот. Выбор режима целесообразно производить с помощью различных методов прогнозирования. К таким методам можно отнести модели ряда Фурье, фильтр Кальмана. Необходимость прогнозирования обусловлена тем, что переход из одного режима в другой требует регулирования РПН трансформатора, а переключение ступеней требует около трех минут. Выбор режима после прогнозирования осуществляется за счет сравнения технологического ущерба от колебаний напряжения и активных потерь, которые возникают вследствие передачи реактивной мощности. Данный алгоритм представлен на рисунке 1.

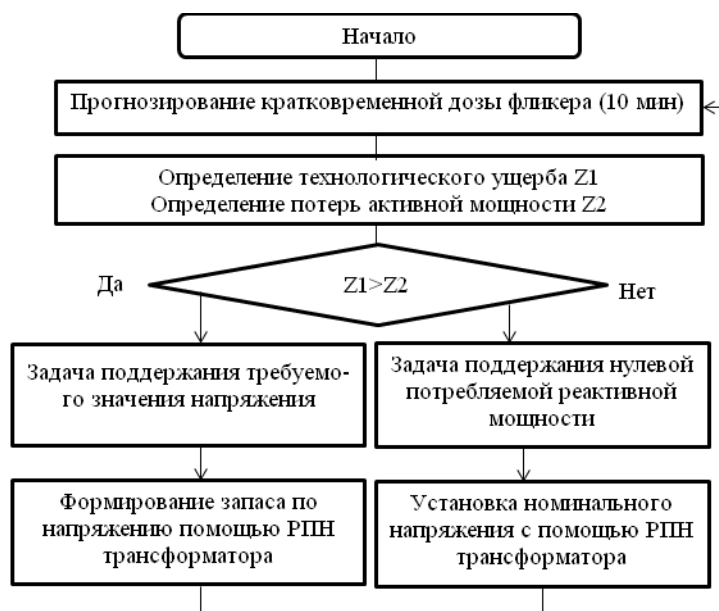


Рис.1 Алгоритм перехода между режимами СТОК

Таким образом, следует сделать вывод, о том, что применение комбинированных подходов в задачах регулирования СТК может значительно повысить эффективность их работы.

### Библиографический список

1. Радилев Т.В. Разработка методики моделирования установившихся режимов электроэнергетических систем с гибкими электропередачами: дис. канд. техн. наук: 20.10.14 НИУ «МЭИ». Москва, 2014. 150 с.
2. Sastry, R. Power Quality: VAR Compensation in Power Systems. / R. Sastry, S. Sarma – Florida (USA): CRC Press. – 2008. – 304 p.

*Жеребятнев А.А., Киреева О.Ю.*

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ САМОРЕГУЛИРУЕМОГО ПОЗИСТОРНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ГРУНТА

*Тамбовский государственный технический университет  
(andrei.pohunckov@yandex.ru)*

Математическая модель саморегулируемого позисторного подогревателя грунта (СППГ) учитывает температурную характеристику сопротивления позистора до температуры переключения (точки Кюри) и после. С помощью компьютерной программы Curve Expert были получены выражения, описывающие функцию изменения сопротивления с коэффициентом корреляции, равным  $\rho = 0.99$ .

Для обоснования параметров СППГ рассмотрим процессы теплообмена, происходящие между устройством и грунтом. Уравнение теплового баланса в общей форме применительно к элементарно малому промежутку времени в грунте (за время  $dt$  температура изменится  $dt$ ) имеет вид:

$$dQ_{\text{общ}} = dQ_{\text{поз}} + dQ_{\text{ку}} + dQ_{\text{гр}} + dQ'_{\text{гр1}}, \quad (1)$$

где  $dQ_{\text{общ}}$  - общее количество теплоты, выделяемое позисторами, Дж;  $dQ_{\text{поз}}$  - количество теплоты, идущей на нагрев позисторов, Дж;  $dQ_{\text{ку}}$  - количество теплоты, идущей на нагрев корпуса СППГ, Дж;  $dQ_{\text{гр}}$  - количество теплоты, идущей на нагрев грунта, Дж;  $dQ'_{\text{гр1}}$  - теплопотери от грунта в воздушное пространство теплицы, Дж;

При разогреве позисторов проходящим по ним током, происходит передача тепла от позисторов к корпусу СППГ, тогда уравнение теплового баланса применительно к системе позистор – корпус устройства будет иметь следующий вид:  $dQ_{\text{общ}} = dQ_{\text{поз}} + dQ_{\text{ку}} + dQ_{\text{гр}} + dQ'_{\text{гр1}}$

$$P_{\text{ус}}(t_1) d\tau = C_1 M_1 dt_1 + \alpha_{12} (t_1 - t_2) F_1 d\tau, \quad (2)$$

где  $C_1$  – удельная теплоемкость позисторов, Дж/кг·К;  $M_1$  – суммарная масса позисторов, кг;  $\alpha_{12}$  – коэффициенты теплоотдачи от позисторов к корпусу устройства, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $F_1$  – суммарная площадь позисторов, м<sup>2</sup>;  $dt_1$  – приращение температуры позисторов, °С;  $t_2$  – температура корпуса СППГ, °С.

При передаче тепла от позисторов к корпусу СППГ, происходит его разогрев, а отведенная от корпуса тепловая энергии идет на приращение температуры грунта:

$$\alpha_{12} (t_1 - t_2) F_1 d\tau = C_2 M_2 dt_2 + \alpha_{23} (t_2 - t_3) F_2 d\tau, \quad (3)$$

где  $C_2$  – удельная теплоемкость корпуса устройства, Дж/кг·К;  $M_2$  – масса корпуса устройства, кг;  $\alpha_{23}$  – коэффициенты теплоотдачи от корпуса устройства в грунт, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $F_2$  – площадь корпуса устройства, м<sup>2</sup>;  $dt_2$  – приращение температуры корпуса устройства, °С;  $t_3$  – температура грунта, °С.

При разогреве грунта происходят потери тепловой энергии в воздушное пространство теплицы:

$$\alpha_{23} (t_2 - t_3) F_2 d\tau = C_3 M_3 dt_3 + \alpha_{3\text{ср}} (t_3 - t_{3\text{ср}}) F_{3\text{ср}} d\tau, \quad (4)$$

где  $\alpha_{3\text{ср}}$  – коэффициент теплоотдачи от грунта в воздушное пространство теплицы, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $F_{3\text{ср}}$  – площадь поверхности теплоотдачи грунта в воздушное пространство теплицы, м<sup>2</sup>;  $dt_3$  – приращение температуры грунта, °С;  $t_{3\text{ср}}$  – температура воздуха в теплице, °С;  $C_3$  – удельная теплоемкость грунта, Дж/кг·К;  $M_3$  – масса грунта, кг.

Уравнения (2 - 4) приведем к канонической форме, при этом учитывая точку переключения работы СППГ:



$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dt_1}{d\tau} &= \frac{P_{yc}(t_1) - \alpha_{12}(t_1 - t_2)F_1}{C_1 M_1}, \\
 \frac{dt_2}{d\tau} &= \frac{\alpha_{12}(t_1 - t_2)F_1 - \alpha_{23}(t_2 - t_3)F_2}{C_2 M_2}, \\
 \frac{dt_3}{d\tau} &= \frac{\alpha_{23}(t_2 - t_3)F_2 - \alpha_{3cp}(t_3 - t_{3cp})F_{3cp}}{C_3 M_3}, \\
 \text{при } t_l \leq 130^\circ\text{C} \quad R_{n1} &= 6.917 - 0.0053 \cdot t_1 + 2.101 \cdot 10^{-5} \cdot t_1^2, \\
 \text{при } t_l \geq 130^\circ\text{C} \quad R_{n2} &= \frac{1}{3.4425 + 0.676 \cdot \ln(t_1)}.
 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

### Библиографический список

1. Калинин В.Ф. Теоретические исследования параметров электронагревательного устройства с саморегулированием мощности / В.Ф. Калинин, А.М. Шувалов, С.В. Кочергин // Вестник ТГТУ, 2003. Т. 8. № 4. С. 654 – 659.

**Похунков А.А., Кобозев А.П., Глазова А.В.**

### ЭЛЕКТРООБОГРЕВ ГРУНТА В ТЕПЛИЦЕ

*Тамбовский государственный технический университет  
(andrei.pohunckov@yandex.ru)*

Установлено, что технологии по производству сельскохозяйственной продукции овощей и цветов в закрытом грунте имеют низкие риски и высокие показатели урожайности. Сдерживающим фактором развития этих технологий является высокая энергоёмкость процесса поддержания температуры в теплицах.

Известно, что электрический обогрев грунта с помощью электрических нагревательных кабелей (ЭНГ) обладает следующими преимуществами: безопасностью для людей и корневой системы растений, эффективно влияют на рост и развитие посадок, стимулируют процессы репродуктивного, оберегают от заморозков. Изучены возможности использования ЭНГ и выявлены недостатки их использования: высокая стоимость систем зонного поддержания температуры грунта в теплице, низкая надежность работы автоматики при низких температурах

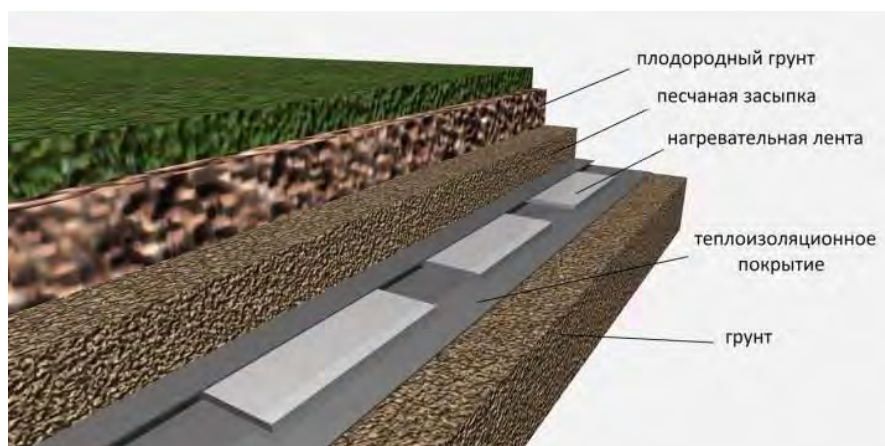


Рис.1 Схема монтажа саморегулируемого устройства подогрева грунта.

Перспективным вариантом решения этого вопроса является электротехническая система подогрева, выполненная на базе саморегулируемых электронагревательных элементов – позисторов (саморегулируемое устройство подогрева грунта - СППГ). Позисторы обладают свойствами саморегулирования без использования дополнительных устройств контроля и регулирования, компактны, выходят из строя лишь при механическом разрушении и имеют высокий срок службы (40 000 часов), минимальные затраты при монтаже, устойчивость работы при низких температурах.

Достоинством этой системы является то, что заданная в структуре полупроводникового нагревательного элемента расчетная для каждого вида подогревателя «точка переключения» (точка Кюри для позистора, после которой происходит скачкообразное увеличение его сопротивления), предотвращает нагрев грунта выше температуры, при которой возможно его пересушивание и повреждение корневой системы. В тоже время, СППГ позволяет обеспечить зональное регулирование мощности по всей поверхности грунта теплицы, что повышает энергоэффективность процесса подогрева грунта.

Определено, что СППГ позволяет обеспечить зональное регулирование мощности по всей поверхности грунта теплицы, что повышает энергоэффективность процесса подогрева грунта.

#### ***Библиографический список***

1. Мэглин Э. Д. Терморезисторы / Под общей ред. К. И. Мартюшова. — М: Радио и связь, 1983. — 208 с.
2. Калинин В.Ф. Теоретические исследования параметров электронагревательного устройства с саморегулированием мощности / В.Ф. Калинин, А.М. Шувалов, С.В. Кочергин // Вестник ТГТУ, 2003. Т. 8. № 4. С. 654 – 659.

***Похунков А.А., Юшина З.Е., Воронина И.А.***

#### **ЭЛЕКТРООБОГРЕВ ГРУНТА В ТЕПЛИЦЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(andrei.pohunckov@yandex.ru, yushina.zoya@mail.ru, tatanovo@bk.ru)*

Использование теплиц помогает решить в сельском хозяйстве множество проблем. Для сохранения постоянной температуры воздуха и равномерного прогревания почвы в теплицах с целью круглогодичного выращивания садовых, овощных и других культур используются специальные системы обогрева [1]. Существуют следующие варианты обогрева теплиц:

- солнечный;
- биологический;
- электрический;
- водяной;
- воздушный;
- газовый;
- печной.

Электрообогрев почвы несет в себе незначительные капиталовложения при строительстве. Благодаря электрическому подогреву почвы теплицы можно раньше вводить в эксплуатацию. Применение данного типа обогрева дает более длительный срок вегетации, а также более интенсивный рост растительности. Возможность установки различных температурных режимов для разных этапов развития растений повышает урожайность продукции. При прогревании почвы осенью появляется возможность более эффективного использования парников и теплиц [2].

Работы по монтажу нагревательного кабеля отличаются низкой себестоимостью и достаточной эффективностью. Его укладка осуществляется непосредственно в грунт. Тепловая энергия находится на уровне растений, что делает возможным их выращивание даже в самые суровые зимы.

Новейшей разработкой в сфере электрического отопления являются инфракрасные обогревательные приборы. Различают два основных типа обогревателей:

- керамические приборы с инфракрасными излучателями;
- инфракрасные лампы, схожие по строению с обычной лампочкой.

С целью исследования подогрева грунта в теплице планируется проведение опыта. Установлено, что наиболее перспективными техническими средствами подогрева грунта могут быть устройства, выполненные

на базе саморегулируемых полупроводниковых нагревательных элементов (позисторов). Позисторы обладают свойствами саморегулирования без использования дополнительных устройств контроля и регулирования, компактны, выходят из строя лишь при механическом разрушении и имеют высокий срок службы (40 000 часов), минимальные затраты при монтаже, устойчивость работы при низких температурах.

### Библиографический список

1. Мэклин Э. Д. Терморезисторы /Под общей ред. К. И. Мартюшова. - М: Радио и связь, 1983. - 208 с.
2. Кочергин С.В. Энергосберегающее саморегулируемое устройство электроподогрева моторного масла для двигателей внутреннего сгорания в зимний период / С.В. Кочергин // Труды ТГТУ: Сб. науч. тр. / Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2002. № 11. С. 126 - 130.

*Пустовалов Д.В.*

### ПОВРЕЖДЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДНИКОВ

*Тамбовский государственный технический университет  
(00768777@mail.ru)*

К характерным повреждениям токоведущих частей, т. е. проводников тока и их изоляции, а также контактных соединений проводников следует отнести у изоляции - разрушение (пробой) и понижение сопротивления у проводников и их соединений — трещины, надлом и неудовлетворительный контакт [1].

Повреждения проводников тока (трещины, надломы, плохой контакт в соединениях) у различных катушек и электрических проводов в общем случае распознают по повышению сопротивления проводников, повреждения изоляции - по величине ее сопротивления и электрической прочности. К характерным повреждениям электрических частей относятся у изоляции - понижение сопротивления, механические повреждения, старение, электрический пробой у проводников тока — трещины и надломы, перегрев и расплавление контакт-деталей контактных соединений, износ контакт-деталей. Электрический пробой наступает, когда изоляция теряет свои диэлектрические свойства и происходит короткое замыкание между проводником тока и корпусом (замыкание на корпус, землю) или между витками катушки или между двумя изолированными проводниками тока. Причинами, приводящими к преждевременному электрическому пробое изоляции, могут быть ее увлажнение, за-масливание, механическое повреждение [2].

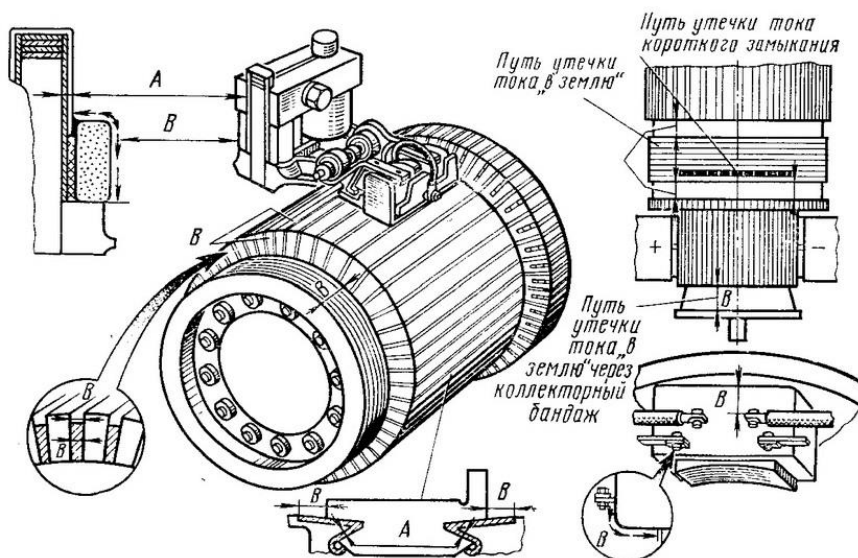


Рис.1 Пути утечки тока по поверхностному загрязненному слою изоляции якоря, щеткодержателя и катушек полюсов: А- длина пути электрического пробоя; В- длина пути утечки тока.

Состояние проводников тока определяют у проводников, закрытых изоляцией и находящихся в сборочных единицах, измерением их активного сопротивления и сравнением его с действующими нормами. Механические повреждения открытых участков проводников, не скрытых изоляцией, отыскивают визуально. Скрытые под изоляцией повреждения проводников тока определяют измерением активного сопротивления проводников. Увеличение активного сопротивления проводников тока якоря и катушек полюсов происходит из-за надрыва и трещин в проводниках или повреждения контактных соединений — распайки концов обмотки в пятаках коллектора якоря, ослабления крепления или распайки наконечников. Снижается сопротивление, как правило, вследствие виткового замыкания (между витками, коллекторными пластинами). В тех же случаях, когда проводник тока и корпус (земля) остаются после пробоя изоляции разделенными воздушным промежутком, обнаружить повреждение изоляции проверкой мегаомметром не удастся. Поэтому только испытание повышенным напряжением позволяет установить действительную электрическую прочность изоляции токопроводящей части.

Повреждения проводников тока редко возникают в цельной их части (в промежутках между их соединениями). Произойти это может из-за механического разрушения или короткого замыкания, вызванного истиранием изоляции. В большинстве случаев повреждения наблюдаются в электрических контактных соединениях проводников тока [3].

Правильная работа токоведущих частей и электрических двигателей напрямую зависит от качества изоляции, а следствие и надежность всей системы. Поэтому очень важно правильно подобрать электрическое оборудование с подходящей изоляцией и в процессе эксплуатации следить за ее состоянием.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. доцента А.В. Кобелева*

### **Библиографический список**

1. Сви, П.М. Контроль изоляции оборудования высокого напряжения / П.М. Сви. - М.: Энергия, 1980. - 125 с.
2. Рахматулин, М.Д. Технология ремонта тепловозов: Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1983. - 319с.
3. Арцишевский, Я.Л. Определение мест повреждения линий электропередачи в сетях с изолированной нейтралью: учеб. пособие для ПТУ / Я.Л. Арцишевский. - М.: Высш. шк., 1989. - 86 с.

**Решетов А.А.**

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
cadastr68@gmail.com*

Реактивная мощность ( $Q$ , ВАр) является одним из основных показателей, характеризующих режим работы электрической системы.

Термин “*реактивная мощность*” вводится применительно к установившимся режимам симметричных цепей синусоидального переменного тока и напряжения. Рис. 1.

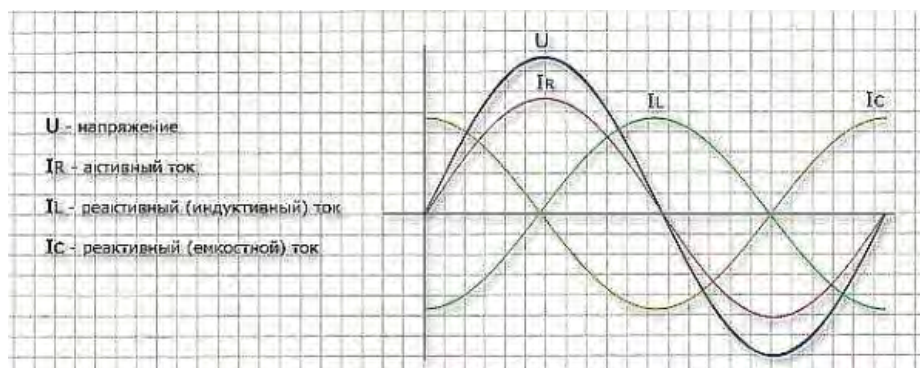


Рис. 1.

Реактивная мощность может быть как положительной величиной (если нагрузка имеет активно-индуктивный характер), так и отрицательной (если нагрузка имеет активно-ёмкостный характер). Данное обстоятельство подчёркивает тот факт, что реактивная мощность не участвует в работе электрического тока.

При синусоидальном характере передачи мощности, положительные полуволны характеризуют передачу мощности от источника потребителю. При отрицательных полу волнах происходит возврат энергии от потребителя к источнику. Совокупная полная мощность (S), характеризующая перетоки в энергосистеме, разделяется на активную (P) и реактивную (Q) составляющие, эти величины тригонометрически соотносятся друг с другом (рис. 2).

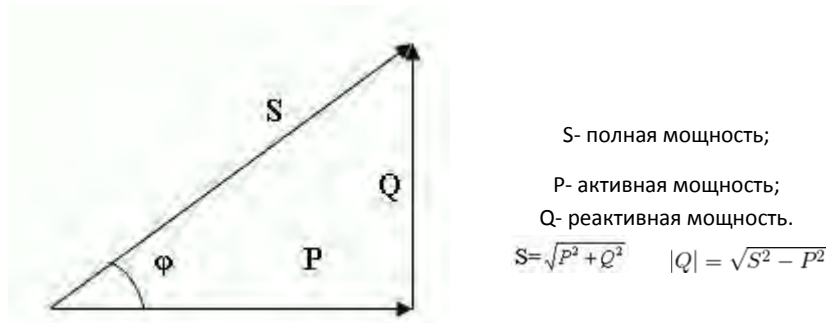


Рис. 2

Появление реактивной мощности (РМ) связано с наличием в системе элементов способных накапливать и отдавать электроэнергию. Такими элементами являются: протяженные линии высокого и сверхвысокого напряжения, кабельные линии, шунтирующие конденсаторы, обладающие значительной емкостью.

Показателем потребления реактивной мощности является *коэффициент мощности*, численно равный косинусу угла  $\cos(\varphi)$  между током и напряжением и определяется как отношение потребляемой активной мощности к полной, действительно взятой из сети:  $\cos(\varphi) = P/S$ . Этим коэффициентом принято характеризовать уровень реактивной мощности двигателей, генераторов и сети предприятия в целом.

Пример: при  $\cos(\varphi) = 1$  для передачи 500 кВт в сети переменного тока 400 В необходим ток значением 722 А.

Для передачи той же активной мощности при коэффициенте  $\cos(\varphi) = 0,6$  значение тока повышается до 1203 А.

Существует ряд мероприятий по снижению потребления реактивной мощности, в частности, установка компенсирующих устройств (КУ). Ставить КУ целесообразно в местах потребления реактивной мощности, так как в этом случае разгружаются все элементы сети, участвующие в передаче электроэнергии.

Экономический эффект от внедрения компенсатора реактивной мощности (КРМ) складывается из следующих составляющих:

Экономия на оплате реактивной энергии, которая составляет от 12% до 50% от активной энергии.

Уменьшение потерь энергии в кабелях за счет уменьшения фазных токов. В среднем, на действующих объектах в подводящих кабелях теряется 10 - 15% расходуемой активной энергии.

Вывод. Энергоэффективность и энергосбережение электрических сетей объектов электроэнергетики возможно повысить, применяя механизмы компенсации реактивной мощности.

#### **Библиографический список.**

1. Паули В.К., Воротников Р.А. Компенсация реактивной мощности как эффективное средство рационального использования электроэнергии //Энергоэксперт -2007. - № 2.
2. Компенсация реактивной мощности. Матик-электро (проспект). -М.: 2007.
3. Глушков В.М., Грибин В.П. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий. - М.: Энергия, 1975

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ**

*ФГБОУ ВО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов, Туркменистан, г. Ашхабад  
(H6333ag85@mail.ru, ilrev112@mail.ru)*

Количество солнечного излучения в Туркменистане - 1682 - 1890 кВтч/ - на квадратный метр и /в год, имея в виду среднее число солнечных часов 2768-3081 ежегодно, возможности в использовании солнечной энергии в Туркменистане огромны. Используя солнечную энергию, Туркменистан в состоянии экономить большой объем энергии, который сейчас покрывается за счет использования нефти и природного газа. Как известно, такие энергоносители имеют в настоящее время неограниченный международный рынок с большой стоимостью, то есть Туркменистан сэкономит огромные средства при использовании солнечной энергии.

Чтобы увеличить использование солнечной энергии в национальном масштабе, планируется поднять соответствующее ноу-хау для производства и применения солнечных элементов до международного уровня с перспективой развития национальной промышленности в этой области - принимая во внимание специфическую ситуацию Туркменистана. Это можно было бы начать с производства исходного материала (монокристаллического или поликристаллического кремния) в Туркменистане с тем преимуществом - что необходимая энергия для кремниевого производства весьма недорога из-за обширных ресурсов газа и нефти даже в некрупных месторождениях. Планируется дальнейшее расширение производственных технологий в будущем до солнечных модулей и полных солнечных электростанций. Важной предпосылкой будет создание расширенной базы знаний для того, чтобы справиться с требованиями этой программы с высокоразвитой технологией.

Направления развития по возобновляемым источникам энергии и, в частности, солнечной энергии в Туркменистане должны быть основаны на международных признанных стандартах последних разработок технологии. В этом контексте необходимо рассчитывать на высококвалифицированных специалистов в области солнечной энергии. В настоящее время в Туркменистане большинство специалистов в этой области обычно имеют только базовое образование в области физики или инженерных наук, но требуется всемирный стандарт в области материаловедения, физики полупроводников и разных дополнительных областях, связанных со специфическими технологиями производства и применения современных методов в использовании солнечной энергии. Вот почему развитие образовательных программ и материалов по возобновляемым источникам энергии и технологиям - в частности солнечной энергии - по стандартам ЕС является теперь важной задачей для Туркменистана.

Широкое использование альтернативных видов энергии создает различные благоприятные возможности для диверсификации источников энергии, снижения углеродоемкости и выбросов в атмосферу попутных парниковых газов, при этом создавая в стране рабочие места и повышая безопасность поставок энергетических ресурсов на рынок.

Внедрение альтернативных источников энергии в широкомасштабное промышленное производство является огромной задачей, выполнение которой будет достигнуто только через сотрудничество.

Роль правительства заключается в разработке здоровой государственной политики, поощрении и поддержке базовых исследовательских работ и обеспечении разумного доступа к ресурсам и создании условий для коммерческой деятельности, при которых рынок будет определять, какие предприятия работают успешно, а какие - плохо.

Научно-исследовательские институты и университеты предоставляют уникальные возможности и условия для ведения исследовательских и аналитических работ. Промышленные предприятия нарабатывают опыт в разработке изделий, производстве, транспортировке, распределении и продаже высококачественной энергетической продукции. Только работая вместе, все эти группы специалистов преодолеют трудности и добьются успехов в реализации того потенциала, который несут в себе альтернативные источники энергии.

### ***Библиографический список***

1. Наука, техника и инновационные технологии в эпоху великого возрождения «Beyik Galkynyslar eýyamynda ylmy, tehnika we innowasion tehnologiýalar» Академия наук Туркменистана. – Ашгабат: Ýlym, 2014.- 662стр.
2. Проблемы использования альтернативных источников энергии в Туркменистане., «Türkmenistanda energiýanyň alternatiw çeşmelerini ulanmagyň meseleleri» Академия наук Туркменистана. – Ашгабат: Ýlym, 2013.- 532 стр.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ**

*Тамбовский Государственный Технический Университет, Тамбов  
(e-mail: dimok-407@mail.ru, Natulek98@yandex.ru).*

Повышение качества дорожных покрытий является одной из важнейших проблем отечественной инфраструктуры.[1] Для улучшения качества дорожного покрытия необходимо применение высококачественных вяжущих материалов, обеспечивающих продление сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий, что способствует сокращению затрат на их ремонт и содержание. В связи с этим актуальной является задача применения комплексных битумных вяжущих, в которых битум служит основой, а необходимый уровень качества, от которого зависят эксплуатационные характеристики асфальтобетонов, достигается за счет введения разного рода модифицирующих компонентов, в том числе отходов полимеров[2, 3].

Модификация битумов - это направленное улучшение их свойств путем совмещения с полимерными компонентами[3]. Общеизвестна эффективность модификации битумов полимерами, которая зависит от структуры и физико-механических показателей последних[3]. Введение подходящего полимерного модификатора придает вяжущему большую тепло- и морозостойчивость, эластичность, повышенную сопротивляемость усталостным нагрузкам повышает долговечность[4].

Одним из наиболее эффективных и широко используемых в мире модификатором для битума являются синтетические термоэластопласты, среди которых самым распространенным термоэластопластом является дивинил-стирольный как линейной, так и разветвленной структуры[5, 6]. Именно наличием не разрушенной непрерывной сетки полимера объясняется улучшение свойств битума. Однако, анализ физико-механических характеристик полимерно-битумного вяжущего в пробах, отобранных из опытных партий товарной продукции, показал нестабильность свойств полученного материала[7]. Возникли сложности с распределением полимера в массе битума в промышленном смесителе в течение времени перемешивания компонентов, рекомендованном Технологическим регламентом (3–4 часа).

Для обеспечения стабильности качества товарной продукции возникла необходимость в использовании специального типа рабочих органов смесителя, которые обеспечивают более эффективное диспергирование полимеров и равномерное распределение их в массе битума за меньшее время процесса, происходящего при температуре до 160 °C[5].

Проведенные исследования модификации нефтяного битума термоэластопластом типа ДСТ 30-01 и отходами полимерной тары и упаковки из полиэтилена высокого давления показали высокую эффективность используемого оборудования. При этом время смешения было снижено до одного часа, т.е. в 3-4 раза, что существенно повысило энергоэффективность процесса.

### ***Библиографический список***

1. Беляев П.С., Маликов О.Г., Забавников М.В., Соколов А.Р. Повышение качества нефтяных битумов путем модификации продуктами переработки изношенных автомобильных шин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2003. Т. 9. № 1. С. 63-69.
2. Клинов А.С., Беляев П.С., Соколов М.В., Шашков И.В. Утилизация полимерной тары и упаковки: Учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.
3. Клинов А.С., Соколов М.В., Однолько В.Г., Беляев П.С. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов. М.: Спектр, 2012. 196 с.
4. Беляев В.П., Клинов А.С., Беляев П.С., Полушкин Д.Л. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий // Глобальный научный потенциал. 2012. № 19. С. 169-171.
5. Беляев П.С., Полушкин Д.Л., Макеев П.В., Фролов В.А. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 2. С. 264-271.
6. Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Фролов В.А. Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 2 (60). С. 129-131.
7. ATSI // AGROTECH SERVICE INVEST URL: <http://www.bitum-npk.ru/livre/41-2013-02-06-11-12-32> (дата обращения 17.04.07)



# КОМБИНИРОВАННЫЙ ЦИКЛ НА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ В ТУРКМЕНИСТАНЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

ФГБОУ ВО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов, Туркменистан, г. Ашхабад  
(H6333ag85@mail.ru, tepany83@rambler.ru)

Природный газ является основой экономики Туркменистана, большую часть государственных доходов которого составляет экспорт энергоресурсов. Функционирование электроэнергетического комплекса страны регулируется Законом Туркменистана «Об электроэнергетике», в соответствии с которым объекты электроэнергетической системы Туркменистана являются государственной собственностью. Электроэнергетика страны контролируется Министерством энергетики и промышленности Туркменистана и активно развивается в последние годы.

Топливный баланс электростанций практически полностью состоит из природного газа. Страна имеет электрические связи с энергосистемами смежных стран и экспортирует электрическую энергию в Иран, Турцию, Афганистан, Таджикистан.

В наше время проблемы экономии ресурсов и уменьшения загрязнения решительно диктуют направления развития электростанций на традиционном топливе. Установки комбинированного цикла комплексной газификации (КЦКГ) обеспечивают значительное уменьшение уровня загрязнения окружающей среды и могут работать на «грязных видах топлива», таких как низкосортный уголь, остаточные продукты перегонки, отходы и биомасса.

С установкой КЦКГ также можно добиться существенного сокращения выбросов CO<sub>2</sub> за счет эффективного улавливания углерода из синтез-газа перед его сжиганием в газовой турбине, который затем можно захоронить под землей.

Используя актуальную технологию улавливания и хранения углерода (УХУ), которую часто называют улавливанием углерода до сжигания, установка КЦКГ успешно удовлетворяет спрос на энергию в низкоуглеродистом будущем. Синтетический газ и водород, используемые газовыми турбинами, обеспечивают высокий уровень эффективности работы установки.

Нормированная стоимость электроэнергии является удобной мерой общей конкурентоспособности различных генерирующих технологий. Она представляет собой стоимость киловатта в час (в реальных долларах) строительства и эксплуатации генераторной установки в течение предполагаемой финансовой жизни и рабочего цикла.

также её нормированной стоимостью.

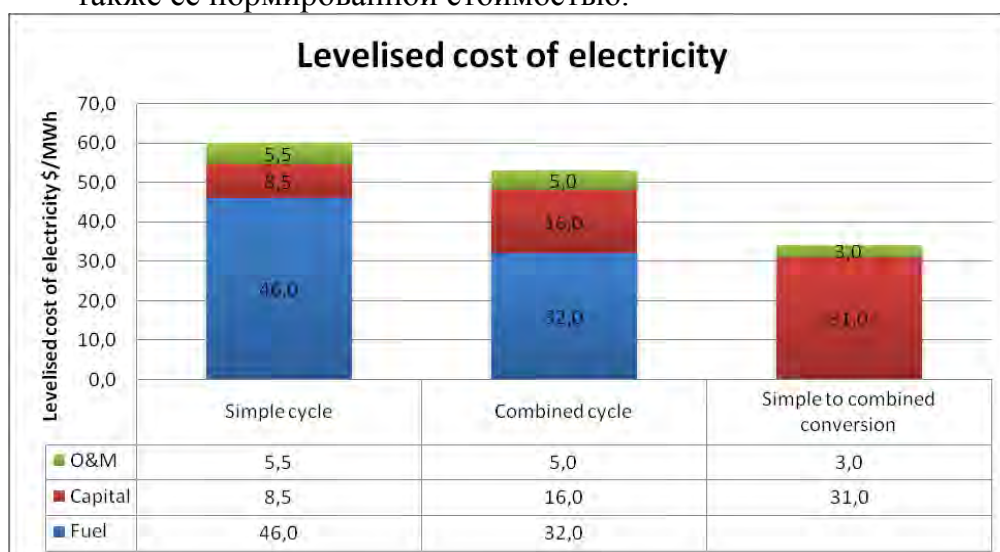


Рис.1. Нормированная стоимость электроэнергии

Levelised cost of electricity - Выровненная стоимость электроэнергии, Simple cycle – Простой цикл, Combined cycle – Комбинированный цикл, Simple to combined conversion, O&M- Эксплуатация и технического обслуживания, Capital – Затраты, Fuel – Топливо.



Другим способом оценки экономической конкурентоспособности установки является рассмотрение минимальной стоимости, меры того, сколько будет стоить сетка для выработки электричества, которая в противном случае заменяется новой генерирующей установкой, а также её нормированной стоимостью.

Как видно из данных использование комбинированного цикла в газотурбинных установках является рентабельной и эффективными модернизацией установок существующих на территории Туркменистана.

### ***Библиографический список***

1. Наука, техника и инновационные технологии в эпоху великого возрождения «Beyik Galkynyşlar eýyamynda ylmy, tehnika we innowasion tehnologiýalar» Академия наук Туркменистана. – Ашгабат: Ýlym, 2014.- 662 стр.
2. Проблемы использования альтернативных источников энергии в Туркменистане., «Türkmenistanda energiýanyň alternatiw çeşmelerini ulanmagyň meseleleri» Академия наук Туркменистана. – Ашгабат: Ýlym, 2013.- 532 стр.

***Романенко А.М.***

### **АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА — КЛЮЧЕВОЙ СЕКТОР ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**

*Тамбовский государственный технический университет  
(romanenko@hotmail.com)*

Ветроэнергетика традиционно рассматривается как «альтернативная», но в то же время статистические данные убеждают, что возобновляемая энергетика, в том числе ветроэнергетика, уже вышла из категории «альтернативной», став энергетикой основной, главным направлением энергетического развития.

Например, ветроэнергетика занимает первое место:

а) по чистому приросту новых электроэнергетических мощностей в ЕС за период 2000 – 2014 (116,76 ГВт). К слову, третье место занимает солнечная энергетика, пропустив вперед, на второе место, природный газ.

б) по плановому чистому приросту новых мощностей в США в 2015 году (9,811 ГВт), опережая более чем в два раза природный газ.

В ЕС в 2014 году 100% чистого прироста мощностей пришлось на ВИЭ, среди которых лидирует ветроэнергетика (прирост — более 11 ГВт).

В Китае, где ветроэнергетика уже несколько лет производит больше электричества, чем атомная, в 2014 было установлено 23,2 ГВт мощностей ветряных электростанций.

В Дании в 2014 г. доля ветроэнергетики в производстве электричества составила почти 40%, в Испании и Португалии – более 20%, в Ирландии – около 20%, Великобритании – 9%, Германии – 8,6%, Китае – 2,8%.

Приведённые цифры доказывают, что ветроэнергетика стала важным способом производства электроэнергии не только в промышленно развитых, но и развивающихся странах.

#### **Нестабильная генерация**

Одним из основных недостатков ветряной и солнечной энергетики считается нестабильный, погодозависимый характер генерации.

Эта проблема «нестабильности» уже сегодня имеет экономически оправданное технологическое решение. Современный уровень развития сетей, систем накопления и хранения энергии не создает значимых препятствий для дальнейшего развития возобновляемой энергетики.

В качестве аккумулятора достаточно весомых объемов генерации ВИЭ вполне может выступать существующая электрическая сеть. Опыт стран, в которых доля «переменчивой» генерации ВИЭ превысила 5%, 10% и более от общего объема производимой электроэнергии (например, Дания, Ирландия, Германия, Испания, Португалия, Великобритания), показывает, что сеть «проглатывает» такое количество чистой энергии без каких-либо проблем. Расширение сетей передачи и распределения электроэнергии, их модернизация рассматриваются в качестве наиболее экономически эффективного способа подстройки энергетической системы под возрастающую долю ВИЭ — сеть существенно дешевле, чем аккумуляторные системы.

Кроме того, наряду с распространенными сегодня системами аккумулирования энергии (ГАЭС), активно разрабатываются и уже применяются иные способы, например, аккумуляторные системы или технологии Power-to-Gas («энергия – газ»). Совершенствуется и управление сетями, внедряются технологии «умных сетей» (Smart Grids).

Нет никаких сомнений, что технологическая способность рационально управлять любыми объемами «нестабильной» генерации будет обеспечиваться по мере развития ВИЭ.

#### **Ключевой игрок энергетической системы 2050**

Принимая во внимание растущую экономическую привлекательность энергии из ветра в сочетании с практически неограниченными ветроэнергетическими ресурсами планеты, возможно снабжение всего человечества электроэнергией, практически полностью произведенной только на основе ветра. Исследование Гарвардского университета, основанное на весьма консервативных допущениях, показывает, что потенциал ветроэнергетики примерно в 40 раз превышает глобальное потребление электричества.

Среднегодовой темп роста мощностей мировой ветроэнергетики начиная с 2009 г. составляет 21,4% в год, а за последнее десятилетие ее установленная мощность выросла в восемь раз. На конец 2014 г. она составила 370 ГВт, и, предположительно, к 2020 г. достигнет 1000 ГВт.

Обобщение различных прогнозов и сценариев развития энергетических рынков и ветряного сегмента возобновляемой энергетики показывает интервал от 10,3% до 30,6% — такую долю в мировом производстве электричества может занять ветроэнергетика к 2050 г.

*Ростяпин А.С., Маклаков В.С.*

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНДЕСАТОРНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет*

Реактивная мощность в электроустановках появляется от действия намагничивающего тока асинхронных двигателей (60-65% общей реактивной мощности), трансформаторов (20-25%), индуктивности воздушных ЛЭП, реакторов и др. (10%). Прохождение значительной индуктивной составляющей тока по питающим и распределительным сетям и через трансформаторы приводит к возникновению дополнительных потерь энергии во всех элементах системы внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия (в активных сопротивлениях генератора и ЛЭП).

Чтобы уменьшить эти дополнительные потери, необходимо увеличить сечение проводов, т. е. повысить затраты или принять другие технически и экономически оправданные меры (например, установка конденсаторов). От реактивного тока возникает дополнительное падение напряжения в проводах ЛЭП и трансформаторах, которое снижает напряжение на электроприемнике, что особенно существенно для протяженных промышленных сетей и питающих линий передачи.

Дополнительное падение напряжения приводит к понижению вращающих моментов двигателей, уменьшению светотдачи осветительными приборами и к другим нежелательным последствиям [1]. Все это требует увеличения мощности или применения средств регулирования напряжения с помощью комплектных конденсаторных установок.

Конденсаторные установки присоединяют к сети через отдельный аппарат управления, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат управления с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Обе эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяют в треугольник или звезду. Применяется также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи [2].

На примере шести подстанций города Тамбова со средней потребляемой мощностью каждой 525 кВт исследовалась возможность использования конденсаторных установок для повышения коэффициента мощности, приблизительное значение которого до компенсации было 0,74. В результате проведенных расчетов было установлено, что годовое снижение потребления электроэнергии за счет проведения данного мероприятия и уменьшения потерь составит 413409,92 кВт\*час. В качестве расчетного значения коэффициента мощности после компенсации использовался показатель равный 0,95. После несложного анализа сэкономленных средств, в денежном выражении, становится ясно, что они составят более миллиона рублей в год.

В настоящее время функционирование любого объекта коммунальной и производственной инфраструктуры немислимо без энергосберегающих мероприятий. Использование конденсаторных установок является уже исторически оправданным и в дополнение ко всему способствующим увеличению пропускной способности

электрических сетей энергоснабжающих предприятий, что немаловажно при активно развивающейся экономике региона.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Печагина Е.А.*

### **Библиографический список**

1. Кобелев, А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. – Тамбов 6 изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод 37,0 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8265-1411-5.
2. Маньков, В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения. Справочное пособие/ В.Д. Маньков. – СПб: НОУ ДПО «УНИТЦ «Электросервис», 2010. – 664с.

*Саксонов А.С.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЯ 35-220 КВ**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение  
Тольяттинский государственный университет  
matoviy1996@mail.ru*

В настоящее время в ЕЭС России ведется активное строительство подстанций. Строятся как крупные подстанции федерального и международного значения для увеличения перетоков мощности между отдельными ОЭС и странами Восточной Европы, Азии, Скандинавии, а также подстанций межрегионального и регионального значения для развития промышленности в регионах и повышения надежности электроснабжения потребителей. Большинство крупных подстанций строятся в развивающихся регионах страны: таких как Сибирь и Дальний восток (в связи с развитием новых месторождений полезных ископаемых, заселением территорий). В ОЭС Центра ведется строительство нескольких ПС 500 кВ для увеличения перетоков мощности между ОЭС Средней Волги и ОЭС Северо-Запада. В регионах Центральной части России и на Средней Волге ведется строительство подстанций регионального значения. Так, в Самаре ведется строительство подстанции 110/10 кВ «Стадион» для электроснабжения объектов ЧМ по футболу в 2018 году.

Для вновь возводимых объектов электросетевого хозяйства при проектировании рекомендуется применять типовые схемы РУ. Самыми распространенными схемами проходных подстанций являются схемы 5Н и 5АН, а для тупиковых подстанций применяются схемы 4Н и 4АН, по причине простоты и наглядности. Подстанции могут выполняться в двух вариантах: сборными или комплектными. По сравнению со сборной подстанцией комплектная обладает рядом преимуществ:

- Строительство занимает меньший промежуток времени;
- Производство, испытание, проверка качества комплектующих выполняются одним и тем же предприятием;
- Возможно применение для электроснабжения временных объектов, таких как крупные строительные площадки.

Процесс строительства можно условно разделить на два этапа:

- 1) Проектирование;
- 2) Сооружение.

На первом этапе рассчитывается мощность нагрузки, мощность трансформаторов, выбирается оборудование ОРУ и т.д. Проектирование комплектной подстанции ничем не отличается от проектирования сборной подстанции, т.к. оба типа ПС выполняются по типовым схемам, оборудование, используемое на ПС в обоих случаях одинаково.

Второй этап создания подстанции – строительство. На этом этапе на основе проектной документации выполняется сооружение подстанции. Все оборудование поставляется комплектами, что существенно упрощает монтаж оборудования и сокращает время строительства подстанции.

Оборудование подстанции изготавливается обычно одним и тем же производителем, это сокращает не только сроки производства оборудования, но и сокращает срок испытаний оборудования, сборки оборудова-

ния, подготовки его к монтажу, а так же более четко соблюдаются графики поставки оборудования и строительства объекта.

Таким образом, применение КТП снижает время строительства объекта, что позволяет использовать КТП для электроснабжения временных объектов, например крупных строительных площадок с последующим демонтажем ПС или ее реконструкцией. Так же возможно использование КТП для электроснабжения месторождений полезных ископаемых и вахтовых поселков.

*Работа выполнена под руководством к.т.н Д.А. Кретьова*

### **Библиографический список**

1. СТО 56947007-29.240.30.047-2010 Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. – ОАО ФСК ЕЭС, 2010 – 128 с.
2. СТО 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-1150 кВ. Типовые решения. – ОАО ФСК ЕЭС, 2007 – 131 с.

**Селезнев Е.С**

## **ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ВЫШЕ 1 КВ**

*Тольяттинский Государственный Университет  
Eugen.seleznyov2010@yandex.ru*

На данный момент на территории РФ нет опыта практики использования систем непрерывного мониторинга состояния изоляции высоковольтных кабельных систем. Специалисты всё активнее обсуждают централизованное внедрение системы диагностики электрооборудования. Которая поможет решить целый ряд проблем таких как энергетическая безопасность и затраты на обслуживание и ремонт кабельных линий.

Практика эксплуатации показывает что положительные результаты испытаний повышенным напряжением промышленной частоты, не гарантируют безаварийной работы например после успешных испытаний повышенным напряжением они зачастую выходят из строя, причина этого в интенсивном электрическом старении изоляции вызванными частичным разрядом в повреждённом участке.

Диагностика как правило выполняется не разрушающими методами т.е методами которые не вызывают старение изоляции. Она позволяет определить не только состояние ,но и место повреждения кабельной линии. Комплексная диагностика различными методами позволяет определить степень старения изоляции и примерно рассчитать остаточный ресурс кабеля.

Кроме того применение диагностических методов позволяет:

- Производить проверку качества монтажа при вводе в эксплуатацию и ремонтах
- Предотвратить перебои в подаче электроэнергии
- Экономить затраты на техническое обслуживание кабельной линии
- Осуществлять надёжный контроль качества после ремонта

Полный переход на непрерывную диагностику не произошёл ещё ни в одной стране мира. Различные методы существуют применяются локально как в России так и в Канаде, Израиле, странах Европы и США.

К наиболее популярным методам диагностики относятся:

- Измерение характеристик частичных разрядов
- Измерение диэлектрических потерь изоляции
- Тепловизионный контроль
- Рефлектометрия

Тепловизионный контроль- основан на том что наличие некоторых видов дефектов вызывает изменение температуры на участке данного дефекта, вследствие чего данное изменение может быть зарегистрировано инфракрасными приборами.

Измерение диэлектрических потерь - изоляция токоведущей жилы относительно других жил и заземленной оболочки образует в кабеле емкость, изолирующая способность в которой характеризуется тангенсом диэлектрических потерь  $\tan \delta$ , при наличии дефекта на начальной стадии он будет изменяться не значительно. Однако при наличии дефекта будет наблюдаться изменение  $\tan \delta$  в зависимости от приложенного напряжения. Именно по характеристики изменения этой величины можно судить об изменении состояния изоляции кабеля.

Измерение характеристик частичных разрядов - Данный способ позволяет выявить наличие дефекта на ранней стадии. Частичный разряд представляет собой искровой заряд очень маленькой мощности, образующийся или внутри, или на поверхности изоляции в установках среднего и высокого класса напряжения. Эти заряды с течением времени постепенно разрушают изоляцию, что, в конце концов, приводит к её пробое.

Мы рассмотрели существующие на данный момент методы диагностики кабельных линий. Уже сегодня можно говорить о том что данные методы являются более эффективными и полезными, нежели существующая сегодня и морально устаревшая система измерений и испытаний. Новейшая система диагностики способна предотвратить аварийные ситуации, сэкономить огромные средства, обеспечить энергетическую безопасность и вывести электроэнергетику страны на принципиально новый уровень. Внедрение такой системы, требует большой работы. Так как полный переход к диагностике кабельных линий и электрооборудования сегодня еще не произведен ни в одной стране мира, у России пока что есть уникальная возможность стать первоткрывателем и задать тон в мировой электроэнергетической практике

### ***Библиографический список***

1. [http://dimrus.ru/manuals/all\\_monitoring.pdf](http://dimrus.ru/manuals/all_monitoring.pdf) - Организация диагностического мониторинга высоковольтной аппаратуры ООО "DIMRUS" г.Пермь. [Электронный ресурс].
2. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. - 184 с.

***Семиохин И.А., Бабкин В.А., Буяк В.Л.***

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НА ЭЛЕКТРОВОЗАХ**

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
ivansemiokhin392@gmail.com*

Железнодорожный промышленный транспорт Стойленского горно-обогатительного комбината (СГОК) занимает одну из главных ролей в технологической схеме доставки железной руды. Электровозы, используемые на СГОКе, представляют собой локомотив, приводимый в движение электрическими двигателями, которые питаются электроэнергией через токоприемник электровоза от контактной сети или от установленной на нем аккумуляторной батареи. В контактную сеть электроэнергия поступает от тяговой подстанции. Электровозы различают в зависимости от рода используемого тока на электровозы постоянного тока и электровозы переменного тока.

Неотъемлемую роль в работе электровоза играет тяговый электродвигатель (ТЭД), а также аппаратура управления ТЭД и вспомогательные электрические машины (ВЭМ), обеспечивающие требуемые условия работы ТЭД. В качестве вспомогательных электрических машин применяют асинхронные двигатели. Асинхронные вспомогательные электрические машины (АВЭМ) используют как привода вентиляторов охлаждения резисторов и ТЭД, а также как привода компрессоров. АВЭМ при эксплуатации на железнодорожном транспорте отличаются от общепромышленных машин низким качеством напряжения и повышенной вибрацией. За последние годы количество отказов АВЭМ увеличилось значительно, следовательно, надёжность этих машин уменьшилась. Вследствие неисправностей АВЭМ количество внеплановых ремонтов увеличилось более чем в 2,5 раза. Данная проблема наиболее выражена при организации питания АВЭМ по конденсаторной схеме. На качество работы трёхфазного асинхронного двигателя действует несколько факторов: несимметрия питающего напряжения, формируемого от однофазной сети; выбор конденсаторной схемы и качество её функционирования.

Для решения этой проблемы предлагается заменить АВЭМ на вентильный реактивный электродвигатель (ВРД). ВРД — это вентильный реактивный синхронный двигатель, на обмотки статора которого подаются импульсы напряжения управляемой частоты, создающие вращающееся магнитное поле, а ротор, выполненный из магнитомягкого материала, стремится расположиться вдоль поля.

На роторе ВРД отсутствуют обмотки и постоянные магниты. Фазные обмотки находятся только на статоре. Для уменьшения трудоемкости замены катушки, обмотки статора могут изготавливаться отдельно, а затем надеваться на полюсы статора. Простота обмотки якоря повышает ремонтпригодность ВРД/ВРГ, т.к. для ремонта достаточно сменить вышедшую из строя катушку.

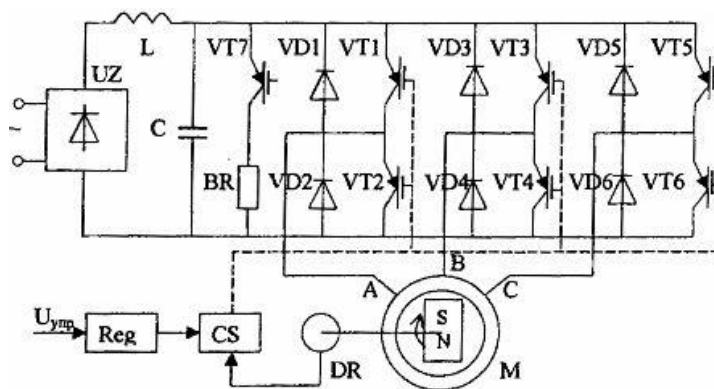


Рис.1 Вентильный реактивный электродвигатель

Использование ВРД вместо АВЭМ позволяет полностью избавиться от конденсаторной схемы питания, что впоследствии существенно снизит вероятность отказов ВЭМ на электровозах СГОК. В свою очередь высокая надежность ВРД позволит повысить экономическую эффективность электровозов.

*Работа выполнена под руководством доцента Н. П. Моториной*

**Серов М.Ю., Князев И.С., Моторина Н.П.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИВОДА КАЛИБРУЮЩЕГО БЛОКА СПЦ-2 ОАО ОЭМК**

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС»  
(cerovmaxim1996@gmail.com, knyazev.93@inbox.ru)*

В данной работе рассмотрена эффективность модернизации привода калибрующего блока, заключающаяся в замене двигателя постоянного тока независимого возбуждения и тиристорного преобразователя на асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и частотный преобразователь.

В соответствии с [1] электроприводы потребляют более половины вырабатываемой электроэнергии из чего можно сделать вывод, что основной потенциал экономии электроэнергии находится в развитии электропривода. Энергосбережение является наиболее простым и выгодным способом увеличения энергогенерирующих мощностей, так как согласно [2] затраты на экономию 1 кВт мощности обходятся в несколько раз дешевле, чем стоимость введения 1 кВт мощности. Этот факт, а также существенное совершенствование элементной базы приводят к тому, что приводы на двигателях постоянного тока стали неэффективны и заменяются приводами с частотным регулированием.

Несмотря на то, что двигатели постоянного тока имеют значительное распространение в настоящее время, их использование имеет ряд серьезных недостатков, обусловленных конструктивными особенностями:

- Большие капитальные и эксплуатационные затраты по причине сложности конструкции;
- Снижение КПД и рабочего ресурса в связи с наличием щеточно-коллекторного узла;
- Большая масса.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором в сравнении с машинами постоянного тока, имеет ряд важнейших преимуществ:

- Простота конструкции, а вследствие этого более низкие капитальные затраты и высокая надежность;
- Снижение эксплуатационных затрат;
- Более высокий КПД и рабочий ресурс, по причине отсутствия щеточно-коллекторного узла.

После того как были созданы IGBT-транзисторы, появилась возможность создания недорогих в производстве преобразователей частоты, благодаря которым стало доступным регулирование скорости двигателя в широком диапазоне, что раньше не представлялось возможным. Достоинства двигателей постоянного тока (боль-

шой диапазон регулирования момента, низкие пусковые токи) теперь полностью повторяются (а иногда и превышаются) частотным приводом.

Ввиду широкого распространения частотных преобразователей большое применение получил частотный способ регулирования. Достоинством такого способа регулирования является улучшение эффективности и долговечности привода. Внедрение частотного способа регулирования позволяет повысить экономичность расходования электроэнергии, а также значительно поднять надежность всей системы.

При этом помимо экономии электроэнергии замена привода калибрующего блока приведет к уменьшению времени простоя на 12...16 часов в год, что повлечет за собой увеличение выработки металла на 0,16 %.

Расчет экономического эффекта показал, что эта замена является экономически выгодной. Срок окупаемости составляет 1 год 10 месяцев.

#### ***Библиографический список***

1. Методы и средства энергосбережения на промышленных предприятиях: учебное пособие/ И.Ю. Краснов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 6 с.
2. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учебное пособие для студентов вузов/ под ред. Браславского. – М.: «Академия», 2004. – 4 с.

***Синюков А.В. Синюкова Т.В.***

### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРАМИ**

*Липецкий государственный технический университет  
(stw0411@mail.ru, aleksejsinyukov@yandex.ru)*

Центробежные компрессоры находят широкое применение на производственных предприятиях. Рассматриваемый компрессор, являясь составной частью нагнетательной установки, служит для подачи пылеугольного топлива в доменное производство, открытие и закрытие заслонки – дросселирование, осуществляет сохранение на нужном уровне необходимого давления в магистрали. Данный способ управления из-за потерь на коммутационные процессы заслонки является довольно неэкономичным.

Решить данную проблему может установка высоковольтного преобразователя частоты на асинхронный двигатель компрессора [1, 2, 3, 4]. Данный способ регулирования расходов и давлений газов является более целесообразным, чем использование дросселирования, так как позволяет сэкономить более 50 процентов расходуемой ранее электроэнергии, ввиду отсутствия расходов энергии на преодоление сопротивления заслонки, в наибольшей степени проявляющегося при больших изменениях нагрузки технологического оборудования.

Использование высоковольтного преобразователя частоты дает ряд преимуществ по сравнению с существовавшей ранее системой управления. Исключается появление высоких пусковых токов, присутствие которых возможно в обычных системах управления высоковольтными двигателями.

Значительно сокращается время пуска и остановка двигателя. В исходной системе управления останов осуществлялся посредством самовыбег - после отключения электродвигателя от питающей сети его остановка происходила по инерции. Время остановки зависит от инерционных свойств двигателя и его нагрузки.

Можно отметить ряд экономических показателей: снижение затрат на ремонт обслуживание, благодаря резкому уменьшению аварийности оборудования, увеличение надежности механизма.

#### ***Библиографический список***

1. Синюкова, Т.В. Энергосберегающие системы управления металлургическими электроприводами / Т.В. Синюкова, Р.В. Прокудин, А.В. Синюков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тезисы докладов 3-ей Международной конференции с элементами научной школы. – Тамбов, 2016. – С. 139.
2. Синюкова, Т.В. Энергосбережение в системах управление электроприводами производственных механизмов / Т.В. Синюкова, П.Н. Левин, А.В. Синюков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тезисы докладов 3-ей Международной конференции с элементами научной школы. – Тамбов, 2016. – С. 138-139.
3. Синюкова, Т.В. Системы управления электроприводами переменного тока / Т.В. Синюкова, А.В. Синюков // Материалы научной конференции по проблемам технических наук, 7 ноября 2014г. – Липецк, 2014. – С. 130-131.

4. Мещеряков, В.Н. Частотный асинхронный электропривод с минимизацией потерь энергии/В.Н. Мещеряков, П.Н. Левин, Т.В. Синюкова, А.А. Муравьев//VII Международная (XVIII Всероссийская) конференция по автоматизированному электроприводу АЭП-2012, 2-4 октября 2012. – Иваново, 2012. – С. 152-154.

*Синюков А.В., Синюкова Т.В.*

## **НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

*ФГБОУ «Липецкий государственный технический университет»  
aleksejsinyukov@yandex.ru*

Применение нейронных сетей в различных областях промышленности является актуальным направлением для исследования. Нейронные сети по своей структуре напоминают мозг человека. Решение многих задач на практике является не возможным, так как отсутствует точная информация об объектах, принимающих участие в формировании исходных условий, необходимых для получения выходного контролируемого сигнала. Использование искусственного интеллекта позволяет быстро решать поставленные сложные задачи, а при изменении условий воздействия и их количества на результат, возможна перенастройка системы, без дополнительных расходов на демонтаж и монтаж оборудования путем обучения существующей сети.

На многих трансформаторных подстанциях график нагрузки в течении суток имеет неравномерный характер, он зависит от большого набора факторов, влияющих на уровень потребляемой электроэнергии каждым из клиентов. Для обеспечения потребителей необходимой электроэнергией применяется параллельная работа нескольких трансформаторов. Для обеспечения энергосбережения предлагается применение нейронных сетей, на входной слой которых подается информация о состоянии всех объектов (включен/отключен; уровень потребления: малый, средний, высокий; время года; часть суток и т.д.), являющихся потребителями электроэнергии. На выходном слое формируется сигнал на ввод/вывод необходимого количества трансформаторов. Выборка осуществляется автоматически из имеющихся на подстанции трансформаторов. Данная система, базирующаяся на нейронных сетях, позволяет исключить необоснованный ввод в работу трансформатора с завышенными показателями мощности, что позволяет достичь энергосбережения. Для обеспечения оптимальной работы системы, путем анализа всех составляющих процесса, определяются промежутки, через которые система будет выполнять запрос о состоянии объектов.

*Синюкова Т.В. Синюков А.В.*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЗАЩИТА ОТ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ГЛАВНЫХ ПОНИЗИТЕЛЬНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Липецкий государственный технический университет  
(stw0411@mail.ru, aleksejsinyukov@yandex.ru)*

Многие главные понизительные подстанции металлургических предприятий на протяжении продолжительного периода осуществляют электроснабжение большого количества разнообразных потребителей. Проведенный анализ используемого оборудования позволяет сделать вывод о необходимости установки современного оборудования, отвечающего предъявляемым на данный момент требованиям к системам электроснабжения и электрооборудования, особенно в области энергосбережения и надежности [1, 2].

Рассматриваемая подстанция осуществляет электроснабжение цеха прокатки, электросталеплавильного цеха, основного и вспомогательного производств предприятия и довольно крупного поселка. С периода введения подстанции в эксплуатацию до настоящего момента произошло значительное изменение нагрузок относительно расчетных, что привело к большим потерям электрической энергии при ее передаче и преобразовании, изменились режимы работы подключенных объектов, что отразилось на функциях, выполняемых подстанцией



(прием электроэнергии, понижение напряжения, распределение электроэнергии на разное напряжение потребителям, передача электроэнергии в энергосистему и на понизительные подстанции).

Силовые схемы открытых распределительных устройств и распределительные устройства, применяемые на подстанции выполнены двойной системой шин. Данные схемы являются громоздкими, сложными, подразумевают использование больших многоэтажных помещений, неудобны в обслуживании. Применение трех секционной системы шин позволит избавиться от перечисленных недостатков.

Наблюдаемые в сетях с изолированной нейтралью емкостные токи однофазного короткого замыкания на землю, предшествующие междуфазным замыканиям являются основным источником повреждений сетей. Увеличение длины кабельных трасс, связанное с расширением области передачи электроэнергии, приводит к росту емкостных токов однофазного короткого замыкания, что ведет к установке компенсирующего устройства. Установленные на подстанции дугогасящие реакторы не обеспечивают полной компенсации однофазного емкостного тока во всех возможных режимах работы сети. Для компенсации токов предлагается использование одного из вариантов: установка плавно-регулируемых плунжерных дугогасящих реакторов; внедрение плавно-регулируемых дугогасящих реакторов с подмагничиванием; применение ступенчато- и плавно-регулируемых плунжерных дугогасящих реакторов [3].

Замена используемого силового оборудования на современное оборудование фирмы Siemens, установка микропроцессорных аппаратов релейной защиты и автоматики компании АВВ позволит добиться хороших экономических показателей в области энергосбережения.

### ***Библиографический список***

1. Синюкова, Т.В. Энергосберегающие системы управления металлургическими электроприводами / Т.В. Синюкова, Р.В. Прокудин, А.В. Синюков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тезисы докладов 3-ей Международной конференции с элементами научной школы. – Тамбов, 2016. – С. 139.
2. Синюкова, Т.В. Энергосбережение в системах управление электроприводами производственных механизмов / Т.В. Синюкова, П.Н. Левин, А.В. Синюков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тезисы докладов 3-ей Международной конференции с элементами научной школы. – Тамбов, 2016. – С. 138-139.
3. Шилов, И.Г. Перенапряжения в распределительных электрических сетях / И.Г. Шилов, Т.В. Синюкова // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2010. – №2 – С. 3-6.

***Солдатов А.В***

### **ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(andrey.soldatoff2012@yandex.ru)*

Острая нехватка энергоресурсов — одна из наиболее актуальных проблем мирового масштаба в России. Удовлетворить непрерывно увеличивающуюся потребность в электрической энергии можно двумя способами: либо, пока позволяют природные ресурсы, наращивать добычу полезных ископаемых и строить новые объекты электрогенерации, что является заведомо тупиковым в силу ограниченности запасов, либо сосредоточиться на повышении эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, энергосбережении, разработке и повсеместном внедрении ресурсосберегающих технологий. Второй путь представляется более эффективным в долгосрочной перспективе.

По разным оценкам, на сегодняшний день в России объем неэффективного использования энергоресурсов превышает 30% общего годового объема потребления электроэнергии. Таким образом, имеется значительный потенциал повышения эффективности, надежности и качества электроснабжения за счет внедрения современных технологий. Потенциал энергосбережения составляет порядка 400 млн. тонн условного топлива или 40% текущего потребления электроэнергии. Из них четвертую часть может сэкономить жилищно-коммунальное хозяйство, третью часть топливно-энергетический комплекс, и почти столько же — энергоемкие отрасли промышленности.

В России на освещение расходуется около 12% электроэнергии или примерно 115 млрд кВтч. Суммарная возможная экономия при установке энергосберегающих светильников составит 45–50% — это более 50 млрд кВтч. Сокращению потребления электроэнергии способствует установка и использование автоматизированных



Рис.1 Потенциал энергосбережения в российской экономике, %.

систем управления. В частности, уличное освещение является одним из целевых секторов для внедрения интеллектуальных энергосберегающих технологий — на него приходится до 40% городских бюджетов на электроэнергию, а smart-технологии могут сэкономить до 30% этих расходов. Кроме того, фиксируется высокая доля изношенных электросетей, что обуславливает высокую долю потерь электроэнергии. По данным Минэнерго, доля распределительных сетей, выработавших свой нормативный срок, составляет 50%, уже два нормативных срока выработало 7% сетей; а общий износ достигает 70%. В сфере уличного освещения доля старого оборудования, включая не только светильники, но и опоры, кабели составляет более 60%.

Основными мероприятиями по повышению энергетической эффективности и энергосбережения являются:

1. Замена существующих агрегатов на газовых ТЭЦ и ГРЭС на парогазовые и газотурбинные установки.
2. Замена существующих агрегатов на угольных ТЭЦ и ГРЭС на новые энергоэффективные паросиловые установки.
3. Внедрение высокоэффективных кабелей, трансформаторов, синхронных компенсаторов, ограничителей тока.

Еще одним действенным способом энергосбережения является замена ископаемого топлива, возобновляемой солнечной, ветряной и гидроэнергией.

В частности, все более актуальным экологически чистым энергетическим решением представляется применение солнечных батарей. Планируется, что к 2020 году солнечные электростанции будут обеспечивать 1,5 ГВт отечественной электроэнергии.

#### ***Библиографический список***

1. Энергосбережение в электроэнергетике//Журнал «Электротехнический рынок. - 2014. - № 3. – 57 с.

***Сонов А.И.***

#### **СИСТЕМА ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО ТЕПЛА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина  
(karpovskiy.otlichnik@mail.ru)*

Работа всех электроустановок сопряжена с потерей электроэнергии в виде тепла. В этом смысле наибольшее внимание привлекают силовые трансформаторы, в которых количество выделяемой тепловой энергии достигает десятков киловатт. В настоящее время образующее поддержание рабочей температуры активных элементов трансформатора чаще всего осуществляется путем отведения избыточного тепла в атмосферу. Этот способ

охлаждения является наиболее легким в реализации, но вместе с тем совершенно неэффективным с точки зрения полноты использования энергии. В этой связи большую актуальность обретает проблема полезного использования избыточного тепла, выделяемого при работе силовых трансформаторов.[1]

В целях решения данной проблемы, проанализировав различные существующие способы использования избыточного тепла силовых трансформаторов, нами была предложена новая система, позволяющая экономически выгодно использовать избыточную энергию силового трансформатора и при этом эффективно охлаждать его активные элементы независимо от сезонных или других колебаний наружной температуры.

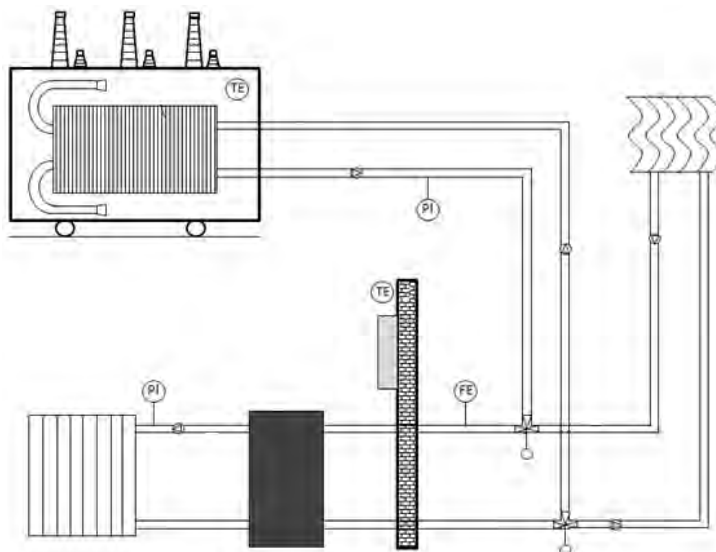


Рис.1 – Система для использования избыточного тепла силового трансформатора.

Предложенная установка имеет следующее устройство: внутри бака трансформатора помещаются 2 теплообменника для забора масла из верхнего и нижнего объема. Данные охлаждающие приспособления трансформатора соединены с первым трубопроводом для осуществления циркуляции первого текучего теплоносителя между трансформатором и тепловым насосом.

Внутри теплового насоса имеется свой замкнутый контур с хладагентом, повышающим потенциал полученного тепла. К теплому насосу подводится второй трубопровод, содержащий второй текучий теплоноситель для передачи тепла, по меньшей мере, к одному тепловому потребителю. Помимо этого имеется четвертый трубопровод, который соединен с первым трубопроводом и частично выведен в скальный грунт, землю или воду, к комбинированному теплому аккумулятору и излучателю. Соединение этих трубопроводов выполнено посредством многоходового клапана, обеспечивающего отведение избыточного тепла от трансформатора через первый трубопровод либо к испарителю теплового насоса, либо к указанному аккумулятору тепла.

Предложенная установка гарантирует эффективное охлаждение силового трансформатора независимо от времени года, т.е. независимо от того существует ли потребность в работе теплового насоса на обогрев или нет.

Данное исследование имеет большую практическую значимость, так как грамотное использование избыточного тепла силовых трансформаторов является одним из путей экономии электроэнергии для покрытия тепловых нагрузок и снижения затрат на нужды подстанций, что, в свою очередь, является одним из направлений сокращения потерь электроэнергии [2].

#### **Библиографический список:**

1. Гридин С. В., Петренко А. Ф. Энергоэффективность способов утилизации отработанного тепла систем охлаждения силовых трансформаторов // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2013. № 7. С. 9-13;
2. Совершенствование деятельности по энергосбережению и по осуществлению технологических присоединений филиала ОАО "МРСКЦентра" - "Орёлэнерго": /Монография/ Виноградов А.В., Бородин М.В., Волченков Ю.А., Пешехонова Ж.В. – Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2015. - 196 с., - ISBN 978-5-93382-262-2.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУСКУЛЬНОЙ СИЛЫ ЧЕЛОВЕКА  
ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СООРУЖЕНИЯХ  
СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОРО  
ОГ ФСО «ЮНОСТЬ РОССИИ» (Г. ОРЛ)**

Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина  
(blackseam78@mail.ru, ivantar10@yandex.ru)

Идея применения зеленой энергии находит все более проникающее влияние на все сферы нашей повседневной жизни.

Одним из вариантов выработки зеленой энергии является использование мускульной энергии в сооружениях спортивно-оздоровительного назначения для потребительских нужд, в том числе для функционирования системы искусственного освещения, поддержания оптимальных параметров микроклимата, питания различной аудио и видео аппаратуры [1].

Занимаясь различными физическими упражнениями на специальном оборудовании, например беговой дорожке [2], велотренажере [3], покрытии из пьезоэлементов [4] человек расходует калории и вырабатывает электрическую энергию.

Количество сжигаемых калорий зависит от типа, длительности и интенсивности тренировки; возраста, пола и веса; соотношения жировой и мышечной ткани; соответствующей одежды из натуральной ткани; частоты сокращений сердца.

В таблице 1 представлена информация о количестве затрачиваемой энергии затрачиваемой при езде на велотренажере [5].

Таблица 1 – Количество кг/ккал затрачиваемое при езде на велотренажере

| Скорость, км/час | На 1 кг, ккал | При весе человека (кг/ккал) |       |       |       |       |
|------------------|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                  |               | 90                          | 80    | 70    | 60    | 50    |
| 3,5              | 2,54          | 228,6                       | 203,2 | 177,8 | 152,4 | 127   |
| 10,0             | 4,26          | 383,4                       | 340,8 | 299,6 | 255,6 | 213   |
| 15,0             | 6,05          | 544,5                       | 484,0 | 423,5 | 363,0 | 302,5 |
| 20,0             | 8,56          | 770,4                       | 684,8 | 599,2 | 513,6 | 428,0 |

Используя собранные данные таблицы 1, а также имеющиеся данные по другим видам физических упражнений можно посчитать, сколько электрической энергии в 1 час может генерировать 1 человек, занимающийся тем или иным видом спорта (при условии, что только 50% его затрачиваемой мускульной энергии перейдет в электрическую). (см. таблицу 2).

Согласно штатному расписанию боксом занимаются 50 человек; дзюдо, каратэ, кикбоксинг занимаются 200 человек; аэробикой занимаются 50 человек, тяжелой атлетикой занимаются 30 человек.

Таблица 2 – Количество электроэнергии Ватт\*час, генерируемое одним спортсменом  
в зависимости от вида упражнений и массы его тела

| Вид упражнений   | Количество электроэнергии Ватт*час, генерируемое человеком в зависимости от вида упражнений и его массы |       |       |       |       |       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 50                                                                                                      | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   |
| Бокс, кикбоксинг | 276,8                                                                                                   | 321,0 | 389,6 | 443,1 | 498,9 | 528,0 |
| Дзюдо, каратэ    | 308,2                                                                                                   | 368,6 | 432,6 | 491,9 | 553,5 | 586,1 |
| Аэробика         | 215,1                                                                                                   | 258,2 | 302,4 | 344,2 | 388,4 | 410,5 |
| Тяжелая атлетика | 174,5                                                                                                   | 232,6 | 290,7 | 348,9 | 407,1 | 465,2 |

Таким образом, предполагаемое количество электроэнергии в час вырабатываемой всеми спортсменами составляет:  $50 \times 409,5 + 200 \times 456,81 + 50 \times 319,8 + 320 \times 30 = 137427 \text{ Вт} = 23800 + 106000 + 18500 = 148300 \text{ кВт*час}$ .

Учитывая тот факт, что продолжительность тренировки спортсмена составляет 1-1,5 часа, в течение дня суммарное количество вырабатываемой электроэнергии может превышать 200 кВт\*час.

В заключительной части необходимо отметить, что для учета вырабатываемой энергии каждым спортсменом с учетом его долевого участия в команде необходимо разработать и внедрить автоматизированную систему учета количества вырабатываемой электрической энергии, а также разработать систему поощрений для самых энергичных спортсменов в виде призов, почетных грамот и различных бонусных предложений, оказывающее на них стимулирующее воздействие и делающее их тренировки более эффективными.

*Научные руководители: к.т.н., доцент Чернышов В.А.*

### **Библиографический список**

1. Зеленое электричество. <http://grinenergy.ru/articles/256082> на 06.12.16.
2. 5 Спортивных тренажеров, вырабатывающих электричество <http://www.furfur.me/furfur/culture/culture/174541-poleznye-trenazhery> на 10.11.16.
3. Электростанция на базе велосипеда с мотор-колесом [http://www.otchelniki.ru/ruhnoi\\_generator.html](http://www.otchelniki.ru/ruhnoi_generator.html) на 10.11.16.
4. Пьезогенераторы - новые источники электроэнергии. Фантазии или реальность? <http://elektrik.info/main/news/652-pezogeneratorov-novye-alternativnye-istochniki-elektroenergii.html> на 10.11.16.
5. Сколько калорий тратится при различных нагрузках в тренажерном зале? <http://1trenirovka.com/uprazhneniya/v-trenazhernom-zale/skolko-kalorij-tratitsya.html> на 10.11.16.

*Тепанян К.В., Дробышев М.А., Попов И.С.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
ter68@mail.ru*

С конца прошлого столетия в экономике России произошли значительные изменения. В аграрном секторе это отразилось в появлении фермерских, крестьянских и других частных хозяйств. В настоящее время число таких хозяйств увеличилось в сотни раз. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий может быть осуществлено по следующим вариантам [1].

Источником биоматериала для биогазовых установок может стать мясное животноводство, а также производство сахарной свеклы и подсолнечника, которые являются наиболее динамично развивающимися направлениями агропромышленного комплекса Тамбовской области. [[http://invest-tambovregion.ru/obschaja\\_harakteristika\\_selskogo\\_hozjajstva.html](http://invest-tambovregion.ru/obschaja_harakteristika_selskogo_hozjajstva.html)].

В таблице 1 приведены показатели выхода биогаза ( $\text{м}^3$ ) из одной тонны отходов [<http://hydromatic.ru/documents/128569.pdf>]. Данные свидетельствуют о высокой энергетической эффективности отходов бойни, свиного навоза смешанного, с навозом крупного рогатого скота, а также биоотходы сахарного производства.

Таким образом, это направление является одним из перспективных и многообещающих способов решения проблемы энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий. Удельная теплота сгорания биогаза 5500 – 6500 ккал/м<sup>3</sup>. Энергия, заключенная в одном кубическом метре биогаза, эквивалентна энергии 0,6 м<sup>3</sup> природного горючего газа; 0,74 л нефти; 0,65 л дизельного топлива; 0,48 л бензина. Однако эффективность использования биогаза в большой степени зависит от сезонной и суточной неравномерности потребления энергии.

Таким образом, для фактического определения выгоды данного способа получения электроэнергии, следует провести ряд научных исследований, чтобы сформировать точную оценку предприятия и выбрать оптимальные варианты его энергоснабжения.

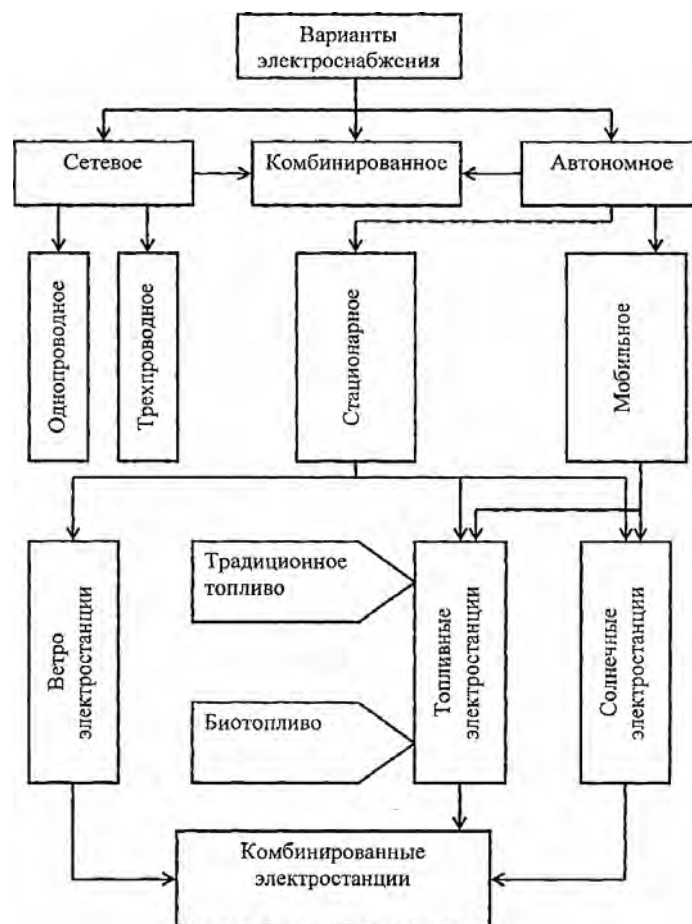


Рис. 1 Варианты электроснабжения сельскохозяйственных потребителей

Таблица 1 – Показатели выхода биогаза (м<sup>3</sup>) из одной тонны отходов

| Биоматериал, одна тонна                                | биогаз,<br>м <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|
| Навозная жижа КРС                                      | 45,0                      |
| Свиная навозная жижа                                   | 60,0                      |
| Переработанное зерно спиртовой и пивной промышленности | 65,0                      |
| Навоз КРС, смешанный с соломой                         | 70,0                      |
| Ботва от свеклы                                        | 75,0                      |
| Птичий помет                                           | 80,0                      |
| Отходы свекольного производства                        | 88,0                      |
| Биомусор                                               | 100,0                     |
| Биоотходы сахарного производства                       | 115,0                     |
| Отходы от уборки ржи                                   | 165,0                     |
| Свиной навоз, смешанный с навозом КРС                  | 180,0                     |
| Отходы производства от кормовой свеклы                 | 200,0                     |
| Кукурузный силос                                       | 250,0                     |
| Травяной силос                                         | 300,0                     |
| Отходы бойни                                           | 350,0                     |

### Библиографический список

1. Бажанов, А. В. Энергетическая стратегия России и развитие возобновляемой энергетики. / А. В. Бажанов, И. И. Тюхов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й Международной научно-технической конференции. 4.4. Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С. 3 – 8.

## **СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ТОКОСЪЕМНЫХ ЩЕТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: terehova-95@rambler.ru)*

Щетки применяются в двигателях для электрической связи подвижной и неподвижной частей электродвигателей, практически во всех бытовых электроприборах, электроинструментах, а также во всех областях промышленности. Токосъемные щетки – одна из наиболее часто выходящих из строя частей электродвигателя, замена которой приводит к простоему производства, а следовательно к экономическим потерям.

Таким образом, актуальна задача повышения износостойкости щеток электродвигателей и увеличения времени их работы. Предлагается инновационный подход решения задачи повышения износостойкости за счет добавления в исходное сырьё углеродных нанотрубок, обладающих высокими прочностными механическими и электрическими свойствами.

Способ производства щеток для электрических машин заключается в том, что смешивают отдельные порошки кокса или сажи, которые, в свою очередь, являются хорошим наполнителем, что повышает плотность и твердость щетки. К ним добавляются связующие вещества, например, смола или пек. К этой смеси добавляется порошок углеродных нанотрубок (рис.2а,б). Из полученной смеси под высоким давлением, порядка 100 - 140 МПа, при помощи специальных пресс-форм формируются щетки. Увеличение давления свыше 140 МПа не приводит к увеличению прочности и износостойкости щеток, а при более низком давлении готовые щетки имеют сравнительно невысокую прочность. При необходимости в специальный канал пресс-формы вводится токопровод.

Далее электрощетки подвергаются специальной термической обработке в специализированных печах под высокой температурой (до 2500 °C). Обжиг щеток с углеродными нанотрубками производится в течение 5-15 минут, что зависит от объема внесенного порошка углеродных нанотрубок и способом нагрева. В процессе обжига связующие вещества коксуются; при этом спекаются отдельные частицы углеродистого материала.

Щетки, изготовленные таким способом, отличаются высокой шлифиещей способностью, высокой теплопроводностью, возможностью проводить токи большей плотности, обладают большим пределом прочности и высокой износостойкостью.

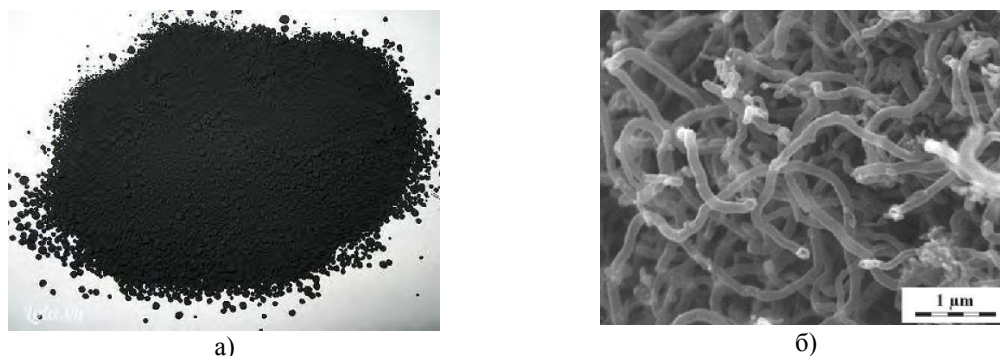


Рис. 2 Порошок углеродных нанотрубок [3]  
а) вид готового к применению порошка; б) вид под микроскопом.

Полученные характеристики щеток препятствуют сильному или неравномерному износу щеток, что является наиболее частой причиной выхода электродвигателей из строя [4].

В настоящее время благодаря своим свойствам углеродные нанотрубки являются одним из наиболее перспективных материалов, применяемых во многих отраслях промышленности. Применение нанотрубок в электротехнике обусловлено необходимостью создания нового материала, благодаря свойствам которого появится возможность уменьшить затраты на производство и эксплуатацию электрооборудования. Использование углеродных нанотрубок в производстве токосъемных щеток электрических двигателей позволит избежать их преждевременного износа, тем самым продлить время работы электродвигателя без ремонта.

### **Библиографический список**

1. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // Успехи физических наук – 2002. – Т. 172, № 4. – С. 401–437.

2. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. — М.: Техносфера, 2005. — 336 с.
3. Полимер-нанокуглеродные композиты для космических технологий. Часть 1. Синтез и свойства нанокуглеродных структур : учебное пособие / А. В. Макунин, Н. Г. Чеченин. — М. : «Университетская книга», 2011. — 150 с.
4. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Том 1 [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Иванов-Смоленский А.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2006.— 653 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33203>.— ЭБС «IPRbooks»

*Трушин А.П., Киселевич В.Л.*

## ПРЕВОСХОДСТВО ТИРИСТОРНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА ПЕРЕД СУЩЕСТВУЮЩИМИ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИМИ АВР НА ПОДСТАНЦИЯХ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: trushin10@mail.ru)*

Тиристорные устройства автоматического ввода резерва (ТАВР) используются в тех случаях, когда необходимо мгновенное переключение потребителя между двумя источниками переменного тока, где минимальное время переключения не может быть достигнуто при использовании ручных (механических) переключателей. ТАВР гарантирует при синхронизации по частоте и фазе (синфазный режим) при переключении с основного источника энергоснабжения на резервный и обратно за время не более 0,4-0,5 мс. При переключении между источниками исключается момент разрыва в питании энергоснабжения потребителей. В случае возникновения ошибки синхронизации между основной и резервной линиями энергоснабжения (несинфазный режим работы) переключение может происходить с задержкой до 12 мс.

Устройство состоит из тиристорного коммутатора, защитного выключателя и модуля управления ТАВР. В Распределительных устройствах (РУ) ТАВР устанавливается параллельно секционному выключателю. Благодаря интеллектуальному модулю управления ТАВР и его связи по току и напряжению до и после вводных выключателей РУ устройство исключает недостатки существующих БАВР.

Принцип работы ТАВР таков: при отсутствии тока через вводной выключатель и возникновении выбега электродвигателей, сопровождающимся увеличением угла фазового рассогласования между одноименными напряжениями на поврежденной секции и напряжениями на исправной секции, система управления ТАВР выявляет расхождение фазового угла более 15 электрических градусов во всех трех фазах и отсутствии тока через ввод. Если эти условия выполняются отдается команда на отключение вводного выключателя. После прихода сигнала с блок контактов вводного выключателя об отключении ввода, система управления проверяет возможность подключения двигательной нагрузки на исправную секцию без возникновения сверхтоков, что возможно, если угол фазового рассогласования не превышает 30 электрических градусов, и при выполнении этого условия выдает команду на включение тиристорного коммутатора. После проверки наличия токов через тиристорный коммутатор, выдается команда на включение секционного выключателя, и после получения подтверждения о его включении, тиристорный коммутатор ТАВР отключается.

Существенные недостатки БАВР перед ТАВР:

- во-первых, на ПС с отделителями и короткозамыкателями при повреждениях ВЛ-110 кВ и силовых трансформаторов команда на запуск БАВР должна передаваться по высокочастотному каналу с использованием комплекта ВЧТО (высокочастотная токовая отсечка). В этом случае время пуска БАВР составляет 0,09-0,12 с;

- во-вторых - это недостаточная мощность выключателей (в среднем это номинальный ток - 320 А, ток отключения - 2,0 кА, односекундная термическая устойчивость составляет 20 кА). Уставка по току - максимальная токовая защита (МТЗ) защитного выключателя устанавливается 320 А (первичный), уставка по времени с учетом запаса (0,2 с) для успешной работы БАВР составляет 0,5-0,6 с. При повреждениях на ВЛ-110 кВ вблизи ПС происходит понижение напряжения до  $0,8U_{ном}$  на время 0,1-0,14 с, что приводит к торможению электродвигателей и при работе БАВР и защитный выключатель отключается по МТЗ.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. доцента А.В. Кобелев*



### Библиографический список

1. Наука и технологии. Специализированный научный журнал. Москва: НИИТНН, 2010. – 70 с.
2. Быстродействующее АВР для подстанций с синхронной нагрузкой. /Банкин С.А., Богатырев М.И., Стальная М.И., Шевляков Э.Ф. //Электрические станции. 2012. –128 с.

Трушин А.П., Кобелев А.В., Филатов М.А.

### ПРИИМУЩЕСТВА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(trushin10@mail.ru, kobelev77@rambler.ru, filma@yandex.ru)

Необходимость в компенсации реактивной мощности у синхронных электродвигателей (СД) связана с процессом самозапуска и повторного пуска потребляющего в основном реактивную мощность. Так же существует критическое по устойчивости значение угла( $\varphi$ ) сдвига фаз между током и напряжением [2]. Критическое значение угла будет достигнуто по времени тем позже, чем меньше его начальное значение. Следовательно, наличие устройств компенсации реактивной мощности может повысить устойчивость электродвигательной нагрузки, если при внешнем возмущении эти устройства не будут отключаться.

Реактивный характер тока пуска и самозапуска СД при преимущественно реактивном характере эквивалентного сопротивления питающей энергосистемы приводит к практически максимально возможному снижению напряжения в узлах нагрузки в послеаварийных режимах. Это обстоятельство ограничивает суммарную мощность двигателей, участвующих в повторном пуске и самозапуске, и приводит к увеличению времени раскрутки каждой из ступеней и времени паузы между ступенями повторного пуска, что приводит к увеличению продолжительности послеаварийных режимов. За счет форсировки возбуждения СД возможно кратковременно компенсировать реактивную мощность в аварийных и послеаварийных режимах. Наибольший интерес представляют быстродействие форсировки их возбуждения, за счет чего и осуществляется поддержание заданного значения коэффициента ( $\cos\varphi$ ) и уровня напряжения в узле нагрузки. Регулирование и форсировка возбуждения СД осуществляются системой возбуждения, вместе с обмоткой возбуждения, расположенной на роторе двигателя, и возбудителем.

Схемы возбудителей бывают электромашинными с самовозбуждением и независимым возбуждением, а также статическими (тиристорными). Это характеризуется тем, что статические возбудители обладают меньшими значениями  $T_v$  по сравнению с электромашинными, что позволяет сократить время форсировки напряжения возбуждения  $U_f$  СД до требуемого значения, этим СД становится более устойчив к нарушениям электроснабжения. Быстродействие статических возбудителей по сравнению с электромашинными выше, и связано с отсутствием в их главной цепи возбуждения обмоток вращающихся электромашин (возбудителей и подвозбудителей), вносящих дополнительную инерционность в процесс регулирования и форсировки возбуждения. Кривые зависимости нарастания напряжения для разных типов возбудителей представлены на рис.1

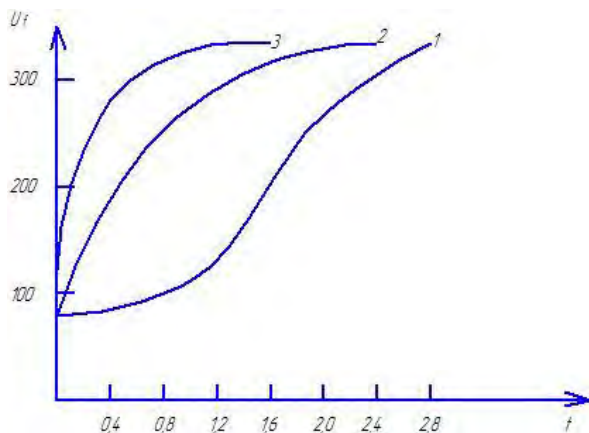


Рис. 1. Нарастание напряжения при различных типах возбудителей  
(1 – электромашинный с самовозбуждением, 2 – электромашинный с независимым возбуждением, 3 – статический (тиристорный) с независимым возбуждением).

Рассматривая кривые зависимостей, представленных на рис. 1. можно сделать вывод, что наивысшая скорость возрастания напряжения возбуждения у электромашинного возбудителя ниже чем у статического тиристорного возбудителя (возбудители с микропроцессорной системой управления). Для них характерны значительно меньшие постоянные времени, чем для электромашинных возбудителей, а также более высокие потолки возбуждения. Отсюда можно сделать вывод, что быстродействующие статические тиристорные возбудители с микропроцессорной системой управления могут рассматриваться как одно из средств повышения скорости подъема напряжения возбуждения СД, а следовательно и устойчивости приводов с такими машинами.

### **Библиографический список**

1. Гамазин С.И., Садыбеков Т.А. Переходные процессы в системах электроснабжения с электродвигательной нагрузкой. Алма-Ата: Гылым, 1991.
2. Ершов М.С., Егоров А.В., Суржиков А.В. Использование частотно-регулируемых электроприводов для повышения устойчивости промышленных электротехнических систем. Промышленная энергетика, 2009, № 9.

**Трушин А.П., Новиков И.А., Репина Т.И.**

### **УПРОЩЕНИЯ, ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ**

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: trushin10@mail.ru)

При проектировании тиристорного устройства автоматического ввода резерва (ТАВР) к ПС 6(10) кВ необходим расчет переходных процессов в системе питания подстанций с электродвигательной нагрузкой для определения критического времени перерыва электроснабжения. Можно принять следующие упрощения[4]:

- 1) не учитывать переходных процессов в недвигательной нагрузке;
- 2) не учитывать переходные процессы СЭС, в реакторах, трансформаторах, кабельных и воздушных линиях, в связи с тем, что в них переходные процессы протекают н много быстрее, чем в электродвигательной нагрузке.

Для СД дополнительно можем принять следующие стандартные упрощения:

- 1) отсутствие гистерезиса, то есть потери в стали;
- 2) магнитная индукция по окружности ротора распределяется синусоидально;
- 3) не учитывать изменение индуктивных сопротивлений взаимной индукции из-за насыщения стали в изменениях режима работы двигателя, это позволит упростить уравнения переходных процессов СД;
- 4) не учитывать изменение индуктивных процессов сопротивлений рассеивания от насыщенности магнитных цепей для потоков рассеяния статора и ротора;
- 5) не учитывать изменение активных сопротивлений схем замещения двигателей при изменении температурного режима.

Система относительных единиц упрощает запись уравнений, освобождая постоянные коэффициенты, дает возможность сравнить результаты, полученных для двигателей различной мощности. Базисными величинами ( $I_6$ ,  $U_6$ ,  $S_6$ ,  $M_6$  и т. д.) для электрических машин [1, 2, 3, 5] являются следующие:

- действующее значение номинальной силы фазного тока двигателя ( $I_{ном}$ )

$$I_6 = I_{ном} \quad (1)$$

- действующее значение номинального фазного напряжения двигателя ( $U_{ном}$ )

$$U_6 = U_{ном} \quad (2)$$

- номинальная полная мощность двигателя ( $S_{ном}$ )

$$S_6 = S_{ном} = 3U_{ном}I_{ном} \quad (3)$$

- полное сопротивление фазы статора двигателя

$$(Z_6 = U_{ном}/I_{ном}) \quad (4)$$

За базисную угловую частоту ( $\omega_6$ ) принимается синхронная угловая частота ( $\omega_0$ )

$$\omega_6 = \omega_0 = 2\pi f_0 \quad (5)$$

где  $f_0$  - номинальная частота сети;

Базисный момент ( $M_6$ ) определяется по формуле

$$M_6 = S_6 P / \omega_6 \quad (6)$$

где  $p$  - число пар полюсов машины.

За базисное время ( $t_6$ ) принимается время, соответствующее повороту ротора АД при базисной угловой частоте на 1 электрический радиан

$$t_6 = 1 / \omega_6 \quad (7)$$

*Работа выполнена под руководством к.т.н. доцента А.В. Кобелева*

#### **Библиографический список**

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. -М.: Высшая школа, 1991.
2. Белоусенко И.В., Ершов М.С., Ковалев А.П., Якимишина В.В., Шевченко О.А. О расчете надежности систем электроснабжения газовых промыслов. -Электричество, 2004, № 3.
3. Ершов М.С., Егоров А.В., Яценко Д.Е. О влиянии параметров энергосистемы на устойчивость узлов электрической нагрузки промышленных предприятий. Промышленная энергетика, 1997, № 5.
4. Обеспечение бесперебойности электроснабжения производств с непрерывным технологическим процессом. Рекомендации по совершенствованию проектирования. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект.
5. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы. М.: Энергия, 1970.

**Аль Фадхли Мохаммед Сауд Али, Жеребятьев Д.Н.**

#### **СЕЛЬСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ КАК СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Mho802010@yahoo.com)*

В настоящее время существенно возрастают требования к надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения. Еще более высокие требования предъявляют современные предприятия АПК по выработке продуктов животноводства на промышленной основе. По характеру производственных процессов такие предприятия приближаются к современному промышленному производству, внезапное прекращение электроснабжения ведет к значительному материальному ущербу.

Требования к надежности электроснабжения потребителей АПК повышаются по мере совершенствования рыночных отношений между энергосистемой и потребителями. Отношения, которые е включают в себя систему экономического взаимодействия, обеспечивающая энергетическим предприятиям хозяйственную самостоятельность, проявлять хозяйственную инициативу, использовать сферу обращения и товарно-денежные отношения для получения наибольшего результата при минимуме затрат.

Надежность электроснабжения потребителей должна соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), согласно которым электроприемники по надежности подразделяются на I, I особую, II и III категории электроснабжения.

При анализе надежности существующих систем электроснабжения предприятий АПК необходимо принимать во внимание следующие особенности данных сетей:

- низкая степень резервирования элементов системы электроснабжения потребителей;
- слабая оснащенность сельских сетей коммутационными аппаратами;
- слабая оснащенность воздушных линий (6-10 кВ) устройствами автоматического секционирования, теле-сигнализации и телеуправления;
- большая протяженность и разветвленность воздушных линий (6-10 кВ) с относительно малой плотностью нагрузок.

Все это приводит к тому, что сельские электрические сети (особенно 6-10 кВ) являются специфическим объектом расчета показателей надежности. Известные классические методы здесь использовать нельзя. Особенно сложно рассчитать вероятное время аварийного отключения воздушных линий 6-10 кВ. Это время можно рассчитать только на основании математического моделирования действий оперативного и ремонтного персонала.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. А.В. Кобелева*

### Библиографический список

1. Куценко, Г.В. К вопросу надежности электроснабжения потребителей АПК в условиях развития рыночных отношений в электроэнергетике / Г.В. Куценко, О.Ю. Пухальская, О.А. Полозова // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. - 2006. № 2. С. 28-32
2. Повышение надежности электроснабжения потребителей АПК при использовании пунктов автоматического резервирования / Г.В. Куценко [и др.] // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. - 2000. № 1. С. 53-58
3. Эксплуатация электрооборудования : методические указания / сост. : Ж.А. Зарандия, Е.А. Иванов, Е.А. Печегин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 44 с.

**Федосова Е.О. Федяева А.Е.**

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОТ НЕСИММЕТРИИ РЕЖИМА В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

*Тамбовский государственный технический университет,  
(katerin-fedosov@yandex.ru, fedyaewa.anka@yandex.ru)*

Проблема улучшения качества и уменьшения дополнительных потерь электрической энергии (ЭЭ) является актуальной в сельских электрических сетях (СЭС) напряжением 0,38 кВ. Знание величины несимметрии в сети, обусловленной разветвленностью и протяженностью распределительных сетей, нестабильным и неоднородным характером нагрузки, позволяет уточнить уровень потерь ЭЭ и применить соответствующие мероприятия по их снижению. Возникает необходимость исследования сельских распределительных сетей напряжением 0,38 кВ при несимметричной нагрузке.

Потери ЭЭ невозможно измерить напрямую, необходимо проводить расчеты. Для точного определения потерь ЭЭ работники должны иметь достоверные значения показателей качества ЭЭ [1]. Для этого необходимо иметь высокую наблюдаемость электрических сетей, информацию о топологии и нагрузке за рассматриваемый период времени, что и вызывает трудности в СЭС напряжением 0,38 кВ.

Расчетное определение потерь мощности и энергии в электрических сетях при несимметричном режиме также требует пофазного рассмотрения элементов. Простое наложение потерь от симметричных составляющих неприемлемо по причине квадратичной зависимости потерь от тока. Кроме того несимметрия входных напряжений трансформатора или нагрузочных токов, приводит к появлению у него несимметрии выходных напряжений, обусловленных составляющими соответственно обратной и нулевой последовательности (см. рис 1).

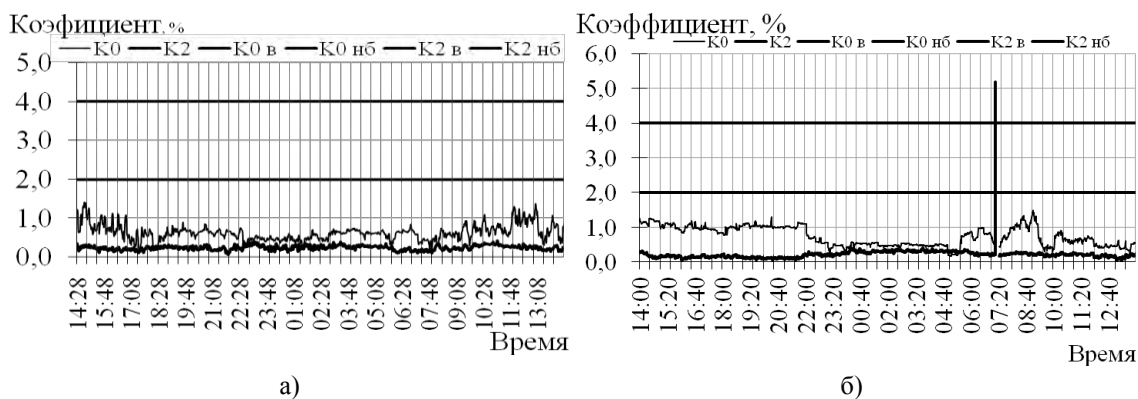


Рис. 1 Графики коэффициентов несимметрии по нулевой и обратной последовательности:  
а – в норме; б – выход из нормы

В силовых трансформаторах дополнительные потери активной мощности от несимметрии режима, вызванные протеканием в них токов обратной последовательности, могут быть определены выражением [2]

$$\Delta P_{\text{доп.тр}} = K_{2U}^2 \left( \Delta P_{\text{х.х.}} + \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{U_{\text{кз}}^2} \right) \quad (1.1)$$

где  $K_{2U}^2$  – коэффициент несимметрии;  $\Delta P_{\text{х.х.}}$  – потери холостого хода;  $\Delta P_{\text{кз}}$  – потери короткого замыкания;  $U_{\text{кз}}$  – напряжение короткого замыкания. Выражение 1.1 используется при известных паспортных данных исследуемого трансформатора.

Если же таких данных о трансформаторе нет или при расчете значений потерь для группы однородных трансформаторов, дополнительные потери активной мощности допускается вычислять по формуле (1.2)

$$\Delta P_{\text{доп.тр}} = k'_{\text{тр}} K_{2U}^2 S_{\text{н}}, \quad (1.2)$$

где  $S_{\text{н}}$  – номинальная полная мощность силового трансформатора;  $k'_{\text{тр}}$  – коэффициент, зависящий от мощности и назначения трансформатора.

Расчетное значение  $k'_{\text{тр}}$ , определенное для усредненных параметров стандартного оборудования, в частности для трансформаторов 6-10 кВ рекомендуется принимать  $k'_{\text{тр}}=2,67$ , а для трансформаторов 35 – 220 кВ  $k'_{\text{тр}}=0,5$  [1].

На сегодняшний день вопрос о повышении качества ЭЭ является наиболее актуальным. Стремительное расширение промышленных объектов, усовершенствование техники влекут за собой увеличение однофазных нагрузок, следовательно, и рост потерь активной мощности и ЭЭ, сокращение срока службы электрооборудования и увеличение капитальных вложений в систему электроснабжения. Поэтому необходимо иметь точные расчетные данные о потерях, чтобы меры по борьбе с несимметрией, а соответственно и повышение качество ЭЭ в СЭС были оптимальны.

### Библиографический список

1. Косоухов, Ф. Д. Несимметрия напряжений и токов в сельских распределительных сетях / Ф. Д. Косоухов, И. В. Наумов. – Иркутск : ИрГСХА, 2003. – 259 с.
2. Закарюкин В. П. А.В. Крюков Сложнонесимметричные режимы электрических систем. – Иркутск : Изд-во Иркутск. ун-та, 2005. – 273 с.

**Федосова Е.О., Федяева А.Е.**

### РАЗНООБРАЗИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКОЙ

*Тамбовский государственный технический университет  
(katerin-fedosov@yandex.ru)*

Большая протяженность и довольно сложная конфигурация – характеристика сельских распределительных сети 0,38 кВ, которая существенно влияет на снижение качества напряжения у потребителей и повышение потерь мощности в сети. Один из факторов, по которому оценивается качество электрической энергии (ЭЭ) – несимметрия напряжений (актуальная проблема в сетях напряжением 0,38 кВ). Возникает при обрыве фазы или несимметричных коротких замыканиях; вследствие случайного характера коммутаций однофазных электроприемников (вероятностная несимметрия). Основная причина несимметрии – появление составляющей нулевой последовательности, так как наличие данной составляющей обусловлено протеканием тока в нулевом проводе, который, в свою очередь, возникает при неравномерной нагрузке фаз сети (статистическая несимметрия) – обычное явление в сельской местности [1].

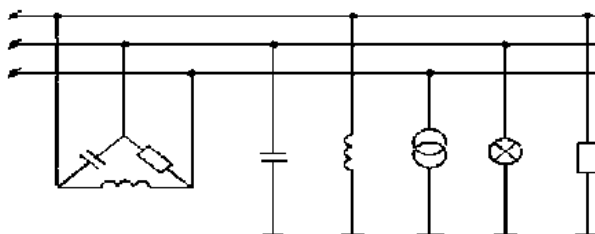


Рис. 1. Пример несимметричной системы напряжений

Полной симметричности режима работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ достичь, как правило, нельзя. Это неизбежно приведет к увеличению отклонения напряжения у потребителей одной из двух фаз. Однако применение различных способов и технических средств, реализующих тот или иной вид симметрирования, позволяют улучшить качество ЭЭ в сети 0,38 кВ и повысить их пропускную способность.

Одним из путей уменьшения показателей несимметричных режимов электрических сетей является увеличение сечения нулевого провода. Этот метод не эффективен, так как требует значительного перерасхода дорогостоящих материалов. При этом полностью устранить несимметрию данным способом не удастся.

Симметрирующий эффект может быть получен при переходе электрической сети в полужамкнутый или замкнутый режим. Этот способ снижения несимметрии осуществляется путем выравнивания нагрузки вдоль замыкаемых линий. Экономический же эффект данного способа обратно пропорционален числу замыкаемых магистралей. Кроме того, возникают дополнительные потери мощности и ЭЭ за счет появления уравнильных токов.

Симметрирующий эффект может быть достигнут перераспределением нагрузок по фазам сети как автоматически, так и обслуживающим персоналом. Обслуживающий персонал периодически (не реже двух раз в год) производит перераспределение нагрузки по фазам на основании результатов измерения токов в фазах магистральных линий в период максимальных нагрузок. Данный способ позволяет уменьшить до определенного уровня систематическую несимметрию нагрузок. Тем самым снижается потеря энергии в сети и повышается качество напряжения у потребителей без дополнительных капитальных затрат. Применение этого способа эффективно в сетях с сосредоточенной нагрузкой.

Наиболее эффективными техническими средствами снижения несимметрии трехфазных напряжений являются симметрирующие устройства. Они уменьшают: токи обратной  $I_2$  и нулевой  $I_0$  последовательностей сети; активное сопротивление нулевой последовательности сети  $R_0$ ; коэффициенты обратной  $K_2$  и нулевой последовательностей  $K_0$  токов и напряжений [2].

На сегодняшний день несимметрия напряжений является актуальной проблемой и требует незамедлительного решения, так как сельские распределительные сети характеризуются значительной несимметрией токов и напряжений. Несимметричная нагрузка в нормальном режиме работы вызывает значительные отклонения напряжения (от +7 % до –8 %), что более характерно для послеаварийного режима работы сети.

*Руководитель к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика» С. В. Кочергин*

#### **Библиографический список**

1. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. – М. : Колос, 2008. – 655 с.
2. Наумов, И. В. Оптимизация несимметричных режимов системы сельского электроснабжения / И. В. Наумов. – Иркутск : изд-во «ИрГСХА», 2001. – 217 с.

**Федяева А.Е., Федосова Е.О.**

#### **НЕСИММЕТРИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(fedyaewa.anka@yandex.ru, katerin-fedosov@yandex.ru)*

Анализ литературы позволяет сделать вывод, что несимметрия напряжений является актуальной проблемой, так как электрические распределительные сети характеризуются значительной несимметрией токов и напряжений.

Несимметричные режимы напряжений в электрических сетях имеют место в аварийных ситуациях - при обрыве фазы или несимметричных коротких замыканиях.

Причиной возникновения несимметрии напряжения так же являются потребители с несимметричным потреблением мощности по фазам. К ним относятся: однофазные потребители, включаемые на фазное либо междофазное напряжения; трехфазные потребители с несимметричным потреблением мощности по фазам (в частности, дуговые сталеплавильные печи, сварочные установки). Причиной несимметрии напряжений может быть также несимметрия сопротивлений сети по фазам [1].

На рисунке 1 представлены в виде блок-схемы возможные последствия несимметрии напряжений при ее наличии в системах электроснабжения.

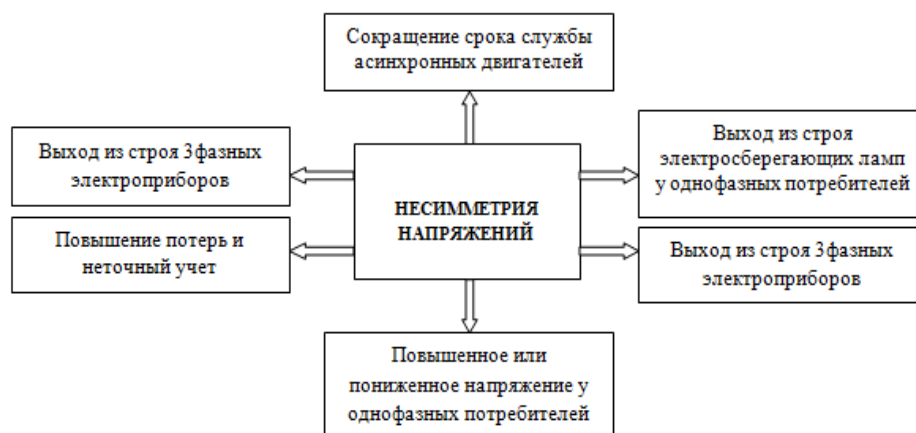


Рис.1. Последствия несимметрии напряжений.

Несимметрия напряжений сокращает срок службы асинхронных электродвигателей. У них она может вызывать дополнительный нагрев, противодействующий вращающий момент, повышенную вибрацию. Перегрев ускоряет старение изоляции обмоток, вибрация усиливает усталостные процессы в механической части, что приводит быстрому выходу электродвигателей из строя [2].

Для однофазных потребителей проблема качества электроэнергии по уровню несимметрии напряжений оборачивается проблемой качества электроэнергии по уровню напряжения: уровень напряжения может быть как пониженный, так и повышенный. В первом случае будут проблемы с запуском в работу оборудования, проблемы с зажиганием энергосберегающих ламп и недостаточный световой поток от них, а во втором случае существует опасность поломки электрооборудования и проблема быстрого выхода из строя источников освещения. Кроме того, несимметрия напряжений вызывает дополнительные технические и коммерческие потери электроэнергии [3].

В заключении следует отметить, что на сегодняшний день наиболее актуальной является задача по улучшению качества электрической энергии. В частности снижение несимметрии напряжений в электрических сетях. Решение данной проблемы сводится к разработке и внедрению технических средств, для снижающих несимметрию напряжений и повышающих качество электрической энергии.

#### **Библиографический список**

1. Коваленко П. В. Анализ потерь мощности в электрических сетях при неравномерной и несимметричной нагрузке. //Электрика./ П. В. Коваленко, О. А. Смышляева. -2009. - 18-22с.
2. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко – М.: «Изд-во НЦ ЭНАС», 2002. - 280с.
3. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. М. : ЭНАС, 2009. - 456 с.

**Чернышов В.А. \*, Печегин Е.А. \*\***

#### **ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

\* Орловский государственный аграрный университет, Россия, Орел,  
(e-mail: suroot@mail.ru).

\*\* Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, Тамбов, (e-mail: pechagin\_ea@mail.ru)

Воздушные электрические сети с изолированной нейтралью функционировали бы значительно эффективнее, если бы диспетчеры центра управления сетями и дежурные на подстанциях могли оперативно получать достоверную информацию о месте возникновения аварийного повреждения и незамедлительно направляли

оперативно-выездную бригаду для локализации аварийной ситуации. Особенно это касается случаев, связанных с возникновением однофазных замыканий на землю, вызывающих лавиную долю всех аварийных отключений на линиях электропередачи в сетях с изолированной нейтралью и не редко являющихся первопричиной возникновения серьезных аварий.

При этом необходимо напомнить, что при возникновении однофазных замыкания на землю, вокруг него формируется зона растекания тока, которая представляет большую опасность для жизни людей и животных [1].

К сожалению, современные воздушные электрические сети с изолированной нейтралью характеризуются низким уровнем телемеханизации, а телемеханизация как известно обеспечивает следующие важные разновидности телеинформации: телесигнализацию, телеизмерение, телеуправление [2].

Повышение требований к безопасности и надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса, требует увеличения темпов развития телемеханизации распределительных сетей в том числе и сельскохозяйственного назначения.

На сегодняшний день электросетевые организации для сбора данных телемеханики с удаленных или необслуживаемых объектов используют разрозненные каналы связи, используя сети локальных провайдеров или местных операторов, вместе с тем передача информации по проводам линий электропередачи вновь стала активно обсуждаемой темой, на различных научных уровнях и в производственной среде. При этом данная технология является не только весьма экономичной, так как отсутствуют текущие расходы на содержание беспроводных каналов связи [3], но и позволяет электросетевым организациям стать менее зависимыми от поставщиков услуг коммерческой беспроводной связи, что особенно важно в аварийных ситуациях, и даже предписывается на законодательном уровне многих стран.

В данном случае обоснованным, в связи с развитием информационных технологий, будет развитие нового способа телемеханизации электрических сетей, основанный на комплексном взаимодействии собственной инфраструктуры электрической сети и спутниковой системы позиционирования.

Одним из предполагаемых способов телемеханизации распределительной сети с изолированной нейтралью, позволяющим дистанционно получать информацию о местоположении опоры с замыканием на землю, может являться комбинированный способ, когда наряду с использованием глобальной спутниковой системы позиционирования, задействована собственная инфраструктура электрической сети [4].

Предлагаемый способ позволяет персоналу оперативно-выездной бригады, не выполняя поисковых работ, сразу же выезжать на место аварии, что способствует существенному повышению надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

#### ***Библиографический список***

1. Арцишевский Я.Л. Определение мест повреждения линий электропередачи в сетях с изолированной нейтралью/ Я.Л. Арцишевский. – М.: Высшая школа, 1989. – 87 с.
2. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения/ В.А. Андреев, Е.В. Бондаренко. – М.: Высшая школа, 1975.
3. Ерошенко Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов // Учебник для вузов по специальности 31.14.00 и 10.16.00 «Электрификация и автоматизация с./х.». – Ростов-на-Дону: ООО «Терра»; НПК «Гефест». – 2001. – 592 с.
4. Патент № 2461109 Российская Федерация, МПК Н 02 Н 3/16. Способ дистанционной идентификации опоры с замыканием на землю в сетях с изолированной нейтралью посредством спутниковой навигации [Текст] / В.А. Чернышов, Л.А. Чернышова; заявитель и патентообладатель Орловский государственный аграрный университет. - № 2010149823/07; заявл. 03.12.2010; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.

***Числаш Д.С., Числаш Е.С.***

#### **ТИП ПРИМЕНЯЕМОГО ГЕНЕРАТОРА В АЭРОГЭС**

*«Липецкий государственный технический университет»  
(diana.chislash@gmail.com, ekaterina.chislash@gmail.com)*

Ранее в работе [1] были рассмотрены принципы работы, перспективы применения и устройство альтернативного источника получения энергии АэроГЭС. В данной работе рассмотрим один из вариантов установки генерирующего аппарата для АэроГЭС.



На данный момент в промышленности применяются генераторы различных типов. Один из ключевых параметров для рационального подбора генератора является величина частоты вращения приводного агрегата. Так на большинстве гидроэлектростанций частота вращения гидроагрегата составляет порядка 100-150 об/мин. При генерации энергии на тепловых электростанциях, где применяется турбоагрегат, частота вращения составляет порядка 3000 об/мин.

В рассматриваемой установке генерирующей силой является поток воды, что роднит её с традиционной гидроэлектростанцией. Однако, вследствие того, что разница по высоте между нижним и верхним бьефом установки АэроГЭС составляет 2000-5000 м, скорость гидротурбины будет иметь величину, значительно превосходящую имеющуюся на традиционных ГЭС. Из этого следует, что на данной установке частота вращения ротора гидроагрегата будет сопоставима с установками, применяемыми на тепловых электростанциях. Таким образом, генерирующий агрегат будет иметь значительное сходство с агрегатами тепловых электростанций.

В качестве генератора рекомендуется к использованию трехфазный синхронный генератор переменного тока, так как в отличие от асинхронного генератора он обладает высокой стабильностью напряжения на выходе. А также он значительно надежнее при работе в экстремальных условиях.

Также необходимо отметить, что в связи с тем, что на рассматриваемой установке АэроГЭС сложно добиться равномерного водяного потока, в эксплуатации будет наблюдаться некоторый разброс по величине частоты вращения турбины. Данное обстоятельство необходимо учесть, так как оно будет влиять на частоту получаемого переменного тока. Для решения этой проблемы рекомендуется использовать редукторный узел между турбинной установкой и генератором.

### ***Библиографический список***

1. Числаш Д. С. Получение энергии из альтернативного источника АэроГЭС // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах: тезисы докладов 3-ей международной конференции с элементами научной школы. – Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2016. – 459 с.

***Числаш Д.С., Числаш Е.С.***

### **РАБОТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ**

*Липецкий государственный технический университет  
(diana.chislash@gmail.com, ekaterina.chislash@gmail.com)*

При работе асинхронного двигателя могут возникнуть различные ситуации, приводящие к аварийным режимам. Одним из часто встречающихся аварийных режимов асинхронных двигателей является обрыв фазы статора. Причинами данного аварийного режима могут быть: обрыв одного из проводов; сгорание одного из предохранителей; нарушение контакта в одной из фаз.

Под обрывом фазы статора понимают двухфазный режим работы в результате отключения питания по одному из проводов трехфазной системы. При этом магнитное поле приобретает эллиптическую форму. Также при обрыве фазы наблюдаются колебания момента, снижение скорости вращения и увеличение в амплитуде токов в оставшихся фазах.

Для снижения данных последствий и обеспечения живучести асинхронного двигателя при обрыве фазы статора примем угол временного сдвига фаз  $\pi/3$ , а также увеличим амплитудное значение питающего напряжения в 1,5 раза.

Для моделирования данного аварийного режима был выбран двигатель АИР225М8. На рисунке 1 приведена модель для исследования в программной среде Matlab Simulink обрыва фазы статора «С» асинхронного электродвигателя с восстановлением работы на двух фазах, в которой асинхронный двигатель представлен в виде трехфазной математической модели. Описание данной математической модели асинхронного двигателя взято из статьи Т. В. Войнова «Математическая модель для исследования трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором как объекта регулирования и для прямого процессорного управления». На рисунке 2 приведена форма магнитного поля при различных режимах.

Из полученного графика видно, что при обрыве фазы магнитное поле приобретает эллиптическую форму, однако при введении коррективки происходит восстановление кругового магнитного поля.

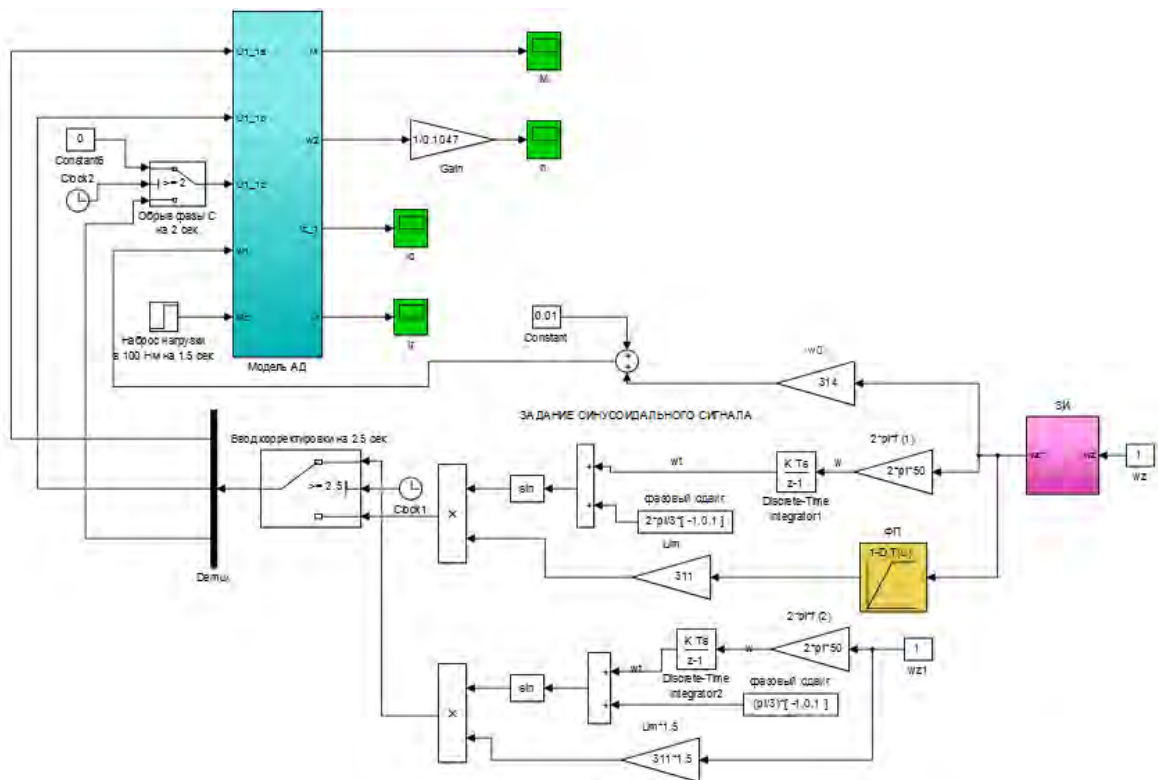


Рис.1. Модель обрыва фазы АД с восстановлением работы на двух фазах в программной среде Matlab Simulink

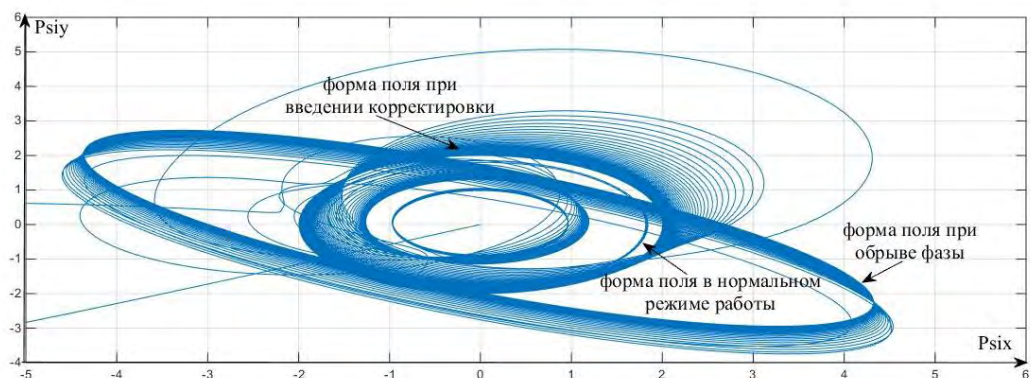


Рис.2. Форма магнитного поля при различных режимах

В дальнейшем планируется разработать алгоритм обнаружения обрыва фазы и автоматического ввода соответствующей корректировки при возникновении аварийного режима.

## **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПЕРЕДАТЧИКА С OFDM МОДУЛЯЦИЕЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
churilin.oleg@gmail.com*

Значительную долю расходов на передачу радиосигналов составляет стоимость электричества, питающего передатчики. Для повышения КПД передатчика используется работа выходного каскада в режиме класса С. Но в некоторых случаях приходится хотя бы снизить пик-фактор излучаемого сигнала. В настоящее время в цифровой связи и телевидении широко используется технология ортогонального частотного разделения с мультиплексированием (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM). Она является одним из перспективных направлений в области высокоскоростных систем радиодоступа. Современные цифровые системы связи используют многоуровневые виды модуляции сигнала, такие как m-QAM, но они подвержены межсимвольной интерференции, вследствие многолучевого распространения. OFDM системы позволяют решить проблему частотно-селективного замирания сигнала.

Суть метода OFDM состоит в следующем. В полосе канала вещания размещается от 2 до 8 тысяч несущих. Каждая несущая модулируется низкоскоростным потоком данных. Скорость передачи данных в каждом элементарном потоке равна общей системной скорости, поделенной на число несущих. Частотное распределение несущих в полосе радиоканала производится при условии, что на центральной частоте каждой из несущих спектральные составляющие всех остальных модулированных несущих переходят через ноль. В результате формируется групповой спектр мощности, очень близкий к прямоугольному спектру, что дает максимальную эффективность использования полосы радиоканала.

OFDM-сигналы характеризуются относительно высоким отношением пиковой и средней мощностей. В связи с этим используются две технологии, позволяющие снизить это отношение примерно на 20%. А это, в свою очередь, существенно снижает расходы на электропитание. Речь идет о следующих двух технологиях:

1) резервирование тона. В этом случае 1% несущих остается в резерве, не перенося никаких данных, но может использоваться передатчиком для введения сигналов, размывающих пики;

2) активное расширение фазового созвездия. В этом случае часть крайних точек созвездия отводится дальше от центра так, что это уменьшает пики сигналов. Так как изменения касаются только крайних точек, это не оказывает существенного влияния на способность ресивера декодировать данные [1].

Помимо выше перечисленных для уменьшения пик-фактора используются искажающие и неискажающие методы. Широко известный искажающий метод – метод ограничения амплитуды и его производные. Известные неискажающие методы: селективное отображение (SLM), резервирование тона (TR) и инжектирование тона (TI). Увеличение динамического диапазона линейного усилителя мощности для передачи сигналов с высоким пик-фактором влечет за собой уменьшение его КПД. Применение неискажающих методов требует уменьшения пропускной способности системы, т.к. малая её часть будет задействована для передачи информации.

Метод SLM требует передачи дополнительной информации, для TR требуется оставлять немодулированными часть пилот-тонов для модулированных резервных тонов, а TI требует повышенной мощности для инжектированных тонов.

Таким образом, уменьшение значения пик-фактора в системах с OFDM возможно только путем ухудшения каких-либо характеристик системы, например, КПД передатчика из-за введения дополнительного запаса по усилению, снижения скорости передачи из-за резервирования несущих, снижения помехоустойчивости вследствие нелинейного ограничения. Комбинация характеристик помехоустойчивых кодов и методов снижения пик-фактора являются параметрами оптимизации для получения максимального энергетического выигрыша и КПД передатчика при использовании заданного канала связи.

### ***Библиографический список***

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

*Шахнин В.А., Подачников А.В.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЭНЕРГОАУДИТЕ**

*Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых(vshakhnin@rambler.ru)*

Регламент тепловизионного контроля электрооборудования и квалификация персонала, необходимая для его проведения определены рядом нормативных документов [1-3]. Однако требования, содержащиеся в этих документах, не позволяют в полной мере использовать возможности тепловизионного контроля и получить от его применения максимальную отдачу.

Авторы работы предлагают метод, повышающий достоверность результатов тепловизионного обследования за счёт минимизации таких мешающих факторов, как нагрев диагностируемого объекта от внешнего источника излучения и искажения, вызванные различиями коэффициентов излучения элементов диагностируемого оборудования, выполненных из материалов с различными физическими свойствами.

Отличительной особенностью предлагаемого метода является поэлементный анализ термограмм теплового поля электрооборудования. Для этого формируется несколько групп компонентов диагностируемого объекта с близкими значениями коэффициентов излучения. Тепловизионная съемка термограммы проводится для каждой из групп в режиме ручной настройки. Далее полученные результаты сравниваются и на этой основе анализируется состояние каждого из тепловыделяющих конструктивных компонентов аппарата в отдельности, определяются их коэффициенты дефектности и степень неисправности.

### ***Библиографический список***

1. РД 153-34.0-20.363-99 «Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ».
2. ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля».
3. РД 34.45-51.300-97 «Объемы и нормы испытаний электрооборудования».

*Шведко В. И., Гурьянов Д. В.*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ CODESYS**

*Мичуринский государственный аграрный университет  
(linches363@gmail.com, guryanov72@mail.ru)*

Задача состоит в том, чтобы узнать, как можно с помощью специального программирования можно автоматизировать работу электропривода в совокупности с ПЧ.

В исследовании программно-управляемого асинхронного электропривода мы используем: преобразователь частоты DeltaVFD-EL21A, преобразователь интерфейсов RS485, компьютер и асинхронный двигатель.

Для решения поставленной задачи я использовал CoDeSys -комплекс для прикладного программирования ПЛК и встраиваемых контроллеров.

### ***Анализ графических зависимостей***

Благодаря графикам зависимости ампер-скоростной характеристики и зависимости напряжения по времени мы можем увидеть, что при включении двигателя в сеть пусковой ток довольно велик, при этом пусковой момент значительно меньше номинального, это несколько ограничивает область применения, и если требуется большой пусковой момент, то асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором не подойдет.

Однако этот недостаток можно преодолеть применением частотного преобразователя, позволяющего плавно повышать обороты, и таким образом обеспечить достаточно высокий пусковой момент.

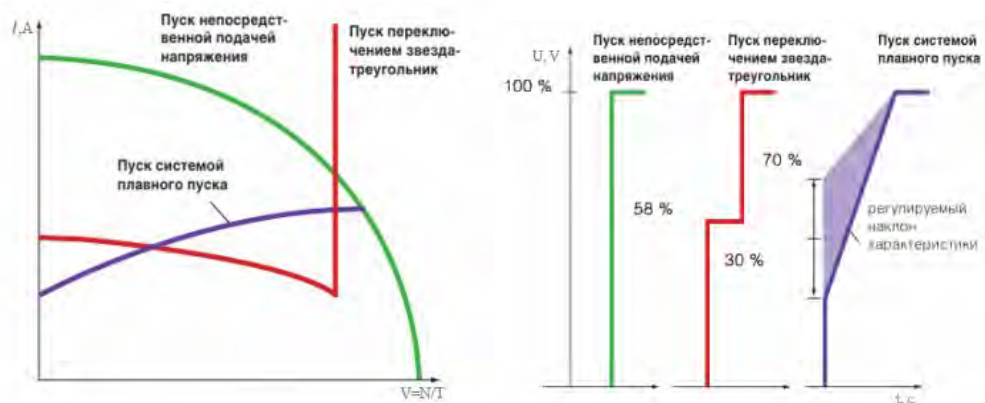


Рис.1 График зависимости ампер-скоростной характеристики и напряжения по времени.

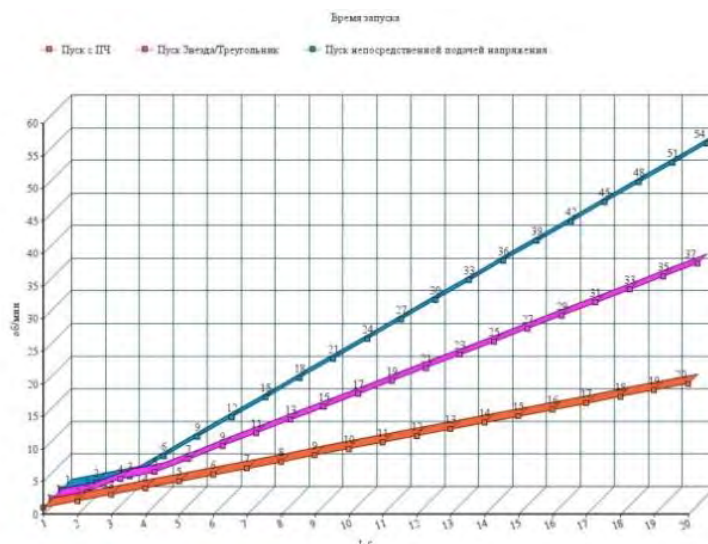


Рис.1 Зависимость скорости вращения вала электродвигателя от времени при различных способах пуска:

1 -преобразователь частоты, 2 -изменение схемы соединений обмоток электродвигателя («звезда-треугольник»), 3 - непосредственная подача напряжения.

На данном графике видно, что увеличение оборотов в минуту при пуске через звезда-треугольник и пуске непосредственной подаче напряжения идет скачкообразно, так как фазное напряжение у них уменьшается, а линейный ток увеличивается в несколько раз. При использовании ПЧ мы можем добиться плавного увеличения частоты вращения.

В результате проведенного исследования был разработан и изготовлен стенд для частотно-регулируемого электропривода. Достаточно большое внимание было уделено и их комплексному взаимодействию и функциональным возможностям. Был глубоко рассмотрен теоретический вопрос частотного регулирования в программном комплексе CoDeSys, функциональное регулирование ПЛК. Большое количество времени было уделено на программирование ПЛК, написан программный код, созданы функциональные блоки и визуализация в CoDeSys для управления электроприводом. Осуществлены главные функции и возможности для управления двигателем с помощью ПЛК. Произведен анализ работы стенда посредством графических зависимостей, которые выявили основные преимущества плавного пуска двигателя через ПЧ.

### Библиографический список

1. Шведко, В.И. Методика исследования программно-управляемого асинхронного электропривода / В.И. Шведко, Д.В. Гурьянов // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год: В 2 ч. Ч.1. Технические науки [Текст] / под ред. С.Т. Антипова; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. - Воронеж, 2016. С. 300-301.
2. Москаленко В.В. Электрический привод: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. - М.: Мастерство: Высшая школа, 2000. - 368 с.

## **БЕЗОТКАЗНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Липецкий Государственный Технический Университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru, andry048@yandex.ru)*

В данной работе обосновывается создание безотказных систем электроснабжения промышленных предприятий. За основу оценки приняты вероятностные параметры безотказной работы электрооборудования, в первую очередь, к ним относится функция распределения наработки на отказ, а следовательно вероятность безотказной работы. В качестве математического аппарата принята теория случайных импульсных потоков, безотказность характеризуют импульсы. Если рассматривается отдельное оборудование, то используется элементарный импульсный поток, а когда рассматривается совместная работа электрооборудования, применяется суммарный поток [1-5].

В нашем случае паузы определяют не отказы, а время на проведение профилактических осмотров и замены отказавшего электрооборудования. Нами установлено, что с увеличением вероятности безотказной работы, а для электрооборудования она составляет 0,99999 и более, следовательно вероятность на проведение технического осмотра 0,00001 и менее - это говорит о том, что в будущем системы электроснабжения, и другие системы (например, технологические) будут обслуживаться автоматически, потому что использование людского персонала при таких жестких требования практически невозможно.

Нами была осуществлена проверка системы электроснабжения сталеплавильного производства. Система электроснабжения сталеплавильного производства многоуровневая. Принято шесть уровней. Первый уровень касался приемников, последний разъединителя, связывающего систему электроснабжения предприятия с энергосистемой, от которой энергию получает предприятие. В результате оказалось, что при вероятности безотказной работы 0,999999, проведение профилактических осмотров, для приемников составляет 19 часов, а для разъединителя -  $185 \times 10^4$  часов. Второй уровень обслуживания, куда входят подключаемые кабели и выключатели защиты приемников время обслуживания составляет 65 часов. Третий уровень, характеризующиеся выключателями и шинами, время равно  $1,4 \times 10^2$  часов. Четвертый уровень состоящий из трансформаторов и разъединителей должен обслуживаться по истечению  $19 \times 10^2$  часов. Пятый уровень представляющий кабели и газовые выключатели -  $83 \times 10^3$  часов. Шестой уровень, куда входят, высоковольтные разъединители, обслуживание должно производиться через  $185 \times 10^4$  часов.

Если полагать, что функция распределения наработки на отказ электрооборудования, подчиняется экспоненциальному закону, то аналогичному закону будут подчиняться наработки на отказ уровней системы электроснабжения. Используя закон распределения наработки на отказ эквивалентных элементов, по принятой вероятности определялась требуемая наработка на отказ, по истечению которой, необходимо было проводить ремонтное обслуживание электрооборудования.

В результате проведенного анализа можно прийти к выводу, что обеспечение абсолютной надежности электрооборудования, не только практически, но и теоретически невозможно. Вызвано это тем, что с увеличением вероятности безотказной работы оборудования, частота его обслуживания увеличивается. Особенно наглядным является первый уровень. С увеличением вероятности даже в пределах тысячных, периодичность для отдельного оборудования сведется к минимуму. Данное явление необходимо на низших уровнях при меньших значениях вероятности, а на более высоких уровнях, в случае больших величин вероятности.

Выход из заданного состояния состоит или с использованием оборудования с более высокой надежностью, или применять системы автоматического контроля и обслуживания оборудования. Решение этой проблемы в конечном счете сводится к оценке экономической эффективности от внедрения соответствующих мероприятий.

### ***Библиографический список***

1. Шпиганович, А.Н. Случайные потоки в решении вероятностных задач / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. - Липецк, 2003. - 224 с.
2. Шпиганович, А.А. Научно-технические основы анализа функционирования систем электроснабжения / А.А. Шпиганович. - Липецк: ЛГТУ, 2012. - 99 с.
3. Шпиганович, А.А. Современное состояние вопроса безотказности систем электроснабжения / А.А. Шпиганович. - Липецк: ЛГТУ, 2012. - 79 с.
4. Шпиганович, А.Н. Повышение эффективности функционирования систем электроснабжения / А.Н. Шпиганович, В.А. Пестунов. - Липецк. ЛГТУ, 2004. - 281 с.
5. Шпиганович, А.Н. Повышение безотказности кислородно-конверторных производств путем улучшения защит систем их электроснабжения от коммутационных перенапряжений. / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, К.А. Пушница. - Сталь. 2015. №6. С. 55-57.

# ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОТ ВЛИЯНИЯ РЕМОНТНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ

Липецкий Государственный Технический Университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru, denis\_1509@mail.ru)

Обычно системы электроснабжения многоуровневые, каждый уровень системы характеризуется своим типом электрооборудования. На более высоких уровнях мощность оборудования выше, чем на низких уровнях. По - этому если рассматривать систему электроснабжения, то количество оборудования от верхнего к низшему уровню увеличивается [1-5]. На производствах ПАО «НЛМК» количество единиц оборудования на первом уровне может достигать тысяч, в то время как на высоких уровнях, таких как шестой уровень, осуществляющих питание, используется только от одного до двух или трансформаторов. Естественно количество обслуживающего персонала будет увеличиваться с уменьшением уровня системы. Чтобы оценить влияние ремонтно-профилактических работ на параметры системы электрооборудования уровня он представляется эквивалентным элементом. Это позволяет сделать теория случайных импульсных потоков.

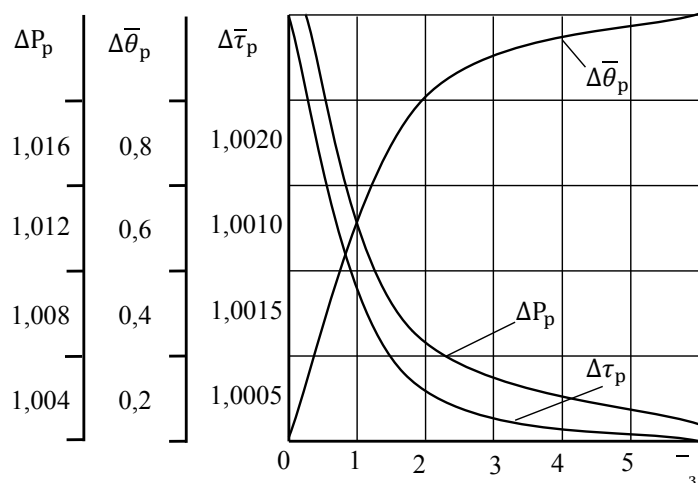


Рис1. Относительное изменение параметров системы в зависимости от периодичности обслуживания оборудования

В результате сложная система электроснабжения сводится к последовательному соединению элементов. Если на соответствующем уровне отказ системы следуют с определённой частотой, то ремонтно-профилактическое оборудование вызовет уменьшение частоты. Изменение частоты приводит к изменению других вероятностных параметров системы. Такая задача решена посредством относительного изменения параметров системы. В нашем случае результат представлен на рисунке.

Учитывая, что после профилактического обслуживания готовность оборудования к работе равна единице. Вероятность и длительность межремонтных периодов системы связаны между собой. Зная законы распределения наработки на отказ, можно по межремонтным периодам устанавливать вероятность работы, а по потребной вероятности рассчитать необходимость периодичность ремонта и количество обслуживающего персонала.

## Библиографический список

1. Смирнов, Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений/ Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Варковский. - М.: Знание, 1965. - 512 с.
2. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов/ И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. - М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955.- 608 с.
3. Шпиганович, А.Н. Случайные потоки в решениях вероятностных задач: Учебное пособие/ А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Зацепина. – Липецк: ЛГТУ, 2017.- 233 с.
4. Шпиганович, А.Н. Электроснабжение: Учебное пособие/ А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович. – Липецк: ЛГТУ, 1998. – 80 с.
5. Кудрин, Б.И. Энергоснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов/ Б.И. Кудрин. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 413 с.

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ  
АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ  
НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ  
НА ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ.**

*Тамбовский государственный технический университет.  
yushina.zoya@mail.ru (andrei.pohunckov@yandex.ru)*

Обширное расположение электросетевого комплекса России, с ее разнообразными климатическими показателями (изменения температуры в течение года, экстремально низкие температуры зимой, длительные засухи в летний период, паводки и сильные ветра в весенний период, грозовой период) во многом определяет наиболее вероятные стихийные воздействия на оборудование электросетевого комплекса.

Возможно выделить основные признаки технологических нарушений (ТН), связанных с воздействием природных явлений, исходя из опыта по их ликвидации (подготовительные мероприятия и оперативные действия по ликвидации их последствий).

1. Массовость повреждений – основной признак воздействия стихийных явлений на работу электросетевого оборудования (при прохождении мощного грозового фронта, усилении ветра, паводков).

2. Прохождение преимущественно в ночное и предутреннее время. Это особенность климата и физико-климатических характеристик расположения электросетевого комплекса (перепады температуры в вечерние и ночные часы сопровождаются усилением ветра, туманом, росой).

3. Сложность выполнения аварийно-восстановительных работ при продолжающемся стихийном явлении.

4. Повышение вероятности пренебрежения правилами охраны труда со стороны оперативно-ремонтного и ремонтного персонала ввиду некомфортных условий и спешки с целью скорейшего завершения работ.

Исходя из выделенных признаков можно определить основные этапы работы сетевой компании в части противодействия стихийным явлениям:

1. Превентивные мероприятия (подготовка оборудования, персонала и спецсредств). Основная цель этапа – снижение воздействия стихий на работу электросетевого оборудования и обеспечение готовности персонала к ликвидации возможных ТН;

2. Организация мониторинга (взаимодействие диспетчерских служб с оперативными службами региона, гидрометцентром, МЧС и осмотр оборудования, наиболее подверженного риску влияния стихий);

3. Организация информационного взаимодействия (взаимодействие с оперативными службами региона, органами власти, крупными потребителями). Определяет готовность сторонних организаций к таким явлениям;

4. Мобилизация (скорость ликвидации последствий неблагоприятных стихийных явлений);

5. Обеспечение связи (связь работающих бригад с диспетчером). Определяет гибкость принимаемых решений и способность оперативно реагировать по ситуации;

6. Определение первоочередной задачи (определяет ход аварийно-восстановительных работ);

7. Расстановка приоритетов (в условиях ограниченности сил определяется очередность восстановления оборудования);

8. Контроль проведения работ (контроль условий труда оперативно-ремонтного персонала с учетом соблюдения правил охраны труда);

9. Разработка мероприятий (этап направлен на сокращение времени ликвидации последствий ТН и сокращения подобных случаев).

Такие мероприятия позволяют сохранить устойчивость электросетевого комплекса к стихийным явлениям. А их планомерное развитие и совершенствование, направленное на предупреждение и ликвидацию ТН, позволит не только увеличить ее в разы, но и повысить энергосбережение страны в электроэнергетике.

***Библиографический список***

1. СО 34.04.181-2003 Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей.
2. <http://www.fsk-ees.ru/>
3. РД 34.20.504-94 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ВЛ 220-500КВ И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИХ ВЫЯВЛЕНИИ

Тамбовский государственный технический университет.  
(yushina.zoya@mail.ru, andrei.pohunckov@yandex.ru)

Надежность работы воздушных линий (далее - ВЛ) обусловлена совокупностью ряда факторов. Выявить истинные причины отказов и наметить пути совершенствования в работе ВЛ возможно на основании статистических данных о повреждаемости их элементов. Отказы являются единственным критерием проверки правильности практических решений и теоретических предпосылок технологических нарушений (далее – ТН).

Анализируя причины ТН за последние годы можно сделать вывод, что в Тамбовской, Липецкой и Воронежской областях их большинством стали природные явления (грозы, птицы). Наглядно это можно увидеть на нижеприведенной диаграмме.

Распределение расследованных причин ТН, произошедших на ВЛ за период с 1 января по 30 июня 2016 года (рисунок 1).

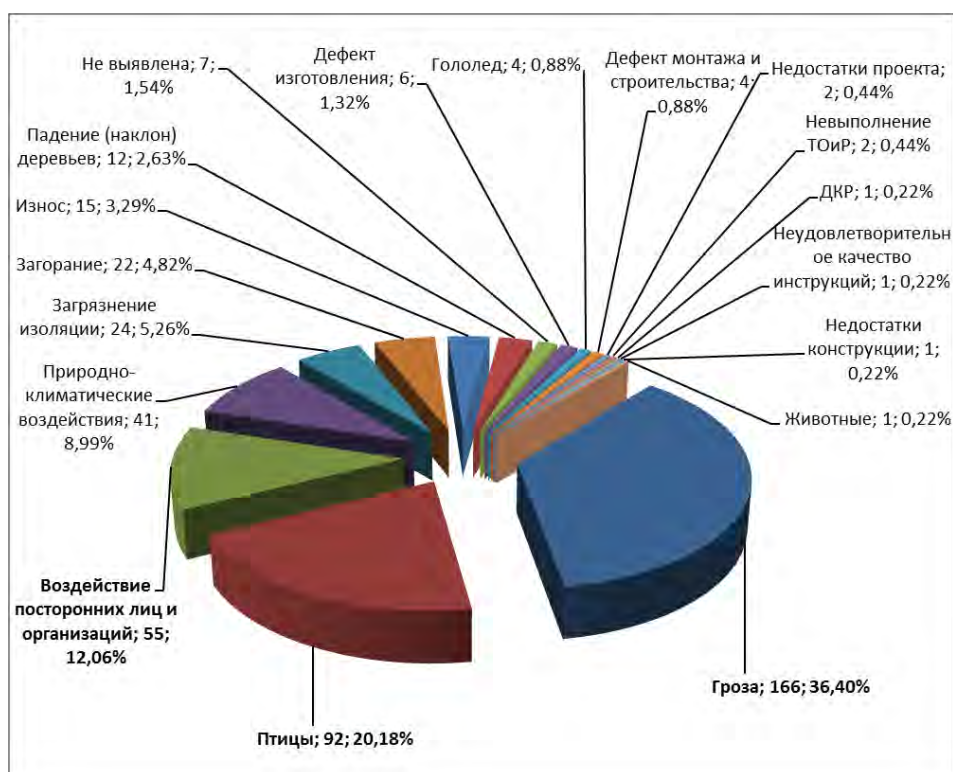


Рис.1. Причины ТН на ВЛ за период с 1.01 по 30.06. 2016 года.

Основными причинами ТН на ВЛ за период с 1 января по 30 июня 2016 года являются:

1. Гроза – 166 ТН (36,4%);
2. Птицы – 92 ТН (20,2%);
3. Воздействие посторонних лиц и организаций – 55 ТН (12,1%);
4. Природно-климатические воздействия – 41 ТН (9,0%).

Используя опыт поиска причин аварийных отключений линий электропередачи (ЛЭП) можно сделать вывод, что обнаружить место короткого замыкания (КЗ) невооруженным взглядом без проведения верховых осмотров и выведения оборудования в ремонт невозможно.

Применение квадрокоптера в таких ситуациях является как минимум очень удобным. Новейшие технологии позволяют без вывода ЛЭП в ремонт сделать послеаварийный осмотр ЛЭП не привлекая массу народа и

техники. Результаты осмотра фиксируются на камеру в достаточно хорошем качестве, чтобы было возможным заметить даже малейшие следы оплавления.

Так же важно отметить, что с помощью этого устройства есть возможность приблизиться к работающей линии на расстояние ближе, чем позволяет привычный верховой осмотр с помощью автогидроподъемника.

В результате такого осмотра есть возможность найти место КЗ как на месте, так и в результате детального просмотра фото-видео фиксации. Это позволяет сэкономить не только время, но и человеческие, и материальные ресурсы. Помимо такой экономии, пропадает необходимость лишний раз выводить технику в ремонт.

#### ***Библиографический список***

1. СО 34.04.181-2003 Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей.
2. <http://www.fsk-ees.ru/>
3. РД 34.20.504-94 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ

***Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Самойлов В.М.\****

#### **БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НАНОЧАСТИЦЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТРИЦАХ-НОСИТЕЛЯХ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

*Московский технологический университет  
(Институт тонких химических технологий)*

*\*АО "Научно-исследовательский институт конструкционных материалов  
на основе графита "НИИГрафит"  
(yashtulovna@mail.ru, lebedevamv@mitht.ru)*

Формирование каталитически активных и стабильных материалов для конструирования микромошных преобразователей энергии с повышенными удельными характеристиками представляет собой принципиальную проблему современной физической химии, нанотехнологии и энергетики [1-6]. Нанокатализаторы на основе платиновых металлов представляются наиболее эффективными в электрохимических реакциях окисления водорода и водородсодержащих топлив. В работах авторского коллектива [3,4] была продемонстрирована принципиальная возможность создания композитов с наночастицами платиновых металлов на различных функциональных матрицах-носителях, таких как пористый кремний (ПК) и углеродные нанотрубки (УНТ).

Особое внимание исследователей привлекает использование нанокompозитных металлополимерных мембран с биметаллическими наночастицами платиновых металлов, например, Pt-Pd. Данные материалы представляют собой эффективные анодные катализаторы с высокими функциональными параметрами в источниках энергии [3-5]. Предполагается, что при бифункциональном катализе промотирующий эффект рутения предотвращает образование каталитических ядов (монооксида углерода СО) и улучшает каталитические свойства нанокompозитов.

В данной работе биметаллические наночастицы Pt-Pd при соотношении металлов 1:3 были синтезированы методом химического восстановления в растворах обращенных микроэмульсий [3,4] с использованием тетрагидробората натрия  $\text{NaBH}_4$  в качестве восстановителя. Для формирования микроэмульсии в качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) был выбран Тритон X-100 (Acros Organics, США). Коэффициент солубилизации  $\omega$ , равный мольному отношению воды/ПАВ, в работе составлял 1.5 и 5. В качестве наноструктурированных матриц-подложек в работе был выбран ПК n- и p-типа со степенью пористости (П) от 40 до 80%, а также одностенные углеродные нанотрубки (УНТ) типа «Таунит» с внутренним диаметром до 3 нм и длиной в несколько микрон.

По данным исследования материалов методами высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии было обнаружено, что средний размер частиц в порах матриц-носителей составлял от 1 до 4 нм. Проведенные испытания каталитической активности и стабильности нанокompозитов на основе ПК и УНТ методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) показали, что увеличение каталитической активности наночастиц Pt-Pd связано с повышенным содержанием наночастиц катализатора размерами менее 8 нм за счет стабилизации в объеме матрицы-подложки.

### **Библиографический список**

1. Lindroos V., Motooka T., Franssila S., Paulasto-Krockel M., Tilli M., Airaksinen V.M. Handbook of silicon based MEMS materials and technologies. Micro and nano technologies, Elsevier, 2015. – 826 p.
2. Inagaki M., Kang F., Toyoda M., Konno H. Advanced materials science and engineering of carbon. Elsevier, 2014. – 431 p.
3. Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Пестов С.М. Катализаторы анодного окисления муравьиной кислоты на углеродных нанотрубках «Таунит» // Тонкие химические технологии. 2016. Т. 11. № 5. С. 59-64.
4. Яштулов Н.А., Патрикеев Л.Н., Зенченко В.О., Лебедева М.В., Зайцев Н.К., Флид В.Р. Нанокатализаторы палладий-платина-пористый кремний для топливных элементов с прямым окислением муравьиной кислоты // Российские нанотехнологии. 2016. Т. 11. № 9-10. С. 45-50
5. Ensafi A.A., Jafari-Asl M., Rezaei B., Mokhtari Abarghoui M., Farrokhpour H. Facile synthesis of Pt-Pd@silicon nanostructure as an advanced electrocatalyst for direct methanol fuel cells // Journal of power sources. 2015. V. 252. P. 452-461.
6. Su H., Xu Q., Chong J., Li H., Sita C., Pasupathi S. Eliminating micro-porous layer from gas diffusion electrode for use in high temperature polymer electrolyte membrane fuel cell // Journal of Power Sources. 2017. V. 341. P. 302-308.

**Авдеева М.Ю., Кулешов А.О., Коростелев А.Ю.**

### **ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИЙ В СФЕРУ ЖКХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(antochkacool97@mail.ru, maria-hoch92@mail.ru)*

Развитие свойственно всему, что нас окружает, и там где нет развития - нет никаких процессов способствующих этому. Инновации постоянно совершенствуются и своими новыми открытиями содействуют удобству человека. В сферу жилищно-коммунального комплекса мы стараемся внести всё больше новых и перспективных инноваций.

ЖКХ сегодня совсем не привлекательный комплекс для коммерческих предприятий. Система, которая сейчас сложилась, образовалась в результате большого числа реформ в 1991 году. Их целью было создать такую систему, которая была бы максимально приспособлена к рыночным отношениям.

Одна из главных инноваций в сфере ЖКХ- это автоматизация обработки начислений и платежей. Устаревшее программное обеспечение имеет мало функциональных возможностей для полноценного пользования. Так же неудобный интерфейс и долгие обновления системы, не успевающие за изменениями в нашем законодательстве, поэтому появились новые технологии «SaaS (Software as a Service)». Это система взаимодействия, применение которого поможет эффективно решать задачи абонентского обслуживания, тарификации начислений, сбор данных с учетных устройств, что, в конце концов, положительно влияет на сбор платежей и на абонентов. Именно поэтому это программное обеспечение приобрело популярность в России. В 2001 году появились первые компании-разработчики такого программного обеспечения, тогда и стал использоваться термин «SaaS». Сейчас с этим направлением так же работают Google и Microsoft.

Доступ к этому сервису может осуществляться в любое время дня и суток, достаточно для этого иметь просто Интернет в вашем устройстве, так же пользоваться может одновременно огромное количество клиентов. Система занимается всем как принятием платежей, так и выпиской квитанции. Обновления системы всегда проводятся своевременно и абсолютно бесплатно для заказчиков. Так же огромная выгода в том, что нет необходимости в приобретении и обслуживании серверов, в уплате за права пользования и установки. Заказчики такой системы получают огромную выгоду с того что они приобретают.

Во время конференции «ИКТ в госсекторе 2017» 6 апреля 2017 компаниями «Альянс Проф» (центр компетенции по Astra Linux) и «Биллинг Онлайн» были предложены варианты развития системы на рынке решения начисления платы за ЖКУ. Компании работают заодно, и ожидается, что развитие отечественной облачной платформы «Биллинг Онлайн» работающая под ОС Astra Linux, доступной в бизнес-модели SaaS, позволит расширить возможности применения Российских СПО в сфере ЖКХ и энергетики. По словам компании «Альянс Проф» Astra Linux уже готова к использованию в России, она была доработана и соблюдает все требования к безопасности.

Самое главное, что здесь стоит заметить, что выигрывают здесь клиенты и заказчики этой системы. Клиенты станут получать больше информации о своих платежах, и более точные цифры. Так же клиентов будет ждать личный кабинет, в котором можно проводить все операции нужные ему, и гарантию защиты персональных данных. [1]

К сожалению, при всех преимуществах использования инновационных технологий, внедрение инноваций в сферу ЖКХ очень сложно, так как этому мешает целый ряд проблем (табл. 1) [2]

Таблица 1 Проблемы реализации и разработки инвестиционных программ

|                          |                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Технологические проблемы | Большой износ основных производственных; Неэффективные технологические решения и схемы предоставления ЖКУ; Разные условия предоставления услуг.                                                                        |
| Экономические проблемы   | Высокая бюджетная зависимость, недофинансирование; Отсутствие оборотных средств и средств на модернизацию фондов; Наличие огромной дебиторской и кредиторской задолженностей; Затратный механизм формирования тарифов. |
| Организационные проблемы | Сложная многоуровневая структура управления отраслью; Дублирования функций; Неэффективность и несвоевременность принятия управленческих решений.                                                                       |
| Социальные проблемы      | Необходимость постоянного предоставления ЖКУ; Влияние роста цен на ЖКУ на социальную напряженность.                                                                                                                    |

Внедрение инноваций в сферу ЖКХ очень сложно, так как этому мешает целый ряд проблем, таких как: недофинансирование, большая бюджетная зависимость от государства, затратный механизм формирования тарифов и др. Но, не смотря на все проблемы, мы понимаем, что прогресс в сфере ЖКХ не останавливается и новые технологии продолжают внедряться в эту сферу.

*Аль Сумармад Хайзаран Абдулхуссейн Сачит, Е.В. Илларионов*

### **БИОГАЗ – АЛЬТЕРНАТИВА ПРИРОДНОМУ ГАЗУ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(khizran1977@yahoo.com)*

Во всем цивилизованном мире, особенно в связи со значительным ростом цен на энергоносители, стали все больше обращать внимание на биогазовые технологии получения биометана, как полноценной альтернативы природному газу.

Вопросы обеспечения газом в необходимых объемах стал для многих европейских стран проблемой национальной безопасности. При этом развитые промышленность и сельское хозяйство производят огромное количество органических отходов, которые непременно следует утилизировать. Европейцы уже давно подсчитали, что биогазовые установки в промышленных масштабах позволяют решить множество проблем.

В результате переработки отходов, получают высококачественные органические удобрения. В странах с бедными грунтами малопригодными для сельского хозяйства, использование биогазовых технологий помогает решать продовольственные вопросы за счет существенного увеличения урожайности.

Современные биогазовые установки могут работать как на однородном сырье, так и на смеси разнородной биомассы. Промышленные биогенераторы представляют собой объемные герметичные реакторы оборудованные системой подачи исходного сырья, системой подогрева и перемешивания биомассы, защиты и отвода образовавшегося биогаза из реактора в общий газовый коллектор.

В реакторе благодаря системе обогрева и жизнедеятельности анаэробных бактерий происходит активное разложение органического сырья. При брожении биомассы образуется биогаз состоящий из метана (до 70%) и диоксида углерода (до 30%). Биогаз имеет высокую теплотворную способность – до 7500 ккал /м<sup>3</sup>, не имеет цвета и запаха, по своим характеристикам практически не уступает природному газу. В ряде стран биогаз дополнительно очищают от присутствия диоксидов углерода и получают чистый биометан.

Различают два способа сбраживания биомассы в промышленных реакторах – «мокрый» и «сухой».

Мокрый способ сбраживания заключается в предварительном увлажнении биомассы до жидкого состояния. Жидкая фракция специальными насосами перекачивается в реактор. Непрерывность технологического процесса образования биогаза осуществляется за счет постепенной подачи свежей биомассы в нижнюю часть биореактора и одновременном откачивании старой из верхних слоев. В процессе брожения образуется биогаз и высококачественные органические удобрения обогащенные продуктами жизнедеятельности анаэробных бактерий. Для подогрева реактора в зимних условиях используется небольшая часть образовавшегося газа – обычно не более 10% от производимого объема биогаза.

В последнее время все большую популярность получил более экономный сухой метод получения биогаза, позволяющий перерабатывать твердые органические отходы загрязненные неорганическими включениями. Сухой метод заключается в использовании ферментатора специальной конструкции. В герметичный ферментатор загружается сухая биомасса с влажностью не более 50%. В ферментаторе происходит сбраживание сырья без доступа кислорода за счет постоянного орошения биомассы жидким фильтратом из реактора. Стекая в дренажную систему фильтрат с помощью насосов, опять возвращается в систему орошения. Такая система рециркуляции позволяет избежать необходимости постоянно перемешивать субстрат, за счет чего существенно снижаются затраты на электроэнергию. Благоприятный температурный режим обеспечивается за счет подогрева боковых стен и пола реактора. Непрерывность процесса газообразования достигается за счет использования нескольких реакторов со смещением во времени цикла сбраживания.

Реактор для сухой ферментации конструктивно существенно отличается от реактора с мокрым сбраживанием субстрата, поскольку все разгрузочно-погрузочные работы обычно проводятся с помощью фронтального погрузчика. Если реакторы с мокрым способом выглядят в виде объемной емкости с конусообразным или шарообразным куполом, то реактор для сухой ферментации больше похож на большой герметичный гараж с фронтальными воротами шлюзового типа.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. А.В. Кобелева*

#### **Библиографический список**

1. Сибикин, Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие- 2-е изд, стер. / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.:КНОРУС, 2012. – 240с.
2. Кобелев, А.В. Повышение эффективности систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии: дис...канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 25.05.2004 / Кобелев Александр Викторович. – Тамбов, 2004. – 145 с.

*Аль Шахери Аммар Муса, Иванов С.Е.*

#### **ЛИНЕЙНЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(amar.alshmary@yahoo.com)*

Особенностью оптимизационных задач электроснабжения является необходимость применения как классических так и алгоритмических методов; необходимость системного подхода, наличие особенностей больших систем, системного анализа; математическая формализация нормированных допустимых и необходимых значений, коэффициентов статической устойчивости с сохранением динамической устойчивости [1, 2].

Современные потребители электроэнергии синусоидального тока представляют собой активно-индуктивные нагрузки, токи которых по фазе отличаются от напряжения источника питания.

С уменьшением  $\cos \phi$  потребителя его ток возрастает

$$I = \frac{P}{U \cos \phi}.$$

Работа источника питания в целом характеризуется к.п.д. его установки, состоящем из к.п.д. генератора и первичного двигателя. Работа первичного генератора определяется в основном активной мощностью генератора. Поэтому недогрузка генератора активной мощностью влечет за собой недогрузку и снижение к.п.д. первичного двигателя и всей энергетической установки. Себестоимость передаваемой электроэнергии от этого повышается. Увеличивается потери мощности в ЛЭП:

$$\Delta P = R_n \cdot I^2 = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \phi} R_n.$$

Мощность активных потерь в ЛЭП, как видно из этого выражения тем больше, чем ниже  $\cos \phi$  установки. Следовательно, чем ниже  $\cos \phi$  потребителя, тем дороже будет обходиться передача к нему электроэнергии.

Рассмотрим пример расчета емкости батареи конденсатора. Из векторной диаграммы видно, что для получения угла сдвига фаз требуемой величины емкостная ветвь должна иметь ток, равный разности реактивных составляющих токов потребителей для компенсации угла сдвига фаз  $I_{PI}$  и после компенсации угла сдвига фаз  $I_p$ :

$$I_c = I_{PI} - I_p. \quad (1)$$

Из векторной диаграммы эти токи можно определить через активную составляющую тока потребителя  $I_A$ :

$$I_{PI} = I_A \operatorname{tg} \phi_{PI} \text{ и } I_p = I_A \operatorname{tg} \phi$$

Поэтому выражение (1) можно переписать в виде:

$$I_c = I_A (\operatorname{tg} \phi_{PI} - \operatorname{tg} \phi) \quad (2)$$

где  $I_c = U \omega C$  а так выразим через мощность и напряжение  $I_A = P/U$ ; поэтому (2) можем переписать так

$$U \omega C = \frac{P}{U} (\operatorname{tg} \phi_{PI} - \operatorname{tg} \phi) \quad (3)$$

Из которого можно определить искомое значение батареи конденсатора:

$$C = \frac{P (\operatorname{tg} \phi_{PI} - \operatorname{tg} \phi)}{\omega U^2} \quad (4)$$

Обычно при помощи батареи конденсаторов компенсацию угла сдвига фаз осуществляют не полностью повышая  $\cos \phi$  до 0,95–0,96;

Еще большее повышение требует больших затрат на установку батарей конденсаторов, которые в этом случае экономически не оправдаются:

В трехфазных потребителях имеем:

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{R^2 + (Q_c - Q_c)^2}} \quad (5)$$

где  $Q_c$  - реактивная мощность компенсирующих устройств.

*Работа выполнена под руководством к. т. н., доцента Ж. А. Зарандии*

#### **Библиографический список**

1. Воронин, А. А. Оптимальные иерархические структуры / А. А. Воронин, С. П. Мишин. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 210 с.
2. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике / под ред. О. В. Шербачева. – Л. : Энергия, 1980.
3. Федосова, Е. О. Повышение энергоэффективности распределением потоков реактивной мощности в энергосистеме / Е. О. Федосова, А. Е. Федяева, С. В. Кочергин // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах : 67 тез. докл. 3-й Междунар.

**Астапов А.Ю., Мухортов Н.М., Кейзер А.В.**

#### **АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ КОРПУСА ЗДАНИЯ ВНИИС ИМ. И.В. МИЧУРИНА**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет»  
(Niko.mukhortov@yandex.ru, Astapow\_a@mail.ru)*

Основными нормируемыми показателями искусственного освещения являются: освещенность; общий индекс цветопередачи; коэффициент пульсаций освещенности. От данных характеристик зависит производительность труда и зрительная работоспособность персонала при производстве работ.

Объектом исследования является ФГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства имени И.В. Мичурина», который находится в городе Мичуринске, улица Мичурина, д. 30.

Производился замер освещённости рабочих мест в соответствии с методиками [1,2,5]. Контроль освещённости и коэффициента пульсации рабочих мест производился при помощи прибора ТКА-ПКМ [3,4], который представлен на рис.1. Процесс измерения параметров освещения приведен на рис. 2.

В помещениях применены светильники «ЛВО13-4х18 - Астра - типа "Армстронг" с отражающей решеткой (рис. 3).



Рис.1 Общий вид прибора ТКА-ПКМ

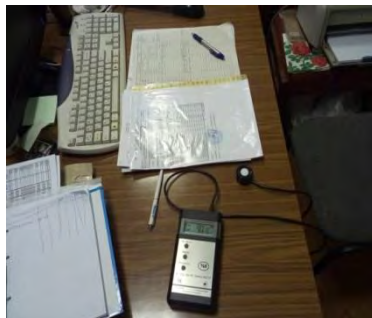


Рис.2 Измерение параметров освещения на рабочей поверхности



Рис. 3 Внешний вид светильника «ЛВО13-4х18 - Астра - типа "Армстронг"»

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений.

| № п/п | Наименование помещений | Нормы |                            | Результаты |                            | Отношение % |                            |
|-------|------------------------|-------|----------------------------|------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
|       |                        | Е Лк  | К <sub>п</sub> %, не более | Е Лк       | К <sub>п</sub> %, не более | Е Лк        | К <sub>п</sub> %, не более |
| 1     | Коридор №1             | 75    | 15                         | 117        | 0                          | 156,0       | 0,0                        |
| 2     | Коридор №6             | 75    | 15                         | 56         | 8                          | 25,3        | 46,7                       |
| 3     | Кабинет №2             | 400   | 15                         | 292        | 6                          | 27,0        | 60,0                       |
| 4     | Кабинет № 5            | 400   | 15                         | 310        | 6                          | 22,5        | 60,0                       |
| 5     | Кабинет № 10           | 400   | 15                         | 270        | 8                          | 32,5        | 46,7                       |
| 6     | Кабинет № 18           | 400   | 15                         | 284        | 7,3                        | 29,0        | 51,3                       |
| 7     | Лестница №14           | 75    | 15                         | 59         | 3,4                        | 21,3        | 77,3                       |
| 8     | Лестница №23           | 75    | 15                         | 55         | 4,7                        | 26,7        | 68,7                       |
| 9     | Лестница № 34          | 75    | 15                         | 106        | 3                          | 141,3       | 80,0                       |
| 10    | Архив № 38             | 75    | 15                         | 53         | 7,8                        | 29,3        | 48,0                       |

Анализ полученных данных показал, что освещение ряда помещений не соответствует СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 в среднем на 26,7%. В некоторых помещениях показатель освещённости превышен в 1,5 раза. Коэффициент пульсации всех помещений находится в пределах допустимых значений.

### Библиографический список

1. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПин 2.2.1/ 2.1.1.1278-03; ДЕАН - Москва, 2003. - 876 с
2. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение/ Минстрой России - М.: ГП «Информрекламиздат», 1995. – 35 с. 2.
3. Прибор комбинированный «ТКА-ПКМ(08)». Руководство по эксплуатации; Спб, - 8с.
4. Прибор комбинированный «ТКА-ПКМ(08)». паспорт; Спб, - 4с.
5. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение: актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. – М., 2011. – 74 с

## **ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПОСВЯЩЕННЫХ ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Орловский государственный аграрный университет  
(vadim57ru@gmail.com, winaleksandr@rambler.ru)*

**Введение.** Повышение эффективности систем электроснабжения сельских потребителей, начиная от частных домов в населённых пунктах и заканчивая крупными агропромышленными объектами, является актуальной и достаточно сложной задачей для энергоснабжающих организаций. Это обусловлено удаленностью энергопотребителей от точек распределения электроэнергии, изношенностью энергооборудования (линий электропередач, трансформаторных подстанций), а также нехваткой специалистов, задействованных в обслуживании данного вида оборудования.

Решением данной задачи занимаются многие отечественные ученые, такие как Карташев И. И., Тульский В.Н., Бородин М.В., Садулаев Н. Н., Папков Б.В. и другие. Большое количество научных публикаций представлены по этой тематике зарубежными специалистами. Цель данной статьи заключается в анализе источников, опубликованных на английском языке и посвященных повышению эффективности систем электроснабжения.

**Обзор.** Значительная часть зарубежных статей направлены на изучение качества электрической энергии (КЭ). Так в [1] авторы анализируют КЭ в Словении и приводят возможные пути его повышения. В [2] авторы подробно приводят анализ КЭ на всех уровнях рабочего напряжения в Чешской Республике.

В связи с применением новых технологий, применяемых в медицине, большое количество статей посвящено анализу КЭ в лечебно-производственных учреждениях, а также влиянию КЭ на работу медицинских аппаратов, например в источниках например [3, 4].

В статьях [5, 6] авторы обсуждают пользу от внедрения мониторинга КЭ и рассматривают существующие аппаратное и программное обеспечение для выполнения этой функции.

**Заключение.** Из обзора приведенных работ видно, что темы, посвященные эффективности систем электроснабжения, и, в частности, проблемам качества электроэнергии и надежности электроснабжения, являются актуальными не только в России, но и за ее пределами. Но при этом следует отметить, что в указанных работах не фигурирует понятие эффективности электроснабжения. Эффективность рассматривается как совокупность различных показателей, чаще всего никак не объединенных друг с другом. Поэтому авторами представленной статьи проводится работа по классификации и разработке критериев эффективности систем электроснабжения и предлагается следующее ее определение: «Эффективность системы электроснабжения - это характеристика совокупности источников и систем преобразования, передачи и распределения электрической энергии с позиции обеспечения потребителей электрической энергией с минимально возможными издержками при условии соблюдения заданных параметров качества электроэнергии и надежности, а так же соблюдения сроков и качества технологических присоединений».

### ***Библиографический список***

1. Gheorghe, S., Tanasa, C., Ene, S., & Mihaescu, M. (2005) Power quality, Energy efficiency and the performance in electricity distribution and supply companies. In 18th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution. Turin : IET
2. Santarius, P., Krejci, P., Brunclik, Z., Prochazka, K., Kysnar, F. (2015) Evaluation of power quality in regional distribution networks. In 23rd International Conference on Electricity Distribution. Lyon: AIM
3. Rusdy Hartungi, Liben Jiang. (2010) Investigation of Power Quality In Health Care Facility. In International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10), Granada (Spain)
4. Ramos, MC Giacco and Tahan, CM Vieira. An Assessment of the Electric Power Quality and Electrical Installation Impacts on Medical Electrical Equipment Operations at Health Care Facilities - American Journal of Applied Sciences 6 (4), 2009, pp. 638-645
5. Lance Irwin. (2010) Asset management benefits from a wide area power quality monitoring system. In 23rd International Conference on Electricity Distribution. Lyon: AIM
6. Suhas C Dhapare, Nitin R Lothe, Pillai Ramachandran. (2015) Power quality monitoring with smart meters. In 23rd International Conference on Electricity Distribution. Lyon: AIM
7. Виноградов, А.В. Совершенствование деятельности по энергосбережению и по осуществлению технологических присоединений филиала ОАО "МРСК ЦЕНТРА" - "ОРЕЛЭНЕРГО": /Монография/ Виноградов А.В., Бородин М.В., Волченков Ю.А., Пешехонова Ж.В. – Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2015. - 196 с., - ISBN 978-5-93382-262-2.



## **ВЛИЯНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ НА РАБОТУ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ**

*Тольяттинский государственный университет  
Jironimo31@gmail.com*

Заземление нейтрали определяет вид защиты, которые уместно будет использовать, чтобы обеспечить основные требования, предъявляемые к релейной защите. В России в соответствии с ПУЭ: «...работа электрических сетей напряжением 3–35 кВ может предусматриваться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор».

Отсутствие рекомендаций по выбору заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ в ПУЭ и других нормативных документах связано со сложностью формирования таких рекомендаций для большого разнообразия сетей указанного класса напряжения и учета множества факторов. В ПУЭ указаны только граничные значения емкостных токов, с которых должны применяться компенсированная нейтраль.

Следует отметить, что в соответствии с требованиями: «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей», который гласит: В сетях собственных нужд 6 кВ блочных электростанций допускается режим работы с заземлением нейтрали сети через резистор. Каждое заземление нейтрали имеет свою особенность, и переходные процессы в режиме короткого замыкания будут отличаться. Поэтому при выборе видов защит необходимо учитывать особенности заземления нейтрали.

Накопленный опыт эксплуатации сетей с изолированной нейтралью выявил ряд существенных недостатков:

- Перенапряжения, возникающие при однофазном коротком замыкании через перемежающуюся дугу замыкания, ведут к пробое изоляции на первоначально неповрежденных;
- Быстрое старение изоляции в результате перенапряжений, возникающих при работе на однофазном коротком замыкании через перемежающуюся дугу;
- Выход из строя трансформаторов напряжения в результате однополярного дугового замыкания (однофазное замыкание).

Следует отметить тот факт, что в нормативных документах разрешается работа с однофазным коротким замыканием. Это в свою очередь ведет к неправильной работе обслуживающего персонала с трансформаторами тока нулевой последовательности (ТТНП). В результате возникает повреждение ТТНП. В свою очередь это ведет к неправильной работе релейной защиты отстроенных от поврежденного ТТНП.

Проблемы отстройки релейной защиты при однофазных коротких замыканиях возникают при малых токах замыкания на землю. В результате малого тока замыкания обнаружение данного вида короткого замыкания становится сложной задачей. Для защиты от однофазного короткого замыкания существует множество защит. При изолированной нейтрали может применяться любой из существующих видов защит с учетом особенностей потребителя и факторов, влияющих на селективность и чувствительность.

Заземление нейтрали через дугогасящий реактор (ДГР) применяется при больших емкостных токах замыкания на землю. Все недостатки, которые существуют при изолированной нейтрали представлены и здесь. В России множество реакторов, находящихся в эксплуатации имеет старую конструкцию, без шунтирующего резистора. В сетях с данными ДГР не могут использоваться простые токовые защиты и направленные токовые защиты, потому что в первом случае не удастся добиться требуемой чувствительности и селективности.

Заземление нейтрали через резистор имеет ряд существенных преимуществ относительно заземления через ДГР и изолированной нейтрали:

- Отсутствие дуговых перенапряжений;
- Возможность реализации селективной и чувствительной работы релейной защиты;
- Исключение повреждений измерительных ТН из-за феррорезонансных процессов;
- Возможность работы с однофазным замыканием на землю (высокоомное заземление).

### **Выводы**

1. Выбор заземления нейтрали предопределяет возможные аварийные режимы и процессы, которые будут негативно влиять на электросеть и потребителя.
2. Выбор и отстройка видов защит релейной защиты усложняется в соответствии с выбором заземлений нейтрали и в некоторых случаях ведет к уменьшению эффективности.
3. Заземление нейтрали через резистор позволяет повысить эффективность действий релейной защиты.

### **Библиографический список**

1. . Правила устройства электроустановок. - 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. - 184 с.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ:  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»  
(89092324214@rambler.ru)*

Энергия является необходимым условием жизнедеятельности и развития человеческого общества, уровня его материального и экономического благополучия, а также взаимоотношений этого общества с окружающей средой. Одним из наиболее удобных в использовании и экологически чистым энергоносителем является электроэнергия. Она служит базой ускорения научно-технического прогресса, развития наукоемких отраслей и информатизации общества. Таким образом, на перспективу до 2035 г. ожидается рост электрификации мировой экономики и потребления электроэнергии.

Возникает необходимость подготовки компетентных специалистов в области электроэнергетики и электротехники, а в частности электроснабжения, способных решать многофункциональные задачи.

Современная высшая школа должна подготовить специалиста, ориентированного в основных аспектах электроснабжения, усвоившего главные законы и важнейшие принципы теории электроснабжения, то есть специалиста, обладающего с одной стороны, независимостью в своих мнениях и поступках, а с другой стороны, высокой степенью ответственности и профессионализма. Однако система образования в России в связи с переходом на двухступенчатую систему образования не в полной мере решает эту проблему.

Исходя из этого, как наиболее серьезные в контексте проблемы данного исследования, могут быть выделены противоречия между:

- необходимостью перехода страны на устойчивое развитие и неспособностью выпускников профессиональной школы активно участвовать в этом процессе;
- потребностью в специалистах, способных ответственно решать сложнейшие профессиональные задачи, и недостаточной разработанностью содержания, методического обеспечения образования студентов вуза, отвечающего современным требованиям.

Необходимость разрешения данных противоречий позволяет обосновать проблему исследования — научно-методическое обеспечение обучения студентов вуза по дисциплине «Энергоснабжение» и отнести объект исследования к области теории и методики профессионального образования.

Уровень обучения студентов вуза можно повысить, если:

- разработать модель научно-методического обеспечения обучения студентов по дисциплине «Электро-снабжение»;
- в основу разработки модели положить принципы гуманизации, системности;
- технологизировать процесс обучения и создать к нему учебно-методический комплекс.

В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи:

1. Изучить степень разработанности проблемы в теории и практике.
2. Разработать модель научно-методического обеспечения профессионального обучения студентов вуза.
3. Создать структуру учебно-методического комплекса обучения по дисциплине «Электроснабжение».
4. В процессе опытно-экспериментальной работы проверить эффективность модели научно-методического обеспечения обучения студентов вуза по дисциплине «Электроснабжение».

Совокупность положений и выводов позволит существенно повысить уровень обучения студентов вуза по дисциплине «Электроснабжение» за счет эффективности научно-методического обеспечения, сделать процесс обучения системным, качественным, управляемым.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Кочергина С.В.*

***Библиографический список:***

1. Асмолов, А.Г. Стратегия развития вариативного образования в России / А.Г.Асмолов// Инновационная деятельность в образовании: Междунар. междисциплинар. науч.-практ. журн. - 2014. - № 3. — С. 9-13.
2. Атутов, П.Р. Технологии и современное образование / П.Р. Атутов //Педагогика, 2016. - № 2.- С. 11-14.
3. Афанасьев, В.Г. Моделирование как метод исследования социальных систем / В.Г.Афанасьев // Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодн. - М.: Наука, 2012. - С. 26-46.

## **СОКРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВЛ-10 кВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕКЦИОНИРУЮЩИХ ПУНКТОВ**

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина  
ludmila270296@mail.ru*

В ходе прохождения производственной практики в Филиале ПАО «МРСК Центра»- «Орелэнерго» автором проанализированы повреждения отходящих ВЛ-10 кВ от двух подстанций. В результате внеочередных осмотров на ВЛ-10 кВ первой ПС было обнаружено, что отключения на линии были вызваны в результате дугового перекрытия межфазного промежутка на ВЛ, на второй ПС отключения были вызваны схлестыванием межфазного промежутка на ВЛ и разрушением изоляции на КРУН 10 кВ, что приводило к повреждению опорной изоляции ВЛ 10 кВ. На те и другие повреждения срабатывали защиты «МТЗ» и «Земля в сети 10 кВ». Все это приводило к неоднократному отключению напряжения на КТП 10/0,4 кВ и обесточиванию двух населенных пунктов с социально значимыми объектами, отключению производственных объектов, перерыв в электрообеспечении которых приводил к массовому браку продукции и большому экономическому ущербу.

Рассмотренные ВЛ-10 кВ выполнены голым проводом А-70, не имеют автоматических секционирующих пунктов в линии и могут быть запитаны только вручную от независимых источников электроэнергии. В то же время известно, что применение автоматического секционирования и резервирования линий электропередачи различных классов напряжения позволяет значительно повысить надежность электроснабжения потребителей. Поэтому и на рассмотренных ВЛ следует применить средства автоматизации, а именно – автоматическое секционирование и резервирование.

Для сокращения аварийных ситуаций были разработаны и предложены следующие мероприятия на примере одной из ВЛ:

- Замена существующего провода А-70 на провод марки СИПЗ 3(1Х70), что в свою очередь предотвратит появление дугового перекрытия в межфазном пространстве воздушной линии, сократить расчётную просек до 5 метров и повысить безопасность жизни и здоровья людей при прохождении воздушной линии через населённую местность.

- Установить вместо линейного разъединителя Ю-1-14 секционирующий пункт, позволяющий разделить линию на 2 части и иметь возможность автоматического отключения поврежденного участка.

- Вместо кольцевых разъединителей так же установить секционирующие пункты, позволяющие автоматически ввести резерв питания на обесточенный участок и обеспечить первую категорию надежности электрообеспечения потребителей.

Таким образом, при повреждении изоляции ВЛ происходит отключение выключателя 10 кВ от действия МТЗ и срабатывание «АПВ – не успешно» в результате пропадания напряжения на участке ВЛ-10 кВ №1 ПС 110/10 кВ «Южная» включается секционирующий выключатель, подавая напряжение на воздушную линию со стороны ВЛ-10кВ №2 ПС 110/10 кВ «Южная».

**Заключение.** В результате проведенного анализа для обеспечения надежности на ВЛ-10 кВ необходимо заменить провод и поставить секционирующие аппараты.

### ***Библиографический список***

1. Виноградов А.В., Виноградова А.В. Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством секционирования и резервирования линий электропередачи 0,38 кВ: Монография/ Виноградов А.В., Виноградова А.В. – Орел; Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2016. – 224с. – ISBN 978-5-93382-289-9
2. Лещинская, Т.Б., Экспертная система оценки надёжности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей / Т.Б. Лещинская, Э.В. Магадеев//Электрика. – 2008. – № 4.– С. 30–35.
3. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства : учебник / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. - М. : БИБКМ: ТРАНСЛОГ, 2015. - 656 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов вузов). - для бакалавров. - ISBN 978-5-905563-41-6

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,  
(e-mail: 32qwert@gmail.com Polymers@asp.tstu.ru).*

В настоящее время многие страны озабочены проблемой энергосбережения. В России в последнее время так же возникает эта проблема, ведь запасы топлива не бесконечны. Поэтому необходимо реструктуризировать энергетический баланс страны, а именно перейти на энергосберегающие технологии, экономичное оборудование и материалы.

Затраты на электрическую энергию в большей степени влияют на стоимость энергоемкой продукции. К таковой относится большинство строительных материалов.

В России по сравнению с другими странами энергоемкость производственных процессов значительно выше, потому что в производстве используются устаревшие технологии. Улучшить энергосбережение можно за счет анализа затрат энергии на различных стадиях производства и оценки экономии энергии за счет модернизации оборудования и других приемов.[1]

В качестве примера рассмотрим производство композиционных материалов на основе вторичных полимеров. При дефиците органического сырья полимерные отходы становятся богатым материальным и энергетическим ресурсом, то есть важным экономическим фактором. Их повторное использование позволяет сократить использование естественных ресурсов, снизить выбросы в окружающую среду и уменьшить потребление энергии. Таким образом, использование отходов полимерных материалов в качестве полимерной матрицы при производстве композиционного материала позволит уменьшить экологическую нагрузку и снизить себестоимость конечного продукта[2-3].

Так, например, в производстве тротуарной плитки из полимерных композиционных материалов можно снизить энергозатраты с помощью использования вторичных полимеров и отходов ЦСП.

Если использовать в производстве в качестве наполнителя пылевидную смесь, образующуюся при производстве ЦСП, то можно получить легкие и прочные композиционные материалы.

Главным конкурентом данного конструкционного материала являются полимерпесчаные композиции (ППК). В качестве сырья используется полимер с наполнителем в виде песка. Главным недостатком ППК является необходимость сушки песка, существенно повышающей энергоемкость процесса получения композита.[4]

По сравнению с традиционно используемыми материалами на основе отходов полимеров и песка есть возможность повысить качество, снизить себестоимость композиционных материалов на основе отходов ЦСП. Так же отходы ЦСП в качестве наполнителя являются менее энергозатратными в отличие от песка, так как на выходе сепараторов технологического цикла производства ЦСП они практически сухие. Еще одним важным преимуществом отходов ЦСП является то, что это экологически чистый материал.[5-7]

### ***Библиографический список***

1. <http://verdit.ru/finansing/4149-energy-conservation-problems-and-their-solutions.html>.
2. Беляев П.С., Маликов О.Г., Забавников М.В., Соколов А.Р. Повышение качества нефтяных битумов путем модификации продуктами переработки изношенных автомобильных шин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2003. Т. 9. № 1. С. 63-69.
3. Клинов А.С., Беляев П.С., Соколов М.В., Шашков И.В. Утилизация полимерной тары и упаковки: Учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.
4. Клинов А.С., Соколов М.В., Однолько В.Г., Беляев П.С. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов. М.: Спектр, 2012. 196 с.
5. Беляев В.П., Клинов А.С., Беляев П.С., Полушкин Д.Л. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий // Глобальный научный потенциал. 2012. № 19. С. 169-171.
6. Беляев П.С., Полушкин Д.Л., Макеев П.В., Фролов В.А. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 2. С. 264-271.
7. <http://eco-ts.ru/>

Кодиров Д.Б., Юсупов Д.Т.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ МИКРО-ГЭС

ООО «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго»  
(e-mail: d.kodirov@mail.ru, dilmurod85@list.ru)

Разработана опытная модель водяного колеса микро-ГЭС[1-2]. На основе данной модели проведены экспериментальные исследования, и полученные результаты использованы на следующем предварительном расчете.

В таблице 1 приведены результаты измерений годового расхода воды на реке, протекающей рядом фермерского хозяйства «Хамкор» Косонсайского района Наманганской области Республики Узбекистан.

Таблица 1  
Определение расходов на микро ГЭС[4]

| Время t, месяц              | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Расход Q, м <sup>3</sup> /с | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,5  | 1,2 | 1,2 | 0,9 | 1   |

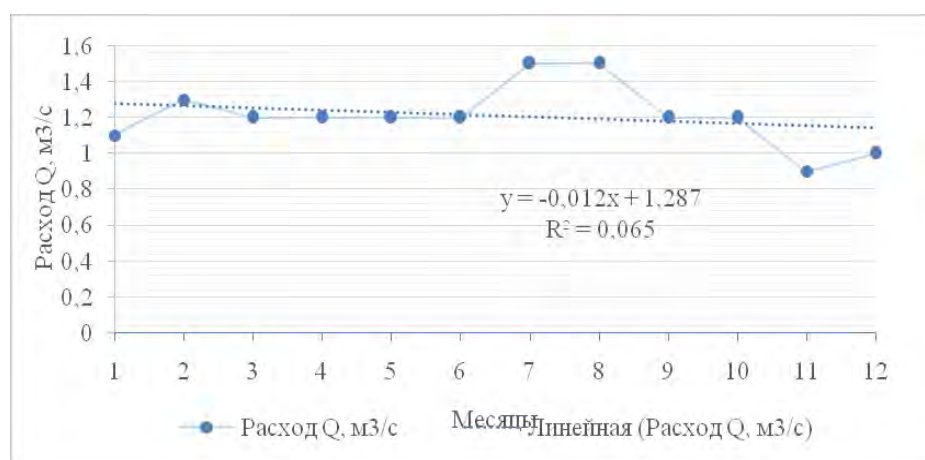


Рис.1.Расходводы за 2016год

Все полученные результаты водяного колеса при разных скоростях течения воды в реке приведены в таблице 2.

Таблица 2  
Определение среднесуточной мощности[3]

| Месяцы   | Расход Q, м <sup>3</sup> /с | Напор H, м | Мощность Ni, кВт |
|----------|-----------------------------|------------|------------------|
| январь   | 1,1                         | 1,5        | 8,1              |
| февраль  | 1,3                         | 1,5        | 9,6              |
| март     | 1,2                         | 1,5        | 8,8              |
| апрель   | 1,2                         | 1,5        | 8,8              |
| май      | 1,2                         | 1,5        | 8,8              |
| июнь     | 1,2                         | 1,5        | 8,8              |
| июль     | 1,5                         | 1,5        | 11,0             |
| август   | 1,5                         | 1,5        | 11,0             |
| сентябрь | 1,2                         | 1,5        | 8,8              |
| октябрь  | 1,2                         | 1,5        | 8,8              |
| ноябрь   | 0,9                         | 1,5        | 6,6              |
| декабрь  | 1                           | 1,5        | 7,4              |

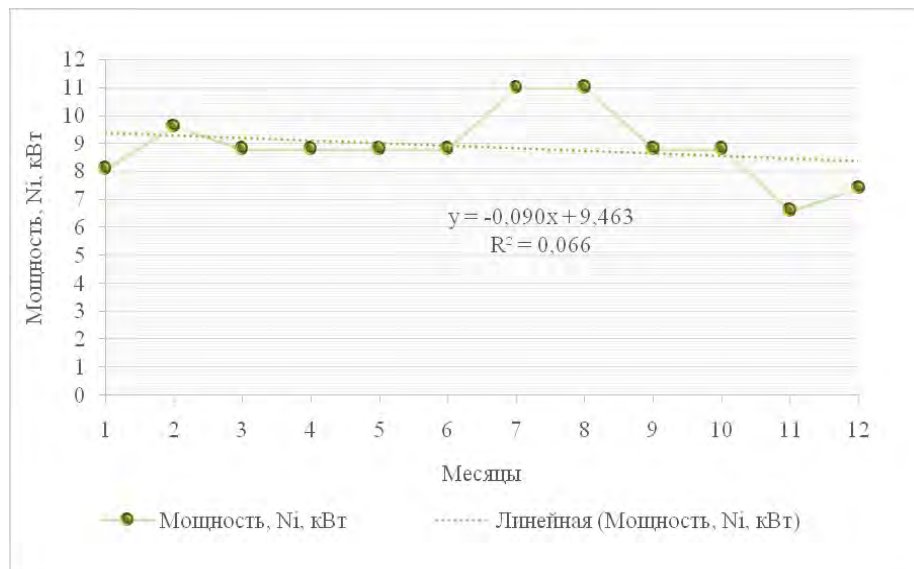


Рис.2. Получаемая мощность при течении воды за один год

Из таблицы 2 видно, что мощность микро-ГЭС зависит от индивидуальных факторов местности. С повышением скорости течения воды повышается также скорость движения водяного колеса, и свою очередь, повышается электрическая мощность микро-ГЭС.

По проведенным исследованиям видно, что если мобильная микро-ГЭС беспрерывно будет работать, тогда она может вырабатывать 7-11 кВт·час электроэнергии за час, около 168-264 кВт·час электроэнергии за сутки и 61-96 МВт·час электроэнергии за год[4].

#### **Библиографический список**

1. Д.Б.Кодиров, Д.Т.Юсупов. Разработка микро-ГЭС для малых поселений // Журнал “Главный энергетик”. – Москва, 2016. №5. С 44-46.
2. Д.Б. Кодиров, Д.Т. Юсупов. Опытный образец водяного колеса микро-ГЭС в условиях горной местности Узбекистана // Ежемесячный научно-производственный журнал Республики Беларусь «Энергетика и ТЭК», 2016г. №10. Стр. 24-25.
3. Б.Б.Кажинский, Простейшая гидроэлектростанция. – М.: Досарм, 1955.-155с.
4. Д.Б.Кодиров Потенциал малой энергетики Узбекистана // международный журнал Энергетик. - Москва, 2015. № 12. С 25-27.

**Андреанов Д. П.**

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С УЧЕТОМ НЕСТАБИЛЬНОСТИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА**

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
Россия, Владимир,  
(e-mail: andrianov@vlsu.ru).*

Учет реальных условий эксплуатации электронных и электротехнических систем при их проектировании требует рассмотрения неустойчивости состояния самой системы, что может выразиться

- в изменении структуры рассматриваемой системы (количества переменных и уравнений, описывающих ее состояние);
- в изменчивости значений параметров, внешних и внутренних, при неизменной структуре самой системы;

- в изменении и структуры и параметров системы.

Применительно к электрическим цепям изменение структуры объекта может означать включение-отключение дополнительной нагрузки (приводов), то есть изменение топологии схемы замещения (Рис. 1).

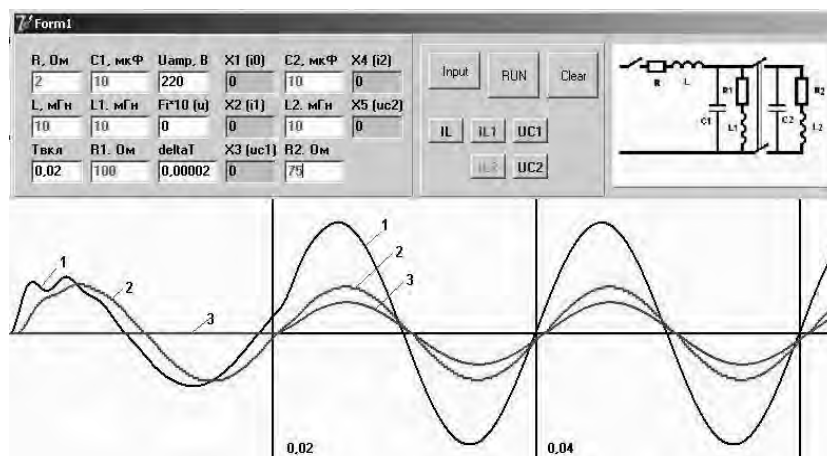


Рис. 1 Переходный процесс при подключении к электрической цепи дополнительного привода (интерфейс Delphi).

1 – сила тока на входе в цепь, 2 – сила тока через 1 привод,  
3 – сила тока через 2 привод.

При неизменности структуры схемы замещения изменение величины параметра ее элемента может происходить скачкообразно или по заданному закону (Рис. 2).

Получение аналитического решения при моделировании систем в условиях их неустойчивости требует больших трудозатрат со стороны проектировщика, более эффективно применение численных методов, реализованных в среде ускоренного программирования.

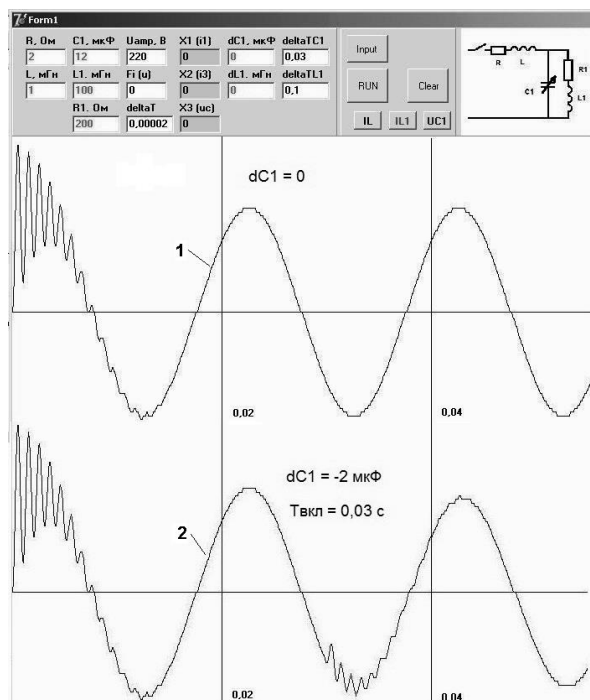


Рис. 2 Переходный процесс при скачкообразном изменении емкости схемы замещения (интерфейс Delphi).

1 – сила тока при постоянной емкости,  
2 – сила тока с учетом уменьшения емкости в момент времени Твкл.

При наличии отработанных алгоритмов численных методов внесение специфических условий неустойчивости состояния проектируемой системы в сценарий расчетного модуля не вызывает трудностей.

## ПОВЫШЕНИЕ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМОВ, ПЕРЕМЕЩАЮЩИХ ГИБКОПОДВЕШАННЫЙ ГРУЗ

Липецкий государственный технический университет, Россия, Липецк,  
(e-mail: [nikitakoshevarov@yandex.ru](mailto:nikitakoshevarov@yandex.ru)).

На сегодняшний день имеется проблема раскачивания груза у кранов. Данную проблему решают механически и с помощью различных датчиков по отклонению груза. Но данные решения слишком дороги и трудозатратны. Поэтому была решено создать такую систему, которая может сама собрать все необходимые данные без лишних устройств. Система повышает демпфирующую способность электропривода механизмов, перемещающих гибкоподвешенный груз, с помощью циклической программы, которая симулирует работу датчика по отклонению груза и вводит необходимые поправки.

Как видно на рисунке 1 колебания груза гасятся с помощью данной системы, что в свою очередь положительно влияет на систему. Главные преимущества введения данной системы это снижение электрозатрат на точный перенос груза, так как теперь оператору не нужно ловить момент успокоения груза. Все операции по переносу груза будут значительно быстрее. По мимо этого для использования данного оборудования не нужен опытный крановщик, и опасность при перемещении грузов снижается, так как теперь отсутствуют колебания.

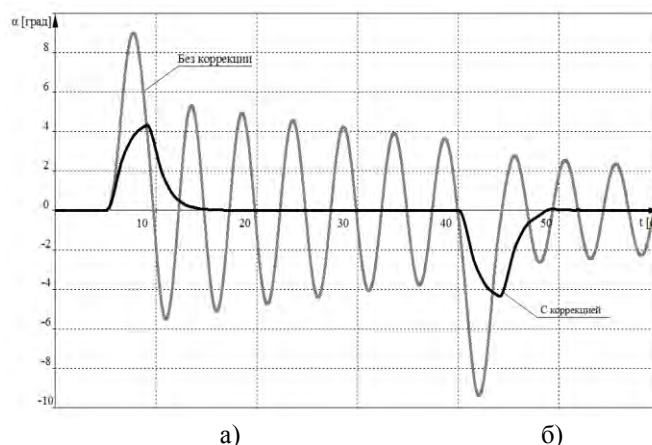


Рис. 1 Отклонение груза в плоскости движения тележки в системе с устройством коррекции и без него

Но так же у данной системы есть недостаток, в случае когда система не правильно определит один из параметров, то колебания гасятся не полностью, что в результате негативно влияет на весь тех процесс.

При моделировании данных ошибок полученные отклонения меньше, чем если бы системы вообще не было. Максимальных значений отклонений система достигает при не точности измерения веса в 10 раз или длины подвеса в 2 раза. Во всех остальных случаях система работает на уменьшение отклонения.

### Библиографический список

1. Абрамович И.И., Березин В.Н., Яуре А.Г. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / – М.: Машиностроение. 1989. – 360 с., ил.
2. Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов по специальности «Подъемно – транспортные машины и оборудование». М.: Машиностроение, 1986 – с. 400
3. Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А. Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок, Основные расчеты кранов, их приводов и металлических конструкций. М.: Машиностроение, 1988. 536 с.
4. Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А. и др. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов. Л.: Машино- строение. Ленинградское отделение, 1988. – с. 559.
5. Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певзнер Е.М. Крановое электро- оборудование: Справочник / М.: Энергия, 1980. 360 с.



## СЕКЦИЯ 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

---

*Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В., Шаталов М.А.*

### ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

*Воронежский экономико-правовой институт  
(nauka-vepi@yandex.ru)*

Одним из факторов, препятствующих все возрастающему использованию электронно-вычислительных систем, является опасение управляющих многих промышленных предприятий в отношении того, что они не знают, каким образом получить наибольшую выгоду от применения ЭВМ [1; 4; 7].

На современных предприятиях стало осуществляться управление транспортно-логистическими операциями с помощью автоматизации. Поэтому, прежде чем приобретать дорогостоящие ЭВМ и периферийное оборудование, следует провести всесторонние системные исследования.

При принятии решения о закупке техники зачастую возникают три сложные проблемы [1; 3; 6]: 1) насколько приемлемо данное техническое усовершенствование; 2) необходима ли перестройка организационной структуры компании; 3) определение рабочей нагрузки.

Важное значение имеет постоянная готовность к восприятию различных нововведений, но вместе с тем не менее важно понимать, что проблемы использования техники могут быть осложнены недостатками в области организационной структуры управления. Необходимо добиться того, чтобы устанавливаемое электронно-вычислительное оборудование отвечало бы организационной структуре управления компаниями. Установление такой взаимосвязи является главным фактором, обеспечивающим эффективную работу всего комплекса электронно-вычислительного оборудования.

Кроме того, необходимо учитывать всю производственную структуру компании. При составлении контрольного перечня, применимого для решения стратегических задач, необходимо ответить на следующие вопросы [2; 5; 8]:

1. Отвечает ли организационная структура управления компаний требованиям процесса принятия решений?
2. Отвечает ли организационная структура управления требованиям наиболее эффективного использования управляющих всех уровней, то есть строится ли она, исходя из потребности оптимального распределения загрузки управляющих?
3. Если новая организационная структура управления вводится при уже существующей технологической базе, то обеспечивается ли их взаимодействие?
4. Учтены ли все ожидаемые изменения в видах работ? Определено ли место управляющего в системе?
5. Удалось ли в результате внедрения сократить число организационных звеньев?
6. Выделены ли организационные функции, требующие постоянного осуществления определенных мероприятий?
7. Способствует ли система установлению неформальных взаимоотношений в рабочем процессе?

#### *Библиографический список*

1. Ахмедов А.Э., Ахмедова О.И., Смольянинова И.В. Проблемы автотранспортного обеспечения агропромышленного производства // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-3 (16-3). С. 11-13.
2. Баутин В.М., Мычка С.Ю. Проблемы автотранспортного и сервисного обеспечения агропромышленного производства // Территория науки. 2016. № 3. С. 63-66.
3. Загорная Т.О., Панова В.Л. Компаративная оценка использования информационно-коммуникационных технологий на предприятиях // Синергия. 2016. № 4. С. 84-92.
4. Казьмина И.В. Анализ особенностей внедрения бережливого производства на отечественных предприятиях // Синергия. 2016. № 2. С. 42-48.
5. Лебединская О.И. Формирование, организация и результативность внедрения агрологистики // Синергия. 2015. № 2. С. 72-76.

6. Мычка С.Ю. Направления развития логистической оптимизации деятельности предприятий АПК// Агро-продовольственная экономика. 2015. № 8. С. 18-21.
7. Мычка С.Ю. Эффективность управления предприятием – ключевая задача менеджеров // Территория науки. 2012. № 1. С. 100-103.
8. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Автотранспорт в системе логистической оптимизации деятельности предприятия // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4-1 (15-1). С. 433-436.

*Березина Н.В. Мохначев В.Д. Рябышенков А.С.*

## ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

*Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»  
(nvberezina@yandex.ru, vit15cska@mail.ru, ryabyshenkov@mail.ru)*

При оценке топливно-энергетического комплекса Зеленоградской наукоемкой природно-технической гео-системы (НПТГ) необходим учет данных о максимально-часовом, среднечасовом, среднесуточном и годовом расходе тепловых носителей в холодный и теплый период года при различных режимах тепло- и водоснабжения, а также вентиляцию в промышленных и жилых зданиях в соответствующие единицы времени.

Часовые расходы тепла, максимально-часовой расход тепла определяют, исходя из расчетной температуры для отопления и максимальных нагрузок технологического потребления. Полученные значения расхода тепла используют для выбора оборудования источников тепла и для расчета тепловых сетей, тепловых пунктов, местных систем потребителей тепла и вспомогательного оборудования системы теплоснабжения. При этом расход тепла на горячее водоснабжение для санитарно-бытовых нужд согласно указаниям СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» в расчетных максимально-часовых расходах тепла районных тепловых станций учитывается по среднечасовому расходу тепла за отопительный период или по среднечасовому расходу за максимальную рабочую смену. Среднечасовой расход тепла наиболее холодного месяца года определяется для проверки правильности сделанного выбора мощности и количества основного оборудования источников тепла (таблица 1).

Таблица 1 - Среднечасовые расходы теплоты по месяцам 2016 г.

| Среднечасовые<br>расходы теплоты<br>по месяцам | Среднемесячные температуры наружного воздуха |       |      |       |      |      |      |      |      |       |       |      |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
|                                                | Месяцы года                                  |       |      |       |      |      |      |      |      |       |       |      |
|                                                | 1                                            | 2     | 3    | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10    | 11    | 12   |
|                                                | -9,1                                         | -5,9  | -3   | 5,9   | 15,1 | 17,8 | 19,9 | 18,7 | 12,4 | 4,8   | 0,3   | -4,9 |
| $Q_o$ , МВт                                    | 16,8                                         | 14,8  | 13   | 7,5   |      |      |      |      |      | 8,17  | 10,96 | 14,7 |
| $Q_v$ , МВт                                    | 1,93                                         | 1,71  | 1,5  | 0,86  |      |      |      |      |      | 0,94  | 1,26  | 1,7  |
| $Q_{hm}(Q_{hm}^s)$ , МВт                       | 7                                            | 7     | 7    | 7     | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 7     | 7     | 7    |
| $Q_{\Sigma}$ , МВт                             | 25,72                                        | 23,51 | 21,5 | 15,36 | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 16,11 | 19,22 | 23,4 |

По действующим нормам мощность районной тепловой станции централизованного теплоснабжения Зеленоградской НПТГ и число установленных в ней отопительных котлов выбираются с расчетом, чтобы при выходе одного котла из строя и нахождении одного из котлов в резерве система теплоснабжения сохраняла способность полностью обеспечивать:

- технологические и тепловые нагрузки потребностей промышленности и жилых объектов;
- нагрузки горячего водоснабжения санитарно-бытовых нужд на уровне среднечасового расхода тепла за отопительный период или среднечасового расхода тепла за максимальную рабочую смену;
- нагрузки отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха на уровне среднечасового расхода тепла наиболее холодного месяца года;
- горячее водоснабжение жилого сектора на уровне среднечасового расхода тепла за отопительный период [1,2].

Выбираем расчётные тепловые потоки на отопление :  $Q_{o \max} = 26$  МВт; на вентиляцию  $Q_{v \max} = 3$  МВт; на горячее водоснабжение  $Q_{hm} = 7$  МВт, при этом расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления в холодный период года  $t_0 = -24$  °С

В ходе работы проведена оценка и были построены графики часовых расходов теплоты на отопление вентиляцию и горячее водоснабжение, а также годовые графики теплопотребления по продолжительности тепловой нагрузки и по месяцам.

### **Библиографический список**

1. Руководство АВОК-8-2011 «Руководство по расчету теплопотребления эксплуатируемых жилых зданий».
2. Теплоснабжение и вентиляция. /Под ред. проф. Б. М. Хрусталева - М.: Изд-во АСВ, 2007. - 784 С.

**Бударин А.А., Ананьев А.А., Баршутин С.Н.**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК.**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов  
(e-mail: ananyevanton@mail.ru, aspirs@yandex.ru)*

Сегодня одной из основных проблем человечества является стремительное сокращение запасов невозобновляемых природных ресурсов: газа, нефти, угля и т.д. Однако, спрос в энергии с каждым годом увеличивается из-за роста численности населения планеты и его потребления.

Сложившаяся в мире обстановка требует поиска новых, альтернативных источников энергии, к которым относится солнце, так как оно излучает около 174000 ТВт падающей мощности, из которых 95700 ТВт достигает поверхности Земли [1].

Не удивительно, что именно в последнее время индустрия создания солнечных батарей может заменить старые способы получения электроэнергии. К тому же этот метод не оказывает негативного влияния на окружающую среду, в отличие от сжигания угля или природного газа.

Из существующих на данный момент видов преобразователей солнечной энергии наиболее перспективными являются солнечные элементы на основе полимеров. Светопоглощающим материалом в них служат полупроводники из органических соединений. Основными преимуществами является низкая стоимость исходных компонентов для производства их основы, низкий удельный вес, экологичность и гибкость. Их главным недостатком является низкий КПД.

В последнее время для увеличения эффективности солнечных элементов на полимерной основе начали применять материалы удельной поверхностью (например, нанокристаллический  $TiO_2$ ) [2]. Активирования к видимому диапазону спектра достигается добавлением фотосенсибилизатора (некоторые органические красители). Квантовые точки легко выступают в роли фотосенсибилизатора, они могут управлять положением полосы поглощения. Другими немаловажными достоинствами являются высокий коэффициент экстинкции (возможность поглощения значительной доли фотонов в тонком слое) и высокая фотостабильность, присущая неорганическому ядру (Рис 1).

Поглощенный квантовой точкой фотон приводит к образованию фотовозбужденных электрона и дырки, которые могут переходить в электрон- и дырочно-транспортные слои, как схематично показано на рисунке [2].

На сегодняшний день для увеличения производительности на практике нашли применение растворы коллоидных квантовых точек. Для солнечных батарей они ценны тем, что изменяют как область поглощения света, так и его длину волны. В случае получения раствора в виде зольей, его можно будет нанести практически на любую поверхность, посредством обыкновенной печати. Что немаловажно, данная технология не требует дорогостоящих вакуумных технологий, обычно использующихся в микроэлектронике.

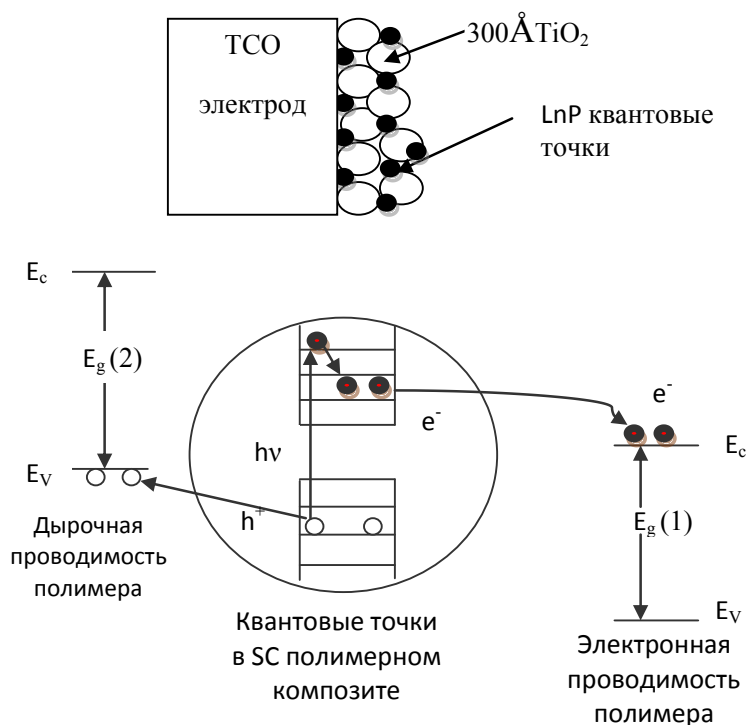


Рис. 1 Применение квантовых точек в солнечных элементах  
Рис. 1 Применение квантовых точек в солнечных элементах

#### Библиографический список

1. Smil V. Energy at the crossroads: global perspectives and uncertainties, 2003, p. 241.
2. W. U. Huynh, J. J. Dittmer, A. P. Alivisatos. Hybrid nanorod-polymer solar cells. Science 295 (March 29 2002): 2425-2427.
3. Яцинин Ю.В. Образование заряда в квантовой яме в полевой структуре/Ю.В.Яцинин, А.П.Королев//Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2011. Т. 17. №2. С. 525-528.
4. Метод неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерах/ Жуков Н.П., Майникова Н.Ф., Рогов И.В., Балашов А.А. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. 2010, № 1-3, – С. 253 – 259.

**Буторин П.С., Григорьев П.В.**

#### СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ В АВТОБУСНОМ ТРАНСПОРТЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия  
(pavel.butorin@gmail.com)

Автобусное сообщение широко развито как на территории России, так и в граничащих с нашим государством странах, особенно в европейских. Оно является широко распространенным и доступным видом транспорта. Однако, пассажиру не всегда комфортно его использовать, например, в незнакомой местности ввиду отсутствия или слабой реализации систем оповещения [1]. Неподготовленный пассажир может выйти из автобуса, не доехав или проехав пункт назначения. В работе проанализирована концепция системы оповещения и контроля пассажиропотока на транспорте с применением беспроводной сети «Интернета вещей».

Проблема однозначной идентификации маршрутной сети одна из самых актуальных на данный момент. Данная проблема вносит дискомфорт, в особенности для туристов и тех жителей городов, кто мало пользуется

автобусами. Доступ к Сети вне населенных пунктов зачастую ограничен, информативность локальных меток крайне ограничена [3, 4]. Система позиционирования в смартфонах потребляет много энергии, в условиях городских «джунглей» из железобетонных конструкций, маломощные приемники могут терять связь со спутниками системы позиционирования и т.п.

С частью трудностей пассажиров на автобусном транспорте уже начали справляться: к примеру, в крупных городах на остановках появляются электронные информационные табло, сообщающие о времени прибытия и рейсе автобуса. Однако проблема с оповещением пассажиров сегодня не может считаться решенной. Интеграция информационных модулей транспортных средств в единую систему на основе технологий Big Data открывает широкие возможности по обеспечению эффективности и комфортности транспортных потоков.

Сегодня появляются новые удобные инструменты для получения информации: концепция «интернета вещей» позволит подключить к Интернету любое устройство, даже автобус. В салоне автобуса можно поместить устройство динамически определяющее местоположение ТС и транслирующее эти данные другим устройствам – смартфонам пассажиров посредством построения беспроводной сенсорной сети (БСС) с использованием стандарта Bluetooth LE.

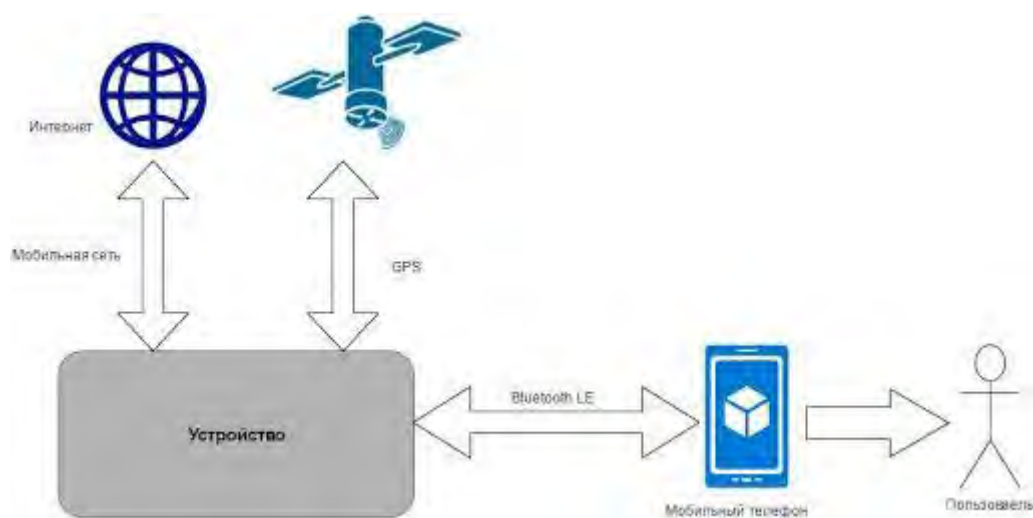


Рис. 1. Архитектура системы оповещения пассажиров

Центром системы является устройство, находящееся в автобусе и определяющее его местоположение посредством GPS [4]. Так же на устройство через Интернет можно загрузить информацию о маршруте транспортного средства. Устройство с помощью Bluetooth LE передает на смартфон пассажира с данные о приближении к остановке. После получения информации от центрального устройства, телефон уведомляет пассажира об остановке. Данный подход развивает концепцию "Умного автомобиля".

#### **Библиографический список**

1. П. Котельников Организация системы оперативно-технологической связи и громкого оповещения пассажиров // Airports International. 2015. №4.
2. Власов А.И., Новиков П.В., Ривкин А.М. Особенности планирования воздушного движения с использованием синоптических карт, построенных с применением технологий BIG DATA // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2015. № 6 (105). С. 46-62.
3. Ганев Ю.М., Карпунин А.А., Сергеева Н.А. Анализ технологии RFID в концепции «Бережливого производства» // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. № 2. С. 190-193.
4. Звонарь В. Д., Чеботарев В. Е., Храмов А. Е. Автоматизированное оповещение времени прохождения общественного транспорта по остановкам на основе ГЛОНАСС-технологий // Исследования наукограда. 2016. № 3-4.

## **ПРИМЕНЕНИЕ PHYSICAL WEB В КОНЦЕПЦИИ УМНОГО ГОРОДА**

*МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия  
(pavel.butorin@gmail.com)*

С появлением смартфонов технология двумерного штрихкода QR получила большую популярность: используя специальную программу – распознаватель QR-кодов, пользователи могли получить информацию о товаре, на котором он размещен [1]. Пользователь получал идентификатор товара и переходил по поисковому запросу в сеть, где появлялась дополнительная информация.

В начале 2010-ых научно-техническое сообщество пришло к новому подходу – PHYSICAL WEB [2]. Концепция является попыткой построить мост между цифровым и физическим миром. Маркеры, установленные на физические объекты, способны транслировать на устройство пользователя идентификатор, URL, данные телеметрии. Маркеры – простые Bluetooth LE передатчики, используемые для пометки важных мест и объектов. Метка передает смартфону URL и уведомления (может так же передавать телеметрию), которые и помогают пользователю получить информацию о физическом объекте, ссылку на получение информации о котором передает метка.

В общем случае, PHYSICAL WEB – удобный способ для решения задач контекстно-зависимого программирования. Существует масса случаев, когда определение местоположения человека для решения проблемы менее удобно, чем концепция непосредственной близости к объекту PHYSICAL WEB. Постараемся подробнее описать примеры применения данного решения.

Применение PHYSICAL WEB постоянно расширяется, данный способ может применяться для предоставления навигации в помещениях вместе с сопроводительными сервисами. Яркий пример – коммуникационный сервис компании SITA для управления крупными сетями подобных меток в аэропортах [3]. Пользователи могут проще ориентироваться и комфортно добраться до нужного места, получить информацию о предложениях в ближайшем магазине и в других местах, где осложнен доступ к системам глобального позиционирования и/или необходимо предоставлять контекстную информацию об окружающих человека предметах [4].

Другим примером может послужить применение беспроводных меток для транспортных средств (ТС), где метки могут ассоциироваться с транспортной единицей и применяться для разных случаев:

- диагностические мероприятия - ТС может сообщать сервисную информацию на мобильное устройство пользователя;
- взаимодействие между ТС (M2M – machine to machine);
- пассажирские информационные системы на транспорте, предоставляющие информацию об остановках и расписании, а так же ведение учета пассажиров.

Пользователь не только получает информацию, но может ее передавать. Анализ передвижений пользователей и их взаимодействия с PHYSICAL WEB позволяют планировать маршруты и расписания общественного транспорта, создавать умные светофоры, собирать отзывы, создавать новые сервисы для улучшения жизни людей и т.п.

Каждая метка имеет уникальный MAC-адрес, что позволяет создавать «карты тепла» - статистику переходов на страницу с конкретного устройства. Зная координаты устройств, можно собирать уникальную и очень полезную информацию по контекстным запросам.

В ближайшее время можно ожидать новых решений, использующих PHYSICS WEB. Предпосылкой к этому является разрабатываемая технология Wi-Fi Aware [5], обеспечивающая двустороннее соединение между метками и устройствами пользователей при низком энергопотреблении, большей максимальной дальности. Wi-Fi Aware позволит пользователям узнавать информацию об окружающих устройствах и предоставляемых сервисах до непосредственного подключения к ним.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по Соглашению №2.4176.2017/ПЧ*

### **Библиографический список**

1. Liu, Yue, Ju Yang, and Mongjum Liu. Recognition of QR Code with mobile phones // Control and Decision Conference. 2008. Chinese. IEEE, 2008.
2. Want, Roy, Bill N. Schilit, and Scott Jenson. Enabling the Internet of Things // Computer. N1. 2015.
3. SITA shows the way for iBeacon technology at airports URL: <http://www.sita.aero/pressroom/news-releases/sita-shows-the-way-for-ibeacon-technology-at-airports->
4. Дубовик Н.Н., Ногин О.А., Туманов В.М., Власов А.И. Информационно-навигационная система HOMEGIS // Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов "Будущее машиностроения России". 2015. С. 984-987.
5. Wi-Fi Aware <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-aware>

## **СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ФОРМООБРАЗУЮЩИМИ СВЯЗЯМИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Vanin51141@yandex.ru, dekorkan@yandex.ru, fidval@mail.ru)*

Общей тенденцией при создании современных моделей станков и модернизации существующих является их оптимизация в смысле повышения производительности, точности и снижения металлоемкости.

Особенную остроту данная проблема приобрела для станков со сложными движениями формообразования, в которых необходимо осуществить жесткую кинематическую связь между заготовкой и инструментом.

Для получения в станке определенного исполнительного движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка (заготовкой и инструментом) и кинематическую связь этих звеньев с источником движения, которая в основном в большинстве случаев осуществляется с помощью механических звеньев [1].

Кинематические цепи с механическими звеньями дают возможность получить точное передаточное отношение выходных звеньев и не требует дополнительных перенастроек в процессе работы. Внутренние цепи с механическими звеньями при большой их протяженности становятся громоздкими и поэтому не всегда обеспечивают необходимую кинематическую точность работы цепи. Работая в тяжелых динамических условиях и передавая конечным звеньям большие усилия, элементы кинематических цепей быстро изнашиваются и первоначальная точность станка теряется.

Механические кинематические цепи имеют сравнительно малую жесткость, которая непостоянна, так как она определяется в основном жесткостью стыков кинематических пар, которые в процессе движения постоянно меняются.

На кинематическую точность цепи, составленной из механических звеньев, влияют геометрическая неточность элементов и неточность их взаимного расположения, обусловленная погрешностями обработки и сборки. Большое влияние на точность цепи оказывают температурные деформации и крутильная жесткость.

Одним из возможных направлений повышения точности внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков и сохранения ее в процессе эксплуатации является сокращение протяженности кинематических цепей за счет применения гидравлических связей на основе шагового гидравлического привода, обеспечивающего возможность прямого непосредственного соединения исполнительного двигателя с нагрузкой, исключая при этом коробки подачи, редукторы, промежуточные механические передачи.

Такие кинематические связи могут быть выполнены в виде разомкнутого шагового гидропривода, применение которого во внутренних цепях металлорежущих станков позволит реализовать управляющие функции с большой точностью. Главной особенностью данного класса приводов является то, что в качестве силового исполнительного органа в них используется специальный гидравлический шаговый двигатель (ГШД), соединенный системой трубопроводов со звеном настройки, выполненном в виде генератора гидравлических импульсов, который преобразует энергию жидкости в гидравлические импульсы и распределяет их в определенной последовательности по рабочим камерам шагового гидродвигателя [2].

При использовании во внутренних кинематических цепях станков в качестве силового органа ГШД связь между заготовкой и инструментом осуществляется благодаря тому, что расход рабочей жидкости преобразуется в определенную последовательность гидравлических импульсов, при этом каждому из импульсов соответствует определенный угол поворота выходных валов шаговых гидродвигателей, пропорциональный числу импульсов, а скорость вращения пропорциональна частоте их следования. Передаточные отношения между исполнительными органами гидравлической связи – заготовкой и инструментом – зависят от соотношения частот гидравлических импульсов, подаваемых к шаговым гидродвигателям.

### ***Библиографический список***

1. Ванин, В.А., Колодин, А.Н. Кинематическая структура металлорежущих станков со сложными движениями формообразования с внутренними гидравлическими связями/ В.А. Ванин, А.Н. Колодин // *Технология машиностроения*, №5 (155). 2015, с. 18-26.
2. Ванин, В.А., Колодин, А.Н. Гидравлические связи на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях металлорежущих станков со сложными движениями формообразования / В.А. Ванин, А.Н. Колодин // *Справочник. Инженерный журнал с приложениями*, № 10. 2014, с. 28-36.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СТАНКОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЕЙ

Тамбовский государственный технический университет  
(Vanin51141@yandex.ru, ant.rodina1209@yandex.ru)

Разработка и построение рациональной конструкции кинематических цепей металлообрабатывающих станков и других технологических машин по металлоемкости, функциональной точности и другим показателям является сложной задачей, решение которой может дать большой технико-экономический эффект для производства вследствие экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Структура кинематических цепей в значительной мере определяет конструктивную сложность станка, методы его настройки, оказывает влияние на жесткость, точность и виброустойчивость станка, т.е. структура кинематических цепей отражается на точности, производительности станка, его металлоемкости.

Для получения в станке определенного исполнительного движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка (заготовкой и инструментом) и кинематическую связь этих звеньев с источником движения, которая в основном в большинстве случаев осуществляется с помощью механических звеньев как в цепях привода, так и во внутренних цепях станков, построенных индивидуально для каждого типа станка.

Наиболее существенными недостатками кинематических цепей составленных из механических звеньев являются:

- громоздкость и протяженность кинематических цепей;
- кинематические цепи из механических звеньев имеют непостоянную жесткость;
- индивидуальное проектирование и построение внутренних кинематических цепей.

Одним из возможных решений могли бы служить гидравлические связи на основе гидравлического шагового привода, выполненного по разомкнутой схеме без применения датчиков обратной связи.

Используя модульное построение гидравлического шагового привода, представляется возможным применить гидравлические связи на его основе при построении внутренних цепей металлорежущих станков.

Приведем пример структурной схемы резьбонарезного станка с гидравлическими связями для нарезания глобоидных червяков.

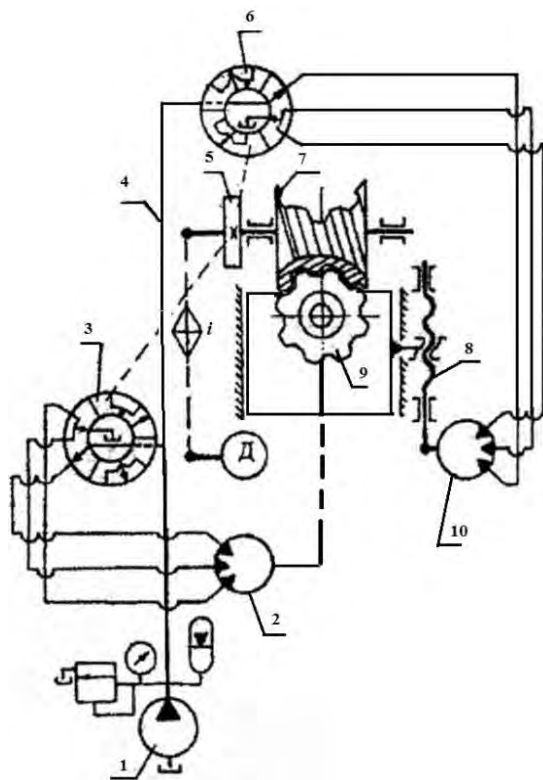


Рис. 1. Структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими связями для нарезания глобоидных червяков



Заготовка 7 совершает вращательное движение от электродвигателя Д через звено настройки которое через шестерню 5, жестко закрепленную на шпинделе заготовки, вращает золотниковую втулку генератора 3 гидравлических импульсов, что передается гидравлическому шаговому двигателю 2, вращающему инструмент 9. Его радиальное перемещение осуществляется от ходового винта 8, вращающегося от шагового гидродвигателя 10, управляемого генератором 6 гидравлических импульсов, получающего вращение от шестерни, закрепленной на шпинделе заготовки. При этом рабочая жидкость для формирования импульсов давления поступает

по трубопроводу 4 от насосной установки 1. При работе станка главное движение - вращение заготовки - осуществляется от электродвигателя Д через звено настройки  $i$ . Цепь деления, связывающая вращение заготовки с вращением инструмента, - от шагового гидродвигателя 2, управляемого генератором гидравлических импульсов. Цепь радиальной подачи, связывающая вращение заготовки с перемещением инструмента в поперечном направлении, - от шагового гидродвигателя 10 через ходовой винт поперечной подачи 8.

### **Библиографический список**

1. Ванин, В. А. Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями/В. А. Ванин, А. Н. Колодин, А. А. Родина//СТИН. -2014. -№ 5. -С. 2 -8.

**Григорьев П.В., Власов А.И.**

## **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОБЪЕМА РЫНКА СИСТЕМ НА БАЗЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ЕГО ДИНАМИКА**

*МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия*

Наиболее популярным на сегодняшний день является направление по маркировке одежды, (только за 2016г. внедрено более 4,5 млрд. меток) на втором месте находятся различные применения в сфере машиностроения (800 млн. меток в 2016 г.). Все более популярной становится маркировка животных (например, свиней, овец и других домашних животных) в таких странах, как Франция, США, Нидерланды. Также в ряде стран (Китай, Австралия) данная процедура является законодательно необходимой, таким образом порядка около 425 млн. меток ежегодно используются и для этого сектора. В общей сложности в 2016 году было продано 8,9 млрд меток, что на 1,1 млрд больше по сравнению с 2015 годом. Основной объем мирового рынка RFID составляют сверхвысокочастотные пассивные метки (UHF диапазон), которые по объему продаж в 2015 году превзошли суммарный показатель продаж 2013 года высокочастотных (HF) и низкочастотных (LF) меток [1-3]. На рисунке 1 представлена диаграмма распределения объема потребления рынка в стоимостном выражении на 2015 год.

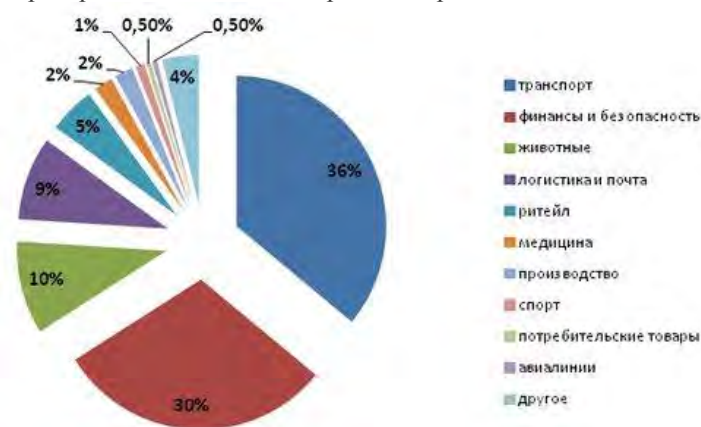


Рис.1 Диаграмма распределения объема потребления рынка в стоимостном выражении

Согласно результатам исследования компании, J'son & Partners Consulting, за 2016 год рост рынка RFID – технологий составил 14,5% по сравнению с 2015 годом. Таким образом общий объем рынка на 2015 год составлял \$10,1 млрд, по сравнению с \$9,15 млрд в 2014 году и \$8,8 млрд в 2013 г. Рассматриваемый рынок включает в себя

как RFID метки, так и считыватели, и программный продукт для RFID карт, этикеток, меток и всех других факторов, для пассивных и активных RFID. Согласно прогнозам, к 2020 году рынок способен преодолеть отметку в \$15,5 млрд. На рисунке 2 представлена диаграмма, отражающая динамику рынка RFID технологий [1-3].



Рис.2 Динамика рынка технологии RFID

Стремительный рост и развитие технологии RFID приводит к тому, что данная технология находит применение в различных областях [4, 5]. Предположительно число RFID-меток способно достигнуть уровня в 10 триллионов и к 2020 году — к тому времени они будут стоить менее цента. После того как стоимость одной RFID - метки опустится ниже 5 центов, они смогут проникнуть на колоссальный рынок упаковок товаров (более триллиона штук в год), почтовых отправлений (650 млрд в год) и книг (50 млрд в год), организации производственных процессов.

Кроме перечисленных рынков могут появиться и другие, объемом в десятки миллиардов меток ежегодно. Например, правительство Южной Кореи поддерживает проект USN (Ubiquitous Sensor Networks) для мониторинга природных катастроф и массы других приложений.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по Соглашению №2.4176.2017/ПЧ*

#### **Библиографический список**

1. Cerpa, J. Wong, L. Kuang, M. Potkonjak, and D. Estrin, Statistical Model of Lossy Links in Wireless Sensor Networks, IPSN, April 2005.
2. Григорьев П. В., Особенности технологии RFID и ее применение // Молодой ученый. 2016. №11(115). С. 317-321.
3. Ганев Ю.М., Карпунин А.А., Сергеева Н.А. Анализ технологии RFID в концепции «Бережливого производства» // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. № 2. С. 190-193.

**Власов А.К., Максимов Ю.П.**

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

*ВлГУ, Владимир*

Создание в России электроэнергетического рынка вызвало необходимость рассмотрения проблем управления режимами электроэнергетических систем (ЭЭС). Пересматривается и теоретическая база разработки задачи управления нормальными режимами. Начиная с 30-х гг. XX в. в области управления режимами ЭЭС выполнено очень много работ. Однако свойства систем энергетики изменились. Почти двадцатилетний опыт работы в новых условиях показывает, что эффективность решения режимных задач по техническим индикаторам очень низкая.

Известные ученые (Д.А.Арзамасцев, В.А.Веников, В.М.Горнштейн, Л.А. Мелентьев и др.) заявляли, что единой теории управления режимами ЭЭС не существует и можно говорить только о принципах, которыми необходимо руководствоваться при решении конкретных задач. Теория базируется на процессе научного познания и включает четыре основных блока. Первый блок – методология и принципы управления. В нем отражены методы научного познания, которые применяются при исследовании энергетических систем, в том числе и режимов ЭЭС. Второй блок – модели, методы и информационные технологии решения режимных задач. Третий блок – принятие решений по управлению режимами. Очень важную роль играет четвертый блок –

адаптивность. Блок адаптивности является обратной связью между выходом и входом как для отдельных концептуальных блоков, так и в качестве цепочечной связи от любого последующего блока к предыдущему.

Громадное значение при теоретических и прикладных разработках имеют возможности компьютерных систем. Современная вычислительная техника радикально отличается от той, на которой в СССР выполнялись основные исследования по управлению режимами, она позволяет решать задачи управления на новом научном уровне. Сегодня компьютерные системы – это не только инструментальный расчет, а это инновационная идеология интеллектуального управления.

Основной концепцией детализации свойств и задач систем является использование кибернетических методов управления на основе компьютерных систем. Применение кибернетики – это чрезвычайно широкое научное направление.

В кибернетических системах применяются главным образом модели задач, в которых не раскрывается суть задачи и особенности системы. А главное – это исследование поведения системы. Система рассматривается как некий преобразователь, имеющий вход и выход.

Задача расчета режимов с использованием метода «электрического эквивалента». Снижение потоков стоимости для каждого из объектов – требует получения стоимостных характеристик вида  $St(Z)$ . При этом поток стоимости выполняет функцию координирующих воздействий. Вектор режимных параметров ( $Z$ ) становится по сути вектором, характеризующим технико-экономическое состояние системы, и должен включать не только технические ( $X, Y$ ), но и стоимостные ( $St$ ) параметры, следовательно,  $Z(X, Y, St)$ . При таком подходе все энергетические свойства генерирующих компаний (ГК) и экономические показатели генерирующих и сетевых компаний (СК) могут учитываться активными сопротивлениями, что позволяет применять программы расчета нормальных режимов ЭЭС.

Задача адресных расчетов потоков мощности и электроэнергии и их трасс. В этой задаче по матрицам токораспределения моделируются трасса и определяются индивидуальные балансы для покупки/продажи электроэнергии и мощности.

Задача многокритериальной оптимизации режимов. При оптимизации режимов используются различные критерии, которые зависят от объекта, целей управления, видов рынков и правил, установленных для энергетических объектов.

#### ***Библиографический список***

1. Автоматизация управления энергообъединениями / под ред. С.А. Савалова. – М.: Энергия, 1979. – 422 с.
2. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
3. Русина А.Г. Разработка модели электрического эквивалента и принципов адресного распределения потоков и потерь мощности электроэнергетической системы: – Новосибирск, 2006. – 157 с.
4. М.Ш. - Мисриханов, А.Г. Русина - Инновационный подход к решению режимных задач при управлении электроэнергетическими системами: - «Вестник ИГЭУ» 2012. – 6с.

***Выболдин Ю. К.***

#### **ВЛИЯНИЕ МЕЖСИМВОЛЬНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЕМА СИГНАЛОВ С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

*Санкт-Петербургский горный университет, Россия, Санкт-Петербург,  
(e-mail: Y.Vyboldin@mail.ru)*

Одна из главных проблем, возникающих при высокоскоростной передаче цифровых сигналов по каналам с ограниченной полосой частот, заключается в уменьшении влияния межсимвольных искажений (МСИ) на помехоустойчивость приема. При скорости передачи сообщений выше скорости Найквиста резко возрастает межсимвольная интерференция, что приводит к увеличению ошибок. В связи с этим для реализации высокоскоростных систем требуется существенно увеличить число позиций сигналов, что в свою очередь приводит к ухудшению помехоустойчивости, [1]. Разрешение возникающих противоречий лежит на пути оптимизации АЧХ и ФЧХ канала.

В работе исследуется влияние межсимвольных искажений на помехоустойчивость приема многопозиционных сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ). При этом в качестве модели канала были использованы фильтры Баттерворта порядка от 2 до 7 и фильтры с АЧХ типа приподнятого косинуса.

В качестве критерия эффективности применен критерий минимума максимального отклонения сигнала на выходе решающей схемы в точках принятия решения от переданной позиции сигнала. Критерий позволяет оценить проигрыш в энергетике на линии радиосвязи. При этом искажения при приеме в канале определяются отсчетами, в которых помехи превышают пороговую зону. Пороги в этой зоне определяются половинными значениями разности амплитуд соседних позиций на выходе фазовых детекторов квадратурных каналов в отсутствие искажений. Используемый критерий позволяет определить проигрыш в энергетике на линии связи за счет ограничения полосы и сокращения пороговой зоны. Для этого рассчитывается коэффициент энергетических потерь. Величина этого коэффициента равна единице при отсутствии искажений. С ростом искажений, вызванных ограничением полосы, величина коэффициента уменьшается, и, вместе с ним, падает энергетическое отношение сигнал/шум, используемое в расчетах вероятности ошибки при передаче позиции сигнала КАМ.

Помехоустойчивость приема можно улучшить за счет использования для формирования частотных характеристик канала фильтра, АЧХ которого приближается к виду "приподнятого косинуса". В работе исследуется ситуация, когда ФЧХ такого фильтра является нелинейной функцией частоты. Если групповое время запаздывания (ГВЗ) зависит от частоты линейно

$$\tau(f) = T_1 \frac{f}{\Delta f} \quad , \quad -\frac{\Delta f}{2} \leq f \leq \frac{\Delta f}{2} \quad ,$$

где  $T_1$  – максимальный размах ГВЗ,  $\Delta f$  – полоса частот, в которой рассматривается изменение ГВЗ, то ФЧХ будет изменяться по параболическому закону

$$\varphi(f) = 8\Delta f \left(\frac{f}{\Delta f}\right)^2 - \Delta\varphi \quad , \quad \Delta\varphi(f) = \frac{\pi\Delta f T_1}{8} \quad .$$

При параболической аппроксимации ГВЗ, ФЧХ следует кубическому закону. Исследовано влияние искажения ФЧХ на помехоустойчивость приема. Показано, что к наибольшим потерям в помехоустойчивости приводят параболические искажения ФЧХ. Даже при углах  $\Delta\varphi$  порядка пяти градусов вероятность ошибок при высоких значениях отношения сигнал/шум для 64-QAM увеличивается на два порядка. Возрастание  $\Delta\varphi$  до величины десяти градусов приводит к недопустимым потерям помехоустойчивости. Поэтому при наличии параболических искажений ФЧХ необходимо осуществлять ее коррекцию, снижая значение  $\Delta\varphi$  до величины порядка одного градуса. Кубические искажения ФЧХ меньше влияют на помехоустойчивость по сравнению с параболическими искажениями. Коррекцию для таких каналов необходимо проводить в случае, если  $\Delta\varphi$  окажется больше пяти градусов. Изучение характеристик физически реализуемых фильтров показывает, что большинство из них имеет ФЧХ с кубической аппроксимацией. В работе приведены результаты моделирования на ЭВМ подоптимальных схем приема основных систем КАМ при различных сквозных передаточных характеристиках радиоканалов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №16-07-00540

#### *Библиографический список*

1. Выболдин Ю.К., Кривошейкин А.В., Нурмухамедов Л.Х. Методы обработки дискретных сигналов в системах передачи информации. СПб.: Изд-во ГИКИТ, 2015, 320 с.

*Высочкин А.В., Кокин В.В., Аунг Чжо Мью*

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСУТП В ЭНЕРГЕТИКЕ**

*ООО "Импортмеханика"*

*Национальный исследовательский университет "МИЭТ"*

*([evgen\\_uis@mail.ru](mailto:evgen_uis@mail.ru))*

Одним из критериев эффективности АСУТП в энергетике является быстродействие, то есть временные характеристики выполняемых системой функциональных задач (ФЗ). Как правило временные характеристики системы связаны с определенными ограничениями, которые зависят от специфики АСУТП и типа ФЗ. Время решения функциональной задачи  $t_i$  определяется как суммарное время выполнения функций системы  $t_{ij}$  для этой задачи:

$$t_i = \sum_{f \in F_i} t_{if}, F_i \subset F = \{f : f = \overline{1, \dots, F}\}, \quad (1)$$

где  $F$  — суммарное количество типов функций АСУТП (ФС).

Для выполнения ФЗ могут использоваться различные функциональные устройства, которые требуют разное время для выполнения функций устройств системы. При этом параметр  $t_{if}$  представляет время, которое тратится на осуществление необходимых функций устройств  $k$ -го типа:

$$t_{if} = \sum_{k \in K_i} t_{ifk}, K_i \subset K = \{k : k = \overline{1, \dots, K}\}. \quad (2)$$

Общее время выполнения функций устройств включает время непосредственного преобразования  $\tau_{ifk\_np}$  сообщения этим устройством и время ожидания преобразования  $\tau_{ifk\_ож}$ , т.е.

$$t_{if} = \tau_{ifk\_np} + \tau_{ifk\_ож}. \quad (3)$$

Представим формулы для оценки временных параметров для некоторых видов ФУ. Для функций обработки данных среднее время преобразования сообщения  $t_{if\_обр}$  определяется зависимостью:

$$t_{if\_обр} = \frac{\delta_{if} \sigma_f}{\phi_v}, \quad (4)$$

где  $\delta_{if}$ ,  $\sigma_f$ ,  $\phi_v$  — средние длина сообщений, трудоемкость обработки одного бита и производительность центрального процессора (ЦП) соответственно. Для пуассоновского потока среднее время ожидания на обработку ЦП  $t_{if\_ожид}$  определяется, как:

$$t_{if\_ожид} = \frac{l_{hv\_cp}}{\lambda_h}, \quad (5)$$

где  $l_{hv\_cp}$  — среднее число заявок в очереди на обслуживание от  $h$ -го обрабатывающего устройства;  $\lambda_h$  — интенсивность заявок.

$$l_{hv\_cp} = \frac{\sum_i \sum_f t_{ifv} \rho_{hv}}{1 - \rho_{hv}}, \quad (6)$$

где  $t_{ifv}$  — среднее время обслуживания заявки  $f$ -го вида;  $\rho_{hv}$  — загрузка системы.

$$\lambda_h = \sum_i \sum_f \lambda_{if}. \quad (7)$$

Для функций ввода данных среднее время преобразования сообщения  $t_{if\_ввод}$  определяется, как:

$$t_{if\_ввод} = \frac{\delta_{if}}{\theta_{on}} + \frac{\delta_{if}}{\theta_{dv}}, \quad (8)$$

где  $\theta_{on}$  — скорость работы оператора;  $\theta_{dv}$  — скорость передачи данных  $d_v$ -й тип устройства.

Для функций вывода данных среднее время преобразования сообщения  $t_{if\_выв}$  определяется, как:

$$t_{if\_выв} = \frac{\delta_{if}}{\theta'_{dv}}, \quad (9)$$

где  $\theta'_{dv}$  — скорость вывода данных для  $d_v$ -го типа устройства.

Среднее время ожидания вывода можно определить, как:

$$t_{if\_выб} = \frac{\sum_i \sum_f t_{ifv} \rho_{hv}}{\left( \sum_i \sum_f \lambda_{if} \zeta_{fg} \right) (1 - \rho_{hv})}, g \in G, \quad (10)$$

где  $\zeta_{fg}$  — двоичный параметр, который показывает для каких видов ФС необходимо выполнение функций вывода данных;  $G$  — подмножество устройств вывода данных.

## ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

(gavrilinvjacheslav@gmail.com, zakan12@gmail.com, ryabyshenkov@mail.ru)

Основная цель эксергетического анализа – это оценка эффективности отдельных элементов (тепло-массообменное оборудование, вентиляторы, фильтры, воздухопроводы) и всего комплекса системы кондиционирования и фильтрации воздуха (СКФВ) в чистых помещениях (ЧП) в целом на основе расчета эксергетического КПД. Повышение энергоэффективности можно достичь за счет тщательного термодинамического анализа затрат энергии (эксергии) при изменении состояния воздуха в системе СКФВ и выработке соответствующих мероприятий по снижению энергозатрат.

При термодинамической оптимизации СКФВ можно воспользоваться системным подходом на основе предварительного эксергетического анализа, который позволит определить наиболее важные связи в отдельных элементах исследуемой системы.

Эксергетический КПД для рециркуляционного контура (РЦК) СКФВ можно записать в виде [1, 2]:

$$\eta_{РЦК} = \frac{\sum E_{СДОВ}}{\sum E_{ЧП1}},$$

где  $\sum E_{СДОВ}$  – потребляемый поток эксергии на выходе из системы доводки и обработки воздуха (СДОВ),

$\sum E_{ЧП1}$  – максимально подводимый поток эксергии на входе в ЧП1.

Эксергетический КПД для прямоточной схемы (ПС) СКФВ определяется по формуле:

$$\eta_{ПС} = \frac{\sum E_{СОУВ}}{\sum E_{ЧП2}},$$

где  $\sum E_{СОУВ}$  – потребляемый поток эксергии на выходе из системы обработки и удаления воздуха (СОУВ),

кДж/моль;  $\sum E_{ЧП2}$  – подводимый поток эксергии на входе в ЧП2, кДж/моль.

Максимально подводимый поток эксергии для РЦК СКФВ определяется по формуле:

$$\sum E_{ЧП1} = E_{СФ} + E_{ВВ} + E_{ЦК} + \Delta T \cdot E_{СДОВ} + E_{ФФ} + E_{СДОВ},$$

где  $\Delta T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3$ ;  $T_1, T_2, T_3$  – колебания температуры воздуха в пределах допустимого значения для ЧП1 и ЧП2, соответственно;  $E_{СДОВ} = 0,1 \cdot E_{ЦК}$ , в виду того, что в РЦК элемент СДОВ потребляет ~ 10% от первоначальной максимальной нагрузки ЦК;  $E_{СФ}, E_{ВВ}, E_{ЦК}, E_{СДОВ}, E_{ФФ}$  – потоки эксергии в стартовом фильтре; в воздуховоде; в центральном кондиционере; в СДОВ; в финишных фильтрах (ФФ), соответственно.

$\sum E_{СДОВ}$  для РЦК запишем в виде:

$$\sum E_{СДОВ} = E_{ФП} + E_{ВВ} + E_{РЦК},$$

где  $E_{ФП}$  – поток эксергии через фальшпол;  $E_{ВВ}$  – поток эксергии в воздуховоде;  $E_{РЦК}$  – поток эксергии, проходящий через РЦК.

Максимальный поток эксергии для прямоточной схемы обработки воздуха в ЧП определяется по формуле:

$$\sum E_{ЧП2} = E_{СФ} + E_{ВВ} + E_{ЦК} + E_{ФФ}$$

$$\sum E_{СОУВ} = E_{ФП} + E_{ВВ} + 0,5 \cdot E_{СОУВ}$$

где  $E_{ВВ}$  – поток эксергии в воздуховоде до СОУВ.

Эксергетический анализ системы СКФВ проведен аналитическими методами по размерным и безразмерным показателям. В связи с этим, а так же с целью упрощения получаемых выражений при разработке эксергетической модели СКФВ, были сделаны следующие допущения:

1. Потери давления в воздуховодах считаются постоянными.
2. Движение воздуха в воздуховодах происходит без теплообмена с окружающей средой.
3. Движение воздуха считаем стационарным режимом.

### Библиографический список

1. В.М. Бродянский. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский - М.: Энергия, 1973. - 296С.
2. Рябышенков А.С., Захаров А.Н., Гаврилин В.А. Эксергетический анализ рециркуляционной системы кондиционирования и фильтрации воздуха в чистых помещениях // Актуальные проблемы повышения эффективности производств микроэлектроники / Под ред. В.И. Кара-кеяна. – М.: МИЭТ, 2016. С. 28-34.

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана  
e-mail: gostohov@gmail.com

На протяжении существования искусства игры на музыкальных инструментах, серьезной проблемой всегда было и остается –большие габариты музыкального инструмента, которые сопровождаются большим весом. Учитывая это доступность большинства музыкальных инструментов, особенно клавишных, была не высока. С развитием радиоэлектроники и микропроцессорных технологий появились электронные аналоги многих музыкальных инструментов. Мультимедийные инструменты будем рассматривать с позиции цифровых технических систем с элементами адаптивной обратной связи. Они сводят на нет все недостатки своих “деревянных” собратьев, формируя широкую популярность музыкальных инструментов.

Сконцентрируем свое внимание на клавишных инструментах, их классификация в виде ментальной карты представлена на рис.1.

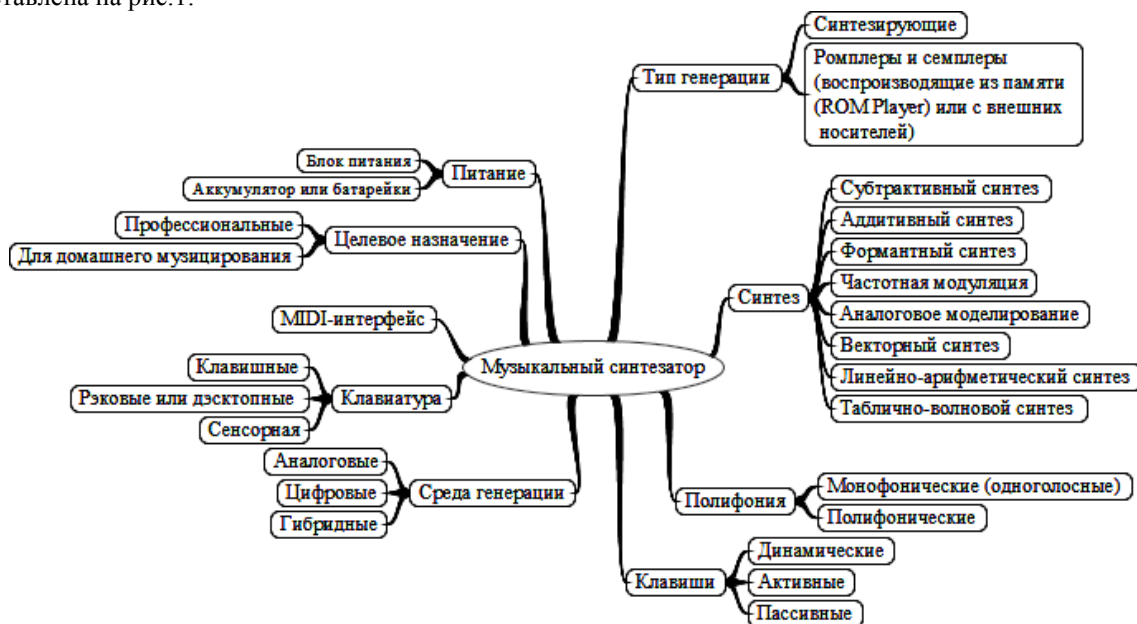


Рис. 1. Классификация мультимедийных инструментов с позиции эффективности

На комплексную оценку эффективности мультимедийных систем оказывает реализация клавишных подсистем. Они механические – динамические, активные, пассивные. Предпочтение следует отдавать динамическим. Сенсорные клавиши музыкального синтезатора являются отличительной чертой наиболее дешевых моделей.

Анализ системы с позиции энергоэффективности определяется возможностью питания от сети и питания от мобильных элементов, в качестве которых лучшим решением является использование аккумуляторов с формфактором AA. Важным фактором является наличие разъёмов типа micro-USB, что удобно для реализации питания от PowerBank`а– аккумулятор для мобильного телефона или же от зарядки для мобильного телефона.

Перспективные возможности цифрового интегрального производства FAB-LAB [1] позволяют создавать практически любое по дизайну и эргономике устройство. Возможности технологии 3D-печати позволяют многое.

Качество звука музыкального инструмента — это самая важная его характеристика, имея уйму недостатков, с ними можно мириться, если музыкальный инструмент хорошо «звучит». Это формируется мозгами "устройства", наличием качественного процессинга звука, элементов генерации музыкальных семплов и совершенными фильтрами, формирующими полосу пропускания. Цифровая подсистема должна включать обширный репертуар из более чем 100 тембров, разнообразных стилей, управление различными барабанами и т.п.

Ядром цифрового мультимедийного устройства является мощный микроконтроллер и интеллектуальное ПО, что обеспечивает чистый и качественный звук, вместе с богатым функционалом. Используя современные технологии цифрового инструментального производства (FAB-LAB) и возможности использования готов IP



блоков появляется возможность создания персонально-ориентированных эффективных мультимедийных инструментов, удовлетворяющих самым высоким требованиям.

### **Библиографический список**

1. Арабов Д.И., Власов А.И., Гриднев В.Н., Григорьев П.В. Концепция цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-3 (47). С. 23-34

**Грунтович Н.В.<sup>(1)</sup>, Кирдищев Д.В.<sup>(2)</sup>**

### **ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ ДВИГАТЕЛЕ**

<sup>(1)</sup> Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого"

<sup>(2)</sup> Брянский государственный аграрный университет  
(e-mail: gruntovich@tut.by, punishcapitally@gmail.com)

Современные технологии диагностики сложных технических систем позволяют своевременно выявлять дефекты и предотвращать серьезные аварии. Авторами предложен способ диагностирования топливных насосов высокого давления (ТНВД) на работающем двигателе на основе снятия и анализа спектра вибрации корпуса насоса во время подачи топлива. Это позволяет осуществлять проверку и наладку ТНВД исключив его полный демонтаж с двигателя.

Диагностика проводилась на рядном топливном насосе высокого давления. Данный тип ТНВД оснащается плунжерными парами, расположенными рядом друг с другом. Их количество строго соответствует количеству рабочих цилиндров двигателя. Одна плунжерная пара обеспечивает подачу топлива к одной форсунке. В состав диагностического комплекса входит: вибродатчик ускорения (тип АР-1040 диапазон измерения 5-5000Гц); многофункциональный сборщик данных МСД-2010; персональный компьютер с программой обработки данных. Компьютерная программа позволяет представить результаты измерения в метрической системе ( $\text{м/с}^2$ ) и в относительных единицах дБ. Для определения частот вибрации используется преобразование Фурье [1]. Датчик крепится на магните к корпусу ТНВД на гайки плунжерных пар, что значительно снижает влияние помех создаваемых двигателем при записи результатов.

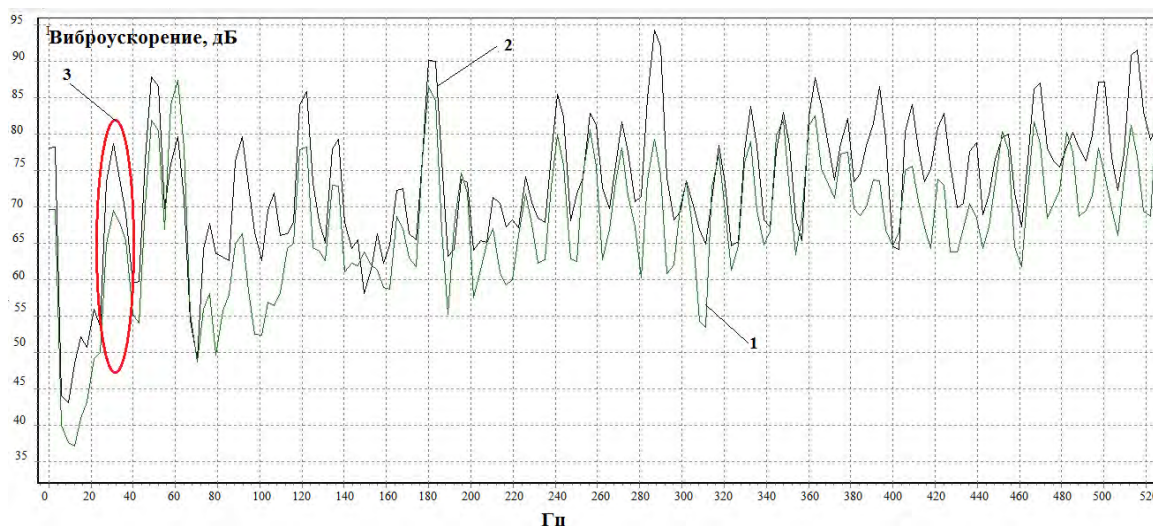


Рис. 1 Спектр вибрации топливного насоса высокого давления 2000 об/мин (1 зеленая - 4 плунжер с наработкой 8425 моточасов; 2 черной - 2 плунжер с наработкой 8425 моточасов)



Во время эксперимента измерялась вибрация топливных насосов высокого давления при оборотах коленчатого вала 700 об/мин и 2000 об/мин тракторов с различным сроком эксплуатации, при обороте вала 700 об/мин измерялась вибрация на частотах срабатывания форсунок: 27 Гц, 48 Гц, 77-88 Гц, 106-119 Гц и в диапазоне 500-700 Гц при обороте вала 2000 об/мин измерялась вибрация на частотах 33 Гц, 48 Гц, 64 Гц, 94-97 Гц, 112 Гц, 131 Гц и в диапазоне 500-700 Гц. Частота вибрации 33 Гц – это частота вращения коленчатого вала.

У трактора с большим сроком эксплуатации (8425 моточасов) на частоте вращения два значительных импульса 79 дБ и 69 дБ (рис. 1, поз.3). У второго плунжера вибрация больше на 10 дБ, то есть в 3 раза. На частоте 48 Гц вибрация у второго плунжера меньше на 6 дБ. В табл.1 представлены результаты измерения вибрации топливных насосов с различными часами наработки. Большая разница в уровне вибрации от 6 дБ (48 Гц) до 35 дБ (108-112 Гц) свидетельствует о неравномерном износе плунжерных пар топливных насосов.

Табл.1 - Результаты измерения вибрации топливных насосов с различными часами наработки

| Время работы, ч                                  | Номер плунжера | Уровни вибрации (дБ) в диапазонах частоты вибрации |       |       |          |            |            |            |
|--------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|-------|-------|----------|------------|------------|------------|
|                                                  |                | 30-33 Гц                                           | 48 Гц | 64 Гц | 92-97 Гц | 108-112 Гц | 124-132 Гц | 136-144 Гц |
| 8425                                             | 1              | 69                                                 | 82    | 87    | 66       | 56         | 77         | 73         |
|                                                  | 2              | 79                                                 | 88    | 79    | 80       | 72         | 86         | 79         |
| 300                                              | 1              | 71                                                 | 87    | 87    | 76       | 91         | 90         | 73         |
|                                                  | 2              | 69                                                 | 87    | 76    | 73       | 87         | 90         | 73         |
| Δ между максимальным и минимальным значением, дБ |                | 10                                                 | 6     | 11    | 14       | 35         | 13         | 6          |

**Вывод.** Оценка работы топливного насоса высокого давления по спектру вибрации дает информацию о режиме работы и степени износа без демонтажа ТНВД.

#### *Библиографический список*

1. Н.В. Грунтович. Техническое диагностирование дизелей сельскохозяйственной техники. Материалы VIII НТК «Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК», Брянская сельскохозяйственная академия, г. Брянск, 2014 г. с. 85-88.

*Грунтович Н.В. <sup>(1)</sup>, Колесников П.М. <sup>(2)</sup>*

#### **ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

*<sup>(1)</sup> Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого"*

*<sup>(2)</sup> ОАО "Гомельтранснефть ДРУЖБА"*

*(e-mail: gruntovich@tut.by, kpm@transoil.gomel.by)*

Проводя плановое техническое диагностирование сетевых трансформаторов (физико-химических и хромотографический анализ масла, измерение частичных разрядов), было установлено, что имеется определенная связь между уровнем загрязнения масла и возникновением частичных разрядов. На рис. 1 показана загрязненность поверхности отдельных узлов трансформатора в результате сварки стяжной шпильки и ярма из-за плохой изоляции.

До вскрытия бака трансформатора были обнаружены частичные разряды более 1000 пКл в одном месте трансформатора. После вскрытия трансформатора место и площадь загрязнения были уточнены. Авторами была предпринята попытка воспроизвести частичные разряды в лабораторных условиях. В лабораторных условиях испытание масла Р-646 проводилось в открытом сосуде. Масло искусственно загрязнялось органическими и металлическими примесями.

Частичные и электрические разряды создавались при помощи аппарата АИД-70М. Частичные разряды измерялись немецким зондом частичных разрядов М4202 (Lemke-5). Из-за большого загрязнения масла уже при напряжении 4 кВ регистрировались частичные разряды более 1000 пКл. После кратковременного воздействия



Рис. 1 - Низкое качество ремонта трансформатора: загрязнение поверхности отдельных узлов трансформатора вызвало частичные разряды порядка 1000 пКл, сработала газовая защита (фото авторов работы с места аварии)

(5 минут) частичных и электрических разрядов была взята проба №2. После длительного воздействия электрическими разрядами в течение 15 минут взята проба №3. Хроматографический анализ газов, растворенных в масле, проводился в лаборатории Гомельских электрических сетей на приборе "Кристалл-2000М". Результаты анализа представлены в таблице 1, где видно, что процентный состав газов значительно увеличился в пробе №3. Проверено как изменилось соотношение газов, следуя принятым методикам МЭК и Дорненбурга.

Табл. 1 Результаты хроматографического анализа масла

| Дата                                 | Концентрация растворенных в масле газов, % (объема) |                 |        |                 |                               |                               |                               |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|--------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                      | H <sub>2</sub>                                      | CH <sub>4</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> |
| Проба №1 до эксперимента             | 0,00044                                             | 0,00019         | 0,002  | 0,105           | 0,00018                       | 0,00007                       | следы                         |
| Проба №2 кратковременное воздействие | 0,11058                                             | 0,05103         | 0,065  | 0,15            | 0,22905                       | 0,06452                       | 0,24767                       |
| Проба №3 длительное воздействие      | 0,39237                                             | 0,17875         | 0,0178 | 0,125           | 0,69757                       | 0,17738                       | 1,22497                       |

Проба №2:  $C_2H_2 / C_2H_4 = 0,247 / 0,229 = 1,08$ ;  $CH_4 / H_2 = 0,46$ ;  $C_2H_4 / C_2H_6 = 3,55$ . Мы имеем разряды низкой и высокой энергии.

Проба №3:  $C_2H_2 / C_2H_4 = 1,75$ ;  $CH_4 / H_2 = 0,454$ ;  $C_2H_4 / C_2H_6 = 3,2$ . В данном случае также наблюдаются разряды низкой и высокой энергии.

Значительно изменилось соотношение газов  $C_2H_2 / C_2H_4$ , увеличилось почти в 1,7 раза. Другие соотношения газов практически не изменились. Можно предположить, что под воздействием частичных и электрических разрядов в масле возникли новые фракции. Чтобы убедиться, что изменились физико-химические характеристики трансформаторного масла, измеряли  $\tan \delta$  и провели анализ ИК-спектр образцов масла.  $\tan \delta$  проверяли на установке измерения электрических потерь трансформаторного масла "Тангенс-3М". После кратковременного воздействия частичных электрических разрядов  $\tan \delta$  увеличился при температуре 21°C в 3,27 раза, а при температуре 70 °C – в 2,3 раза.

#### Выводы

1. При загрязнении трансформаторного масла возникают частичные разряды высокой интенсивности, которые в определенных условиях превращаются в электрические разряды.

2. Под воздействием частичных и электрических разрядов меняется цвет масла и возникают новые фракции.

3. При изменении состава масла под воздействием частичных и электрических разрядов увеличивается  $\tan \delta$  масла в 2-3 раза.

*Работа выполняется в рамках Государственной программы научных исследований на 2016-2020 гг. «Энергетическая безопасность и надежность энергетических систем» научного совета «Энергетические системы, процессы и технологии» на 2016-2020 гг., подпрограмма «Разработка методики восстановления технического состояния и прогнозирование отказов маслонеполненных трансформаторов и автотрансформаторов для увеличения срока службы» 2017-2019 гг. № г.р. № г.р.20170298 от 03.03.2017 г.*

## АНАЛИЗ ГОДОВЫХ РЕЖИМОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Проектное научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие  
“НИИ Белгипротопгаз”, г.Минск, Беларусь  
(e-mail: gruntovich@tut.by, frostden@list.ru)

Региональные системы газоснабжения (РСГС), входящие в газоснабжающий комплекс страны, являются сложными технологическими системами, обеспечивающими устойчивое функционирование всех отраслей хозяйства. Без анализа существующих режимов газоснабжения и определения общих закономерностей функционирования управление РСГС будет неэффективным.

Для информационного описания РСГС сформирована информационная база данных по суточным объемам поставки газа по элементам балансовой структуры РСГС и по системе в целом за 2010 -2015 г.г. и сведения по температуре наружного воздуха. На рис. 1 представлено поле соответствия суточного потребления газа в регионе и среднесуточной температуры на годовом интервале времени за 2014 г. Суточный расход газа в течение года характеризуется двумя областями, определяемые режимом работы системы отопления. Первая область (система отопления отключена) характеризуется суточным потреблением газа до 5000 тыс. м<sup>3</sup> и положительным диапазоном среднесуточной температуры наружного воздуха (от +5 до +27 °С). Вторая область (система отопления функционирует) характеризуется суточным потреблением газа от 5000 до 14300 тыс. м<sup>3</sup> и диапазоном среднесуточной температуры наружного воздуха от +13 °С до –17,7°С.

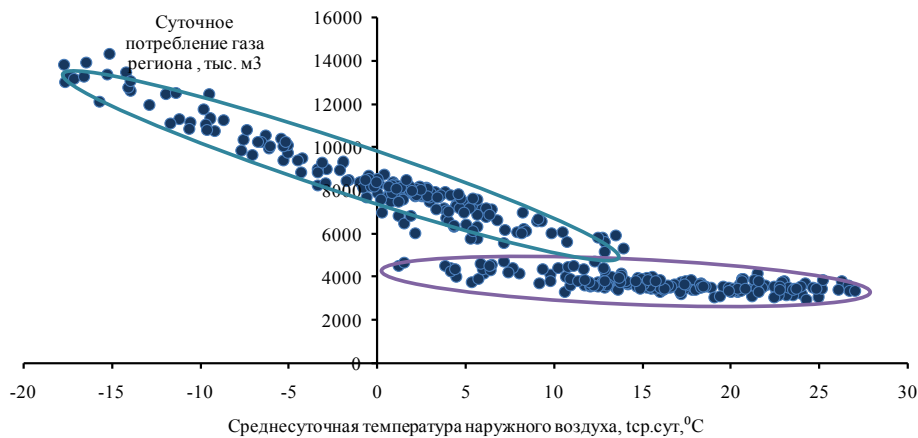


Рис. 1 Поле соответствия суточного потребления газа в регионе от среднесуточной температуры на годовом интервале времени за 2014 г.

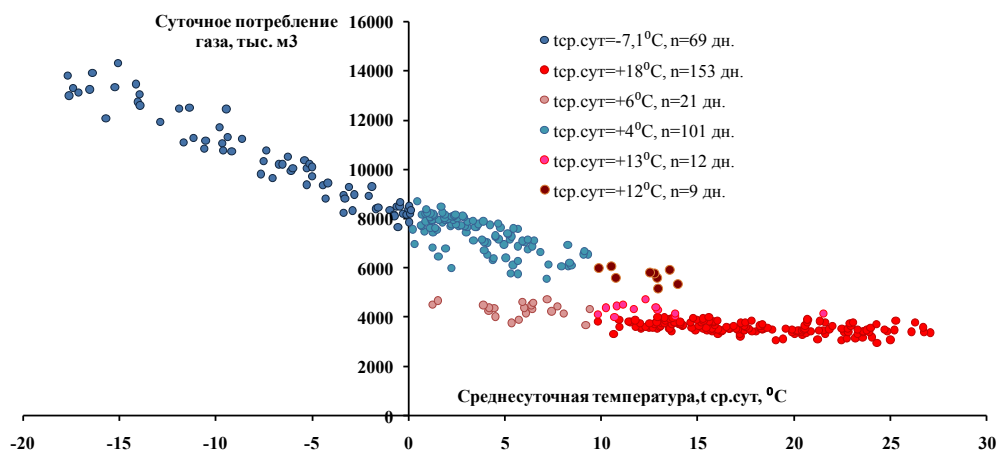


Рис. 2 Кластеризация режимов РСГС по суточному потреблению газа и температуре наружного воздуха

Диапазон температур от 0 °С до 10 °С соответствует области «неопределенного состояния» РСГС: режим как первой, так второй области может существовать одновременно. На рис. 2 представлены результаты кластеризации режимов РСГС по двум признакам суточному потреблению газа и температуре наружного воздуха: выделено 6 классов, характеризующих две области.

В таблице представлены основные показатели кластеризации режимов РСГС:

| Показатели                                                                 | Кластер 1                              | Кластер 2                                      | Кластер 3        | Кластер 4                                      | Кластер 5              | Кластер 6        |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|------------------------|------------------|
| $W_{\text{ср.сут.}}, \text{ тыс.м}^3$                                      | 10361,6                                | 3569,7                                         | 4301,9           | 7380,7                                         | 4296,5                 | 5701,3           |
| N, количество суток                                                        | 69                                     | 153                                            | 21               | 101                                            | 12                     | 9                |
| Коэффициент вариации по газу $V=s/M \cdot 100, \%$                         | 17,7                                   | 6,1                                            | 6,4              | 9,7                                            | 4,9                    | 5,4              |
| Среднесуточная температура за период, $t_{\text{ср.сут.}}, ^\circ\text{C}$ | -7,1                                   | 18                                             | 6                | 3,6                                            | 13                     | 12               |
| Структура класса: месяц-количество дней                                    | 01-21; 02-11; 03-1; 10-4; 11-14; 12-18 | 10-5; 09-21; 08-31; 07-31; 06-30; 05-25; 04-10 | 05-5; 09-5; 10-1 | 03-25; 01-10; 02-17; 04-14; 10-6; 11-16; 12-13 | 04-3; 10-4; 09-4; 05-1 | 03-5; 10-1; 04-3 |
| Временная емкость класса от годовой, %                                     | 18,9                                   | 41,9                                           | 5,8              | 27,7                                           | 3,3                    | 2,5              |
| Емкость класса по газу относительно суммарного годового значения, %        | 32,5                                   | 24,8                                           | 4,1              | 33,9                                           | 2,3                    | 2,3              |

Классы 3 и 6 обеспечивают область "неопределенного состояния". В класс 6 входят сутки марта, октября и апреля. А класс 3 объединяет дни мая, сентября и октября.

*Грунтович Н.В.<sup>(1)</sup>, Шенец Е.Л.<sup>(2)</sup>*

### **ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХОЖИХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ОДНОГО И ТОГО ЖЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ**

*<sup>(1)</sup> Проектное научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие  
"НИИ Белгипротонгаз", г.Минск, Беларусь*

*<sup>(2)</sup> Филиал «УОСМФК» ОАО «Газпро трансгаз Беларусь»  
(e-mail: gruntovich@tut.by, shenets@mail.ru)*

Одни и те же мероприятия по энергосбережению на одинаковых с точки зрения технологии и объемов производства предприятиях дают различный эффект в области повышения энергоэффективности (ЭЭФ), что объясняется индивидуальными особенностями каждого предприятия, которые закладываются на стадии проектирования. Внедрение одного и того же энергосберегающего мероприятия на данных предприятиях дает различный эффект в ЭЭФ, что объясняется:

- различием (даже незначительно) в структуре потребляемых ТЭР [1];
- различием в текущей производительности предприятий.

На примере двух одинаковых (по проекту) небольших районных кирпичных заводов (рис.1), было рассмотрено, как одно и то же мероприятие, снижающее условно-постоянную расхода ЭЭ в размере 15 тыс. кВт·ч оказало влияние на формирование их результирующей ЭЭФ. Разница в удельных расходах ЭЭ двух заводов в максимуме достигает 14,5% (объем производства кирпича составляет 350 тыс. шт.). Для режима максимальной производительности 750 тыс. шт. вес условно-постоянной в общем расходе ЭЭ снижается и снижается разница в удельном расходе ЭЭ до 7,5 %. Установлено, что повышение ЭЭФ КСМ1 в диапазоне производительности от 350 до 750 тыс. шт. составляет от -23,9% до -20,9%, или 3 % на всем диапазоне производительности. Повышение ЭЭФ КСМ2 в диапазоне производительности от 350 до 750 тыс. шт. составляет от -37,8% до -29%, или 8,8 % на всем диапазоне производительности, что в 2,9 раза больше по сравнению с КСМ1. Разница в

удельных расходах ЭЭ после внедрения мероприятий по энергосбережению составила от 20% (производительность 350 тыс. шт.) до 9,7% (производительность 750 тыс. шт.).

Для обеспечения удельного расхода ЭЭ  $W_{удШ} = 94,9$  кВт·ч/тыс. шт. завод КСМ 1 должен обеспечить кварталный выпуск продукции на уровне **550 тыс. шт.**, в тоже самое время КСМ 2 обеспечивает данный уровень удельного расхода ЭЭ при производительности **450 тыс. шт.**, что на 22% ниже по производительности.

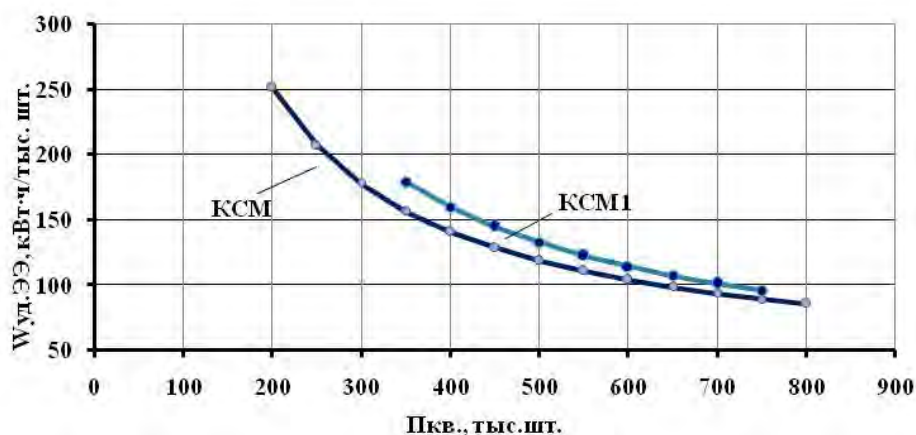


Рис. 1 Зависимость удельного расхода ЭЭ на производство кирпича от квартальной производительности двух заводов (КСМ1 и КСМ2)

Табл. 1 - Сравнение ЭЭФ двух заводов в условиях внедрения мероприятия по энергосбережению

| П,<br>тыс. шт. | Удельный расход ЭЭ до внедрения мероприятия, $W_{удЭЭ}$ , кВт·ч/тыс.шт. |       | Удельный расход ЭЭ после внедрения мероприятия, $W_{удЭЭ}$ , кВт·ч/тыс.шт. |                         |       |                         | $\Delta W_{уд ЭЭ}$ КСМ1 и КСМ2, % |       |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------------|-------|
|                | КСМ1                                                                    | КСМ2  | КСМ1                                                                       | $\Delta ЭЭФ_{КСМ1}, \%$ | КСМ2  | $\Delta ЭЭФ_{КСМ2}, \%$ | До                                | После |
| 200,0          |                                                                         | 250,9 |                                                                            |                         | 175,9 | -42,6                   |                                   |       |
| 250,0          |                                                                         | 206,8 |                                                                            |                         | 146,8 | -40,9                   |                                   |       |
| 300,0          |                                                                         | 177,3 |                                                                            |                         | 127,3 | -39,3                   |                                   |       |
| 350,0          | 179,0                                                                   | 156,3 | 136,1                                                                      | -23,9                   | 113,4 | -37,8                   | 14,5                              | 20,0  |
| 400,0          | 159,4                                                                   | 140,5 | 121,9                                                                      | -23,5                   | 103,0 | -36,4                   | 13,5                              | 18,4  |
| 450,0          | 144,3                                                                   | 128,2 | 110,9                                                                      | -23,1                   | 94,9  | -35,1                   | 12,5                              | 16,9  |
| 500,0          | 132,1                                                                   | 118,4 | 102,1                                                                      | -22,7                   | 88,4  | -33,9                   | 11,6                              | 15,5  |
| 550,0          | 122,2                                                                   | 110,4 | 94,9                                                                       | -22,3                   | 83,1  | -32,8                   | 10,7                              | 14,2  |
| 600,0          | 113,9                                                                   | 103,7 | 88,9                                                                       | -22,0                   | 78,7  | -31,8                   | 9,8                               | 12,9  |
| 650,0          | 106,9                                                                   | 98,0  | 83,8                                                                       | -21,6                   | 75,0  | -30,8                   | 9,0                               | 11,8  |
| 700,0          | 100,9                                                                   | 93,2  | 79,5                                                                       | -21,2                   | 71,8  | -29,9                   | 8,2                               | 10,7  |
| 750,0          | 95,7                                                                    | 89,0  | 75,7                                                                       | -20,9                   | 69,0  | -29,0                   | 7,5                               | 9,7   |
| 800,0          |                                                                         | 85,3  |                                                                            |                         | 66,6  | -28,2                   |                                   |       |

#### Библиографический список

1. Грунтович Н.В., Шенец Е.Л. Влияние структуры потребления топливно-энергетических ресурсов предприятия при внедрении мероприятий по энергосбережению. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 2014. № 2. С. 58-66.

# МЕТОД РАНГОВОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ЭНЕРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ульяновский государственный университет  
roza-gurina@yandex.ru; stepan-vasilev7@rambler.ru

Многие реальные системы объективного мира, в том числе энерготехнические, состоят из совокупности объектов с *гиперболическим ранговым распределением* и называются ценозами [1]:

$$W = A / r^\beta \quad (1)$$

где  $W$  – ранжируемый параметр системы,  $r$  – ранговый номер объекта в ней (1,2,3...),  $A$  – максимальное значение  $W$  при  $r=1$ ,  $\beta$  – степень крутизны гиперболы. Применение закона (1) составляет сущность *рангового анализа* (РА). Электропотребляющие системы в городах (система предприятий, школ, организаций и т.д.), регионах, странах являются техноценозами, для которых разработаны методики их оптимизации и прогнозирования [1].

*S*-образный вид рангового распределения (РР)  $W(r)$  свидетельствует о принадлежности совокупности параметров  $W$  к Гауссовому распределению (ГР) (рис.1), при этом с уменьшением дисперсии ГР крутизна *S*-кривой РР увеличивается, угол  $\alpha$  между касательной к ней в точке перегиба и горизонтальной осью уменьшается [2].

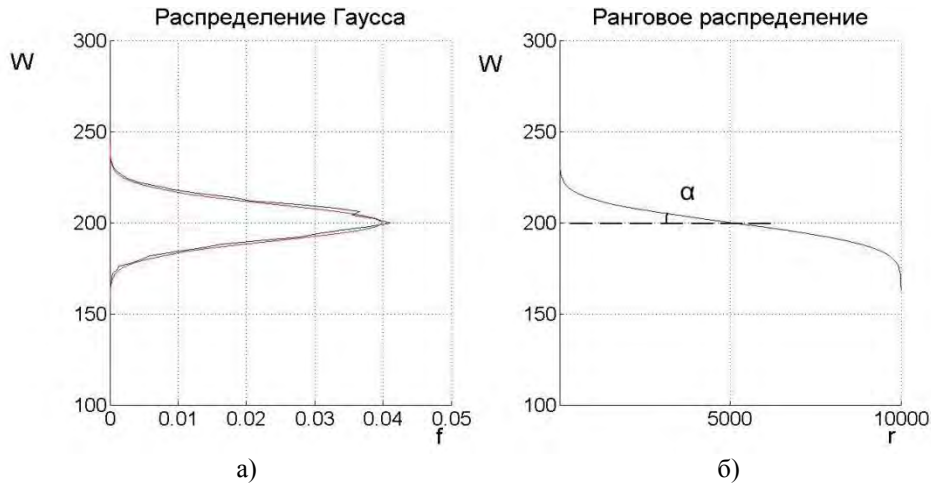


Рис.1. Смоделированное частотное ГР  $f_i$  10000 случайных величин  $W$  – (а) и РР этих же величин  $W(r)$  – (б); стандартное отклонение  $\sigma = 10$ , среднее значение  $\langle W \rangle = 200$ . График ГР (а) повернут на  $90^\circ$  для наглядности.

Применение РА к исследованию ГР предполагает построение эмпирического РР совокупности  $N_0$  значений ГР; определение по графику  $\tan \alpha$ ; вычисление стандартного отклонения  $\sigma$  из формулы [2]:

$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{2\pi}\sigma}{N_0} \quad (2)$$

При этом  $\tan \alpha$  определяется по *S*-образному графику РР по формуле:

$$\tan \alpha = (W_2 - W_1) / (r_2 - r_1).$$

Среднее значение находится из известной формулы или как координата  $W$  точки перегиба *S*-графика. Наши опыты показали, что совокупность ежемесячных (ежедневных) показаний  $W$  электропотребления на отдельном объекте (предприятии, квартире и т.п.) за определённый период при неизменных условиях представляет собой совокупность значений ГР. Их эмпирические РР представляют собой *S*-образные кривые различной крутизны в зависимости от уровня разнообразия и количества электроприборов в квартире рис.2.

Подобные вычисления для 1-комнатной квартиры с невысоким уровнем разнообразия электроприборов дали результаты:  $\langle W \rangle = 35$  кВт.час;  $\sigma = 13$ .

Таким образом, совокупность показаний внутриквартирного электропотребления за определённый период является выборкой ГР, о чём свидетельствует *S*-образный вид РР показаний. Методика РА, отличаясь простотой и наглядностью, позволяет по графику РР определить основные параметры ГР – математическое ожидание  $\langle W \rangle$  и стандартное отклонение  $\sigma$ .

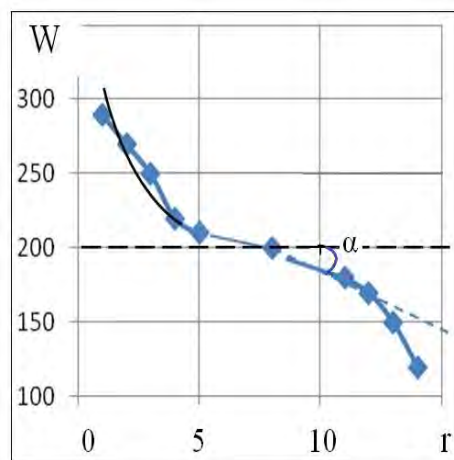


Рис. 2. График PP электропотребления  $W$  (кВт.час) по месяцам в 3-х комнатной квартире с высоким уровнем разнообразия электроприборов,  $\langle W \rangle = 204,3$  кВт.час;  $\sigma = 44$ .

### **Библиографический список**

1. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. /В.И. Гнатюк. – М.: Изд-во ТГУ, 2005. – 384 с.
2. Гурина Р.В. Формула для рангового S-распределения случайных величин // Р.В. Гурина, Д.Н. Безбатько. Наука и образование в жизни современного общества: сб научных трудов по материалам Междунар. науч.- практ. конф 29 ноября 2013 г.: Часть 12. М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – С.39-41.

*Еранцева Е.С.*

### **МЕТОДИКА ОБУЧАЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва  
(ek.erantseva@mail.ru)*

Обучающий эксперимент – это испытание в заданном режиме определенного количества исследуемых изделий в течение требуемого времени, обычно равного времени последующего прогнозирования  $t_{пр}$ , и определение фактического состояния каждого экземпляра выборки к моменту окончания испытания. Цель обучающего эксперимента состоит в получении необходимого массива исходных данных, т.е. такого массива, который требуется для последующего обучения. Содержание массива исходных данных определяется видом ИП. Например, значений информативных параметров  $x_i$  (признаков) и прогнозируемого параметра  $y_0$  для всех экземпляров в начальный момент времени, значений прогнозируемого параметра в конечный момент времени  $y_k$ , т.е. при  $t=t_{пр}$ , промежуточных значений прогнозируемого параметра. Иногда требуется знать промежуточные и конечные значения информативных параметров.

Основой обучающего эксперимента являются исследовательские испытания. Они позволяют, кроме получения вышеназванной информации, выявить процессы и схемы деградации элементов, установить виды и механизмы отказов, типы дефектов, диапазоны нагрузок, ускоряющих отказы. Это позволяет установить степень информативности признаков, критерии отбраковки и классификации для каждого конструктивно-технологического варианта (КТВ), выбрать наиболее информативные параметры, а также определить режимы технологических испытаний, оптимизировать исследуемый КТВ, усовершенствовать методики проведения исследовательских испытаний, обучающего эксперимента и отбраковки.

Для измерения электрических параметров были предложены схемы включения.

Измерение остаточного напряжения на выходе интегральной микросхемы при  $I=I_{\text{вых. max}}$  проводят по схеме измерения, приведенной на рис. 1.



Величина выходного тока  $I = I_{\text{вых. max}}$  задается (резистором  $R_3$ ) активной составляющей эквивалентна нагрузки и источником питания  $E_2$ . При соединении вывода  $I_3$  через резистор  $R_2$  с минусом  $E_2$ , микросхема подключает нагрузку к источнику питания, через  $R_3$  протекает ток  $I_{\text{вых.}} = I_{\text{вых. max}}$ , вызывающий наличие остаточного напряжения  $U_{\text{ост.}}$ . Величина  $U_{\text{ост.}}$  контролируется вольтметром PV.

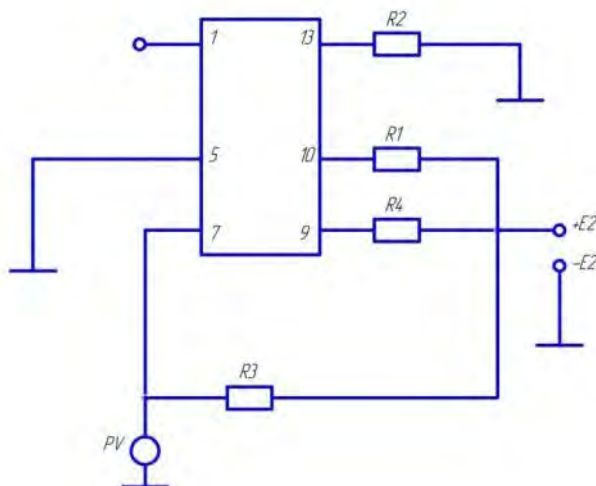


Рис.1. Схема измерения остаточного напряжения

Измерители постоянного тока и напряжения должны иметь класс точности не хуже 1,0. Класс точности вольтметров – индикаторов уровня напряжения не регламентируется. Проверка значений напряжения питания производится вольтметром класса точности не хуже 1,0 с входным сопротивлением не менее 10кОм/В.

Проведенный анализ выявил ряд проблем при проведении обучающего эксперимента с биполярными микросхемами: отсутствие апробированных схем включения при проведении исследовательских испытаний и низкая информативность параметров при разработке прогнозных моделей. Для микросхем серии 522 в качестве информативного параметра рекомендовано использовать величину остаточного напряжения. Предложены схемы измерения остаточного напряжения, напряжения срабатывания, тока потребления, контроля функционирования, испытания на безотказность.

*Ермаков И.С.*

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА РЕЗЦА ПО КРИТЕРИЮ СТОЙКОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

*Тамбовский государственный технический университет  
(manhunt.47@yandex.ru)*

Обработка резанием является и на многие годы останется основным технологическим приемом изготовления точных деталей машин и механизмов. Трудоемкость механосборочного производства в большинстве отраслей машиностроения значительно превышает трудоемкость линейных, ковочных и штамповочных процессов, взятых вместе. Обработка резанием имеет достаточно высокую производительность и отличается исключительной точностью.

При использовании сложных станочных комплексов возрастают требования, предъявляемые к качеству, надежности режущих инструментов, ужесточаются условия их работы, отмечается увеличение расхода инструмента на единицу выпускаемой продукции и затрат на инструмент, составляющих до 3-5% всех затрат на изготовление изделий. Таким образом, повышение работоспособности режущих инструментов за счет увеличения их стойкости, надежности и производительности является одним из главных факторов повышения эффективности производства, в том числе и производства поршневых колец для двигателей внутреннего сгорания.

Поршневые кольца предназначены для уплотнения и создания совместно с поршнем изолированных пространств, находящихся по обе стороны поршня в цилиндре поршневой машины. [1]



При выборе материала, формообразовании колец, расчете радиального удельного давления на стенку цилиндра, при расположении колец на поршне и выборе кольцевого уплотнения следует иметь в виду все, присущие кольцам главные функции.

От неправильной работы поршневого кольца в большинстве случаев зависит исправная и экономичная работа двигателя в целом.

На пригодность поршневых колец в процессе изготовления оказывают влияние много факторов, одним из которых является непосредственно режущий инструмент.

Метод исследования заключался в анализе операции копирной обточки-расточки поршневых колец ЯМЗ на станке мод. МК6026. Были проведены исследования для выявления оптимальных геометрических параметров режущей части резцов, оптимизации элементов режима резания по критерию максимальной стойкости инструмента, выборе оптимальной марки сменной пластины резца.

Исследования, проведенные на АО «Завод подшипников скольжения» показали, что работоспособность режущего инструмента может быть повышена за счет такого изменения поверхностных свойств инструментального материала, при которых контактные площадки инструмента будут наиболее эффективно сопротивляться абразивному, адгезионно-усталостному, коррозионно-окислительному и диффузионному видам изнашивания. При этом инструментальный материал должен одновременно обладать достаточным запасом прочности при сжатии и изгибе, приложении ударных импульсов и знакопеременных напряжений.

Стойкость инструмента является функцией очень большого числа аргументов: химического состава, твердости, размеров и припусков на обработку поршневых колец, геометрических параметров режущей части, конструкции инструмента, элементов режима резания, цикла работы станка и настройки инструмента на размер, каждый из которых изменяется в достаточно широких пределах. Уменьшение периода стойкости связано с повышением температуры резания. Температура резания также возрастает, и при увеличении глубины резания и подачи, вследствие увеличения работы резания и тепловыделения. [2-3]

Таким образом, для того, чтобы период стойкости инструмента был возможно большим, необходимо при постоянной площади сечения срезаемого слоя увеличивать ширину слоя за счет уменьшения его толщины.

#### ***Библиографический список***

1. Ермаков И.С. Оптимизация производства поршневых колец // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы III международной научно-практической конференции/под общ. ред. д.т.н, проф. В.А. Немтинова. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016, с. 177-181.
2. Родина А.А., Фидаров В.Х., Ермаков И.С. Исследование износа резцов при растачивании // Актуальные проблемы в машиностроении, № 3. 2016, с. 224-228.
3. Ванин В.А., Колодин А.Н. Метод совершенствования точностных характеристик металлорежущих станков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тезисы докладов 3 Международной конференции с элементами научной школы (25-27 апреля 2016 г.). – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016. С. 274-275.

***Ефремов Р.А.***

#### **МЕТОД ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С МОДУЛЯЦИЕЙ СМЕНОЙ СТРУКТУРЫ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА**

*Тамбовский государственный технический университет  
(roma2004@tamb.ru)*

Применение шумоподобных сигналов (ШПС) при создании беспроводных средств передачи информации позволяет повысить устойчивость к воздействию помех и обеспечивают работу в сложной электромагнитной обстановке, что особенно важно при проектировании систем связи для промышленных объектов [1].

В работах [2,3] описан метод передачи дискретной информации в котором модуляция осуществляется сменой структур двух посылок периодической псевдoshумовой последовательности, причем если передается символ логической “1”, то структура передаваемого шумоподобного сигнала не меняется относительно предыдущей посылки сигнала, если передается символ логического “0”, то структура меняется на зеркальную копию (относительно оси ординат) ранее переданной посылки сигнала, причем передаваемый ШПС получен путем  $m$  – кратного повторения отрезка образующего ШПС, период повторения которого  $T_0$  равен  $T/m$ , где  $T$  длительность одной посылки сигнала. Демодуляция такого сигнала осуществляется автокорреляционным мето-

дом, на основе сравнения формы автокорреляционной функции (АКФ) соседних посылок периодических последовательностей ШПС с различной структурой. Для этого на приемной стороне должно быть два канала обработки входного сигнала. В канале логической «единицы» производится нахождение значения АКФ в точке  $T+T_0$ . В канале логического «нуля» также производится нахождение значения АКФ в точке  $T+T_0$ , только предварительно сигнал «зеркально отображают» относительно оси ординат за период  $T$ . Решающее устройство считает принятым тот символ, который соответствует каналу с максимальным значением АКФ на выходе.

В указанном методе необходимо производить анализ значений АКФ принимаемых сигналов в строго определенные моменты времени, а именно в конце обработки всего принимаемого символа.

Сущность разработанного метода тактовой синхронизации заключается в суммировании результатов корреляционной обработки в каждом канале и выделении с помощью узкополосного фильтра первой гармоники сигнала, соответствующей частоте следования символов на передающей стороне, с последующим сдвигом фазы на  $\pi/2$  и формированием синхроимпульса детектором нуля (рисунок 1). Таким образом, выделение тактовых синхроимпульсов производится по информационной последовательности принимаемых символов. Следует отметить, что при передаче длинных последовательностей нулей или единиц эффективность синхронизатора незначительно ухудшается.

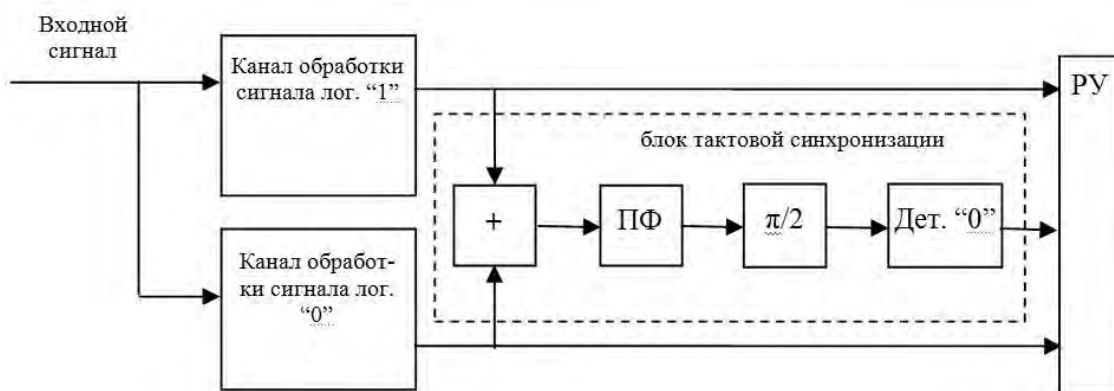


Рис. 1 Блок-схема демодулятора и синхронизатора

Предложенный метод тактовой синхронизации позволяет без значительного усложнения аппаратной реализации устройства, не снижая теоретическую помехоустойчивость известного метода передачи информации, осуществлять помехоустойчивую передачу дискретной информации в условиях искажений сигнала в линии связи и отношений сигнал-шум менее единицы.

#### Библиографический список

1. Москвитин С.П. Построение систем телеметрии промышленного назначения с использованием беспроводных сенсорных сетей / Москвитин С.П., Комраков Д.В. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Спец. вып.(52) - 2014 С. 87 - 91
2. Ефремов Р.А. Помехоустойчивость метода передачи данных с модуляцией смены структуры шумоподобного сигнала при одновременной связи со многими абонентами / Ефремов Р.А., Данилов С.Н. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Спец. вып. (52) - 2014 - С. 37 - 41
3. Ефремов Р.А. Помехоустойчивость многоадресной системы связи при автокорреляционном приеме составного шумоподобного сигнала /Ефремов Р.А. // Журнал «Вестник Тамбовского государственного технического университета», Тамбов, 2014. Том 20. №3, С. 459 - 465

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Учреждение образования

"Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого"

(e-mail: stator-rotor@mail.ru)

Управлять энергоэффективностью (ЭЭФ) нельзя не зная свойств и закономерностей функционирования объектов управления сложных технических систем, когда свойства отдельного элемента отличаются от свойств и характеристик всей системы.

Для исследования степени влияния структуры потребляемых ТЭР и загрузки производства на формирование удельных расходов ТЭР задана модель вида:

$$W_{уд} = w_{уд,техн} + W_{усл.-пост}/\Pi,$$

где  $w_{уд,техн}$  – технологическая составляющая удельного расхода ТЭР на выпуск продукции, ед. ТЭР/ед. прод.;  $W_{усл.-пост}$  – условно-постоянная составляющая расхода ТЭР на выпуск продукции, не зависящая от объемов производства продукции, ед. ТЭР/период;  $\Pi$  – объем выпуска продукции за период, ед. прод.

Примем, что технологическая составляющая удельного расхода ТЭР  $w_{уд,техн}$  изменяется от 0,1 до 0,9 усл. ед., при изменении  $W_{усл.-пост}$  в обратном порядке от 0,9 до 0,1 усл. ед., так, чтобы в сумме, при условном объеме выпуска продукции равным 1, значение  $W_{уд} = 1$ .

Модель зависимости удельного расхода ТЭР от объема выпуска продукции имеет гиперболический вид. На рис.1 представлены значения удельных расходов до и после внедрения мероприятия для потребителя с моделью  $W_{уд} = 0,6 + 0,4/\Pi$ .

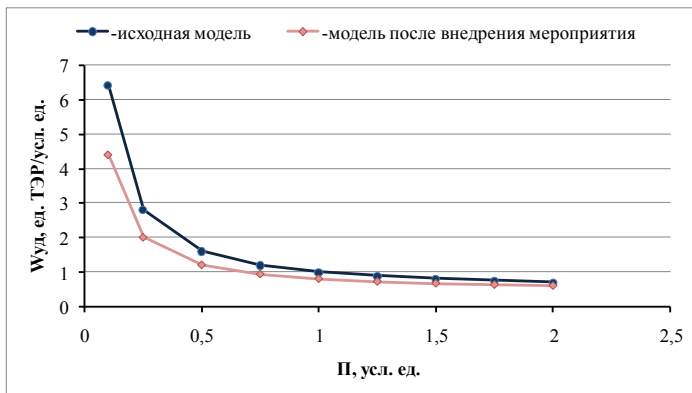


Рис. 1 Модель изменения удельных расходов от выпуска продукции

Табл. 2 Динамика результирующей энергоэффективности ΔЭЭФ при учете изменения загрузки производства и соотношения технологической и условно-постоянной составляющей энергоресурса

| Π,<br>усл.ед. | ΔЭЭФ, %                                   |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |                                           |
|---------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|               | $w_{уд,техн}=0,1;$<br>$W_{усл.-пост}=0,9$ | $w_{уд,техн}=0,2;$<br>$W_{усл.-пост}=0,8$ | $w_{уд,техн}=0,3;$<br>$W_{усл.-пост}=0,7$ | $w_{уд,техн}=0,4;$<br>$W_{усл.-пост}=0,6$ | $w_{уд,техн}=0,5;$<br>$W_{усл.-пост}=0,5$ | $w_{уд,техн}=0,6;$<br>$W_{усл.-пост}=0,4$ | $w_{уд,техн}=0,7;$<br>$W_{усл.-пост}=0,3$ | $w_{уд,техн}=0,8;$<br>$W_{усл.-пост}=0,2$ |
| 0,1           | -22,0                                     | -24,4                                     | -27,4                                     | -31,3                                     | -36,4                                     | -43,5                                     | -54,1                                     | -71,4                                     |
| 0,3           | -21,6                                     | -23,5                                     | -25,8                                     | -28,6                                     | -32,0                                     | -36,4                                     | -42,1                                     | -50,0                                     |
| 0,5           | -21,1                                     | -22,2                                     | -23,5                                     | -25,0                                     | -26,7                                     | -28,6                                     | -30,8                                     | -33,3                                     |
| 0,8           | -20,5                                     | -21,1                                     | -21,6                                     | -22,2                                     | -22,9                                     | -23,5                                     | -24,2                                     | -25,0                                     |
| 1,0           | -20,0                                     | -20,0                                     | -20,0                                     | -20,0                                     | -20,0                                     | -20,0                                     | -20,0                                     | -20,0                                     |
| 1,3           | -19,5                                     | -19,0                                     | -18,6                                     | -18,2                                     | -17,8                                     | -17,4                                     | -17,0                                     | -16,7                                     |
| 1,5           | -19,0                                     | -18,2                                     | -17,4                                     | -16,7                                     | -16,0                                     | -15,4                                     | -14,8                                     | -14,3                                     |
| 1,8           | -18,6                                     | -17,4                                     | -16,3                                     | -15,4                                     | -14,5                                     | -13,8                                     | -13,1                                     | -12,5                                     |
| 2,0           | -18,2                                     | -16,7                                     | -15,4                                     | -14,3                                     | -13,3                                     | -12,5                                     | -11,8                                     | -11,1                                     |

Исследовано, как изменится ЭЭФ при внедрении мероприятий, снижающих условно-постоянную составляющую расхода ТЭР на 0,2 усл. ед.

На рис. 2 приведены значения изменения ЭЭФ в процентах для различных видов моделей потребителей ТЭР при учете изменения загрузки производства и соотношения условно-постоянной составляющей.

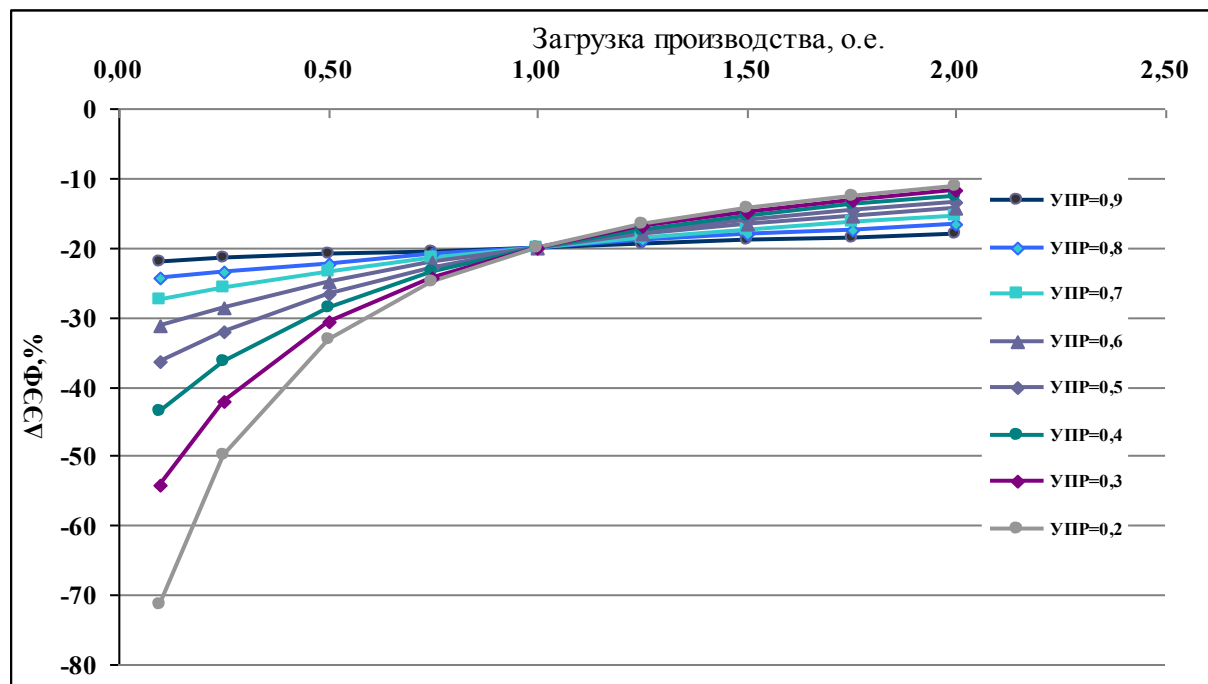


Рис. 2 Зависимости изменения ЭЭФ условного производства в зависимости от соотношения технологической и условно-постоянной составляющей расхода энергоресурса и объемов выпуска продукции

Установлено, что самые высокие изменения  $\Delta$ ЭЭФ происходят при малых нагрузках производства: при загрузке 10% темп изменения ЭЭФ увеличивается практически в 3,3 раза от -22% до -71,4%, а далее эффект при высокой загрузке производства будет изменяться с меньшим темпом от -18,2% до -11,1%.

*Зацепин Е.П., Шачнева Ю.П.*

#### АНАЛИЗ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАБЕЛЬНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ OVM-3

*Липецкий государственный технический университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru).*

Основным назначением системы контроля OVM-3 является организация контроля параметров изоляции кабельных и воздушных линий по уровню и распределению частичных разрядов. В начале работы с системой важно эффективно отстроить её от воздействия помех, так как от этого будет зависеть достоверность полученных данных. Для синхронизации нескольких совместно работающих приборов марки OVM-3 могут быть использованы такие технические решения как [1]: синхронизация по оптической линии с точностью 4 нс при расстоянии до 2 км. Приборы включаются последовательно, точность локации места дефекта  $\pm 1$  метр; локация места возникновения дефекта или перенапряжения в линии производится с точностью  $\pm 20$  метров; синхронизация по радиоканалу — точность в десятки мкс при расстоянии до 1 км.

Пример системы мониторинга кабельной линии 110 кВ длиной 1,5 км приведен на рис. 1. В ней использованы два прибора марки OVM-3, объединенные оптической линией связи.

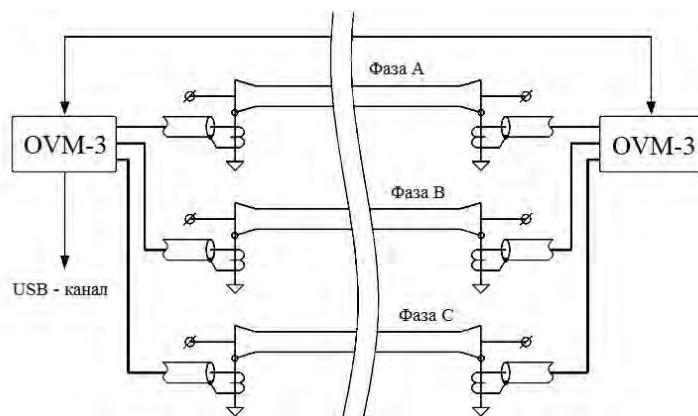


Рис. 1. Система мониторинга кабельной линии 110 кВ

Отметим, что встроенная в OVM-3 экспертная система «PD Expert» позволяет определить тип и степень развития дефекта в изоляции. Организация системы мониторинга изоляции ЛЭП 220 кВ длиной 150 км в качестве примера иллюстрируется на рис. 2. Сигналы частичных разрядов здесь регистрируются при помощи датчиков, которые монтируются на вводах трансформаторов или при помощи конденсаторов связи, монтируемых на линии для организации высокочастотной связи [2].

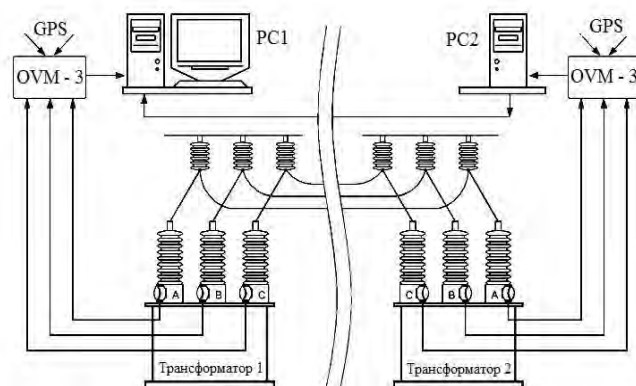


Рис. 2. Организация системы мониторинга изоляции ЛЭП 220 кВ

При помощи предлагаемой системы мониторинга изоляции воздушной линии производится: регистрации частичных разрядов в изоляции линии, оценка уровня и распределения импульсов; регистрации импульсных и коммутационных перенапряжений в энергосистемах; локация мест возникновения дефектов в линии, грозовых и коммутационных перенапряжений с точностью «до одной опоры»; локация мест возникновения коротких замыканий в линии.

На основе OVM-3 может быть создана общая система мониторинга сложного энергетического объекта, например, совокупности кабельных и воздушных линий. При этом объекты мониторинга могут быть разнесены на сотни километров [3].

С системой мониторинга, состоящей из набора модулей типа OVM-3, поставляется специализированное программное обеспечение, позволяющее интегрировать информацию от отдельных модулей, проводить диагностику и локацию дефектов в изоляции. Данное программное обеспечение может быть сконфигурировано для системы кабельных или воздушных линий практически любой сложности.

#### Библиографический список

1. OVM-3 (КОНТРОЛЬ ЛЭП 110-500КВ) [эл. ресурс], URL: [http://e-pribors.ru/index.php?route=product/product&path=74&product\\_id=4167](http://e-pribors.ru/index.php?route=product/product&path=74&product_id=4167) (дата обр. 12.03.2017).
2. Левченко И.И. Нагрузочная способность и мониторинг ВЛ электропередачи в экстремальных погодных условиях / И.И. Левченко, Е.И. Сацук // Электричество. – 2013. – №4. – С. 2–8.
3. Самарин А.В., Рыгалин Д.Б. Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП // Естественные и технические науки, - 2012. № 1 (57), - С. 296-304.

# ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический  
университет, Россия, Волгоград  
(e-mail: Kovylin.andrei@mail.ru)

Предлагаемые теплофизические исследования материалов с помощью неразрушающего контроля основаны на измерении температур и тепловых потоков на поверхности, без внедрения вглубь материала.

Было исследовано жилое здание с толщиной стенки 0,6 м. в течение 24 часов. Максимальная плотность теплового потока:

$$q_n^{\max} = 28,1 \text{ Вт/м}^2,$$

минимальная плотность теплового потока

$$q_n^{\min} = 7,5 \text{ Вт/м}^2,$$

температура наружной стены:

$$t_{\text{нар}} = -1,1 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

температура внутренней стены:

$$t_{\text{вн}} = 17,1 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

разность температур наружной и внутренней стенки:

$$\Delta t = 17,1 + 1,1 = 18,2 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Используя методику, разработанную на кафедре «Энергоснабжение и теплотехника» и полученные экспериментальные данные был произведен расчет эквивалентного коэффициента теплопроводности  $\lambda_{\text{экв}}$ , эквивалентной объемной теплоемкости  $(\text{ср})_{\text{экв}}$ ,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$ , эквивалентного коэффициента температуропроводности  $a_{\text{экв}}$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Для определения эквивалентного коэффициента теплопроводности [1] использовались температуры поверхности внутренней  $T_{\text{вн}}$  и наружной стенки  $T_{\text{нар}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , максимальный тепловой поток на наружной поверхности стенки  $q_{\text{нар}}$ ,  $\text{Вт/м}^2$ . Эквивалентный коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{экв}}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$  определяется по формуле:

$$\lambda_{\text{экв}} = (q_n^{\max} \delta) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) = (28,1 \cdot 0,6) / 18,2 = 0,93.$$

Максимальная амплитуда колебаний температурной волны  $g_n^{\max}$ , на наружной поверхности ограждения здания составила,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$g_n^{\max} = 0,5(t_1 - t_2) = 0,5(4,3 + 1,1) = 2,7,$$

Коэффициент теплоусвоения ограждения  $B$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$  равен:

$$B = q_n^{\max} / g_n^{\max} = 28,1 / 2,7 = 10,4.$$

Эквивалентная объемная теплоемкость ограждения определяется по формуле,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$ :

$$(\text{ср})_{\text{экв}} = (B^2 z) / (\lambda_{\text{экв}} \cdot 2\pi) = (108 \cdot 86400) / (0,93 \cdot 2 \cdot 3,14) = 1600.$$

где  $z = 86400 \text{ с.}$  – полный период колебаний температуры на наружной поверхности ограждения.

Эквивалентный коэффициент температуропроводности ограждения здания определяется по формуле,  $\text{м}^2/\text{с}$ :

$$a_{\text{экв}} = \lambda_{\text{экв}} / (\text{ср})_{\text{экв}} = 0,93 / 1600000 = 0,58 \cdot 10^{-6}.$$

Рассчитанные значения эквивалентного коэффициента теплопроводности [2], эквивалентной объемной теплоемкости, эквивалентного коэффициента температуропроводности, приведены в таблице.

Таблица. Теплофизические свойства жилого здания толщиной 0,6 м.

| Эквивалентный коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{экв}}$ ,<br>$\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$ | Эквивалентная объемная теплоемкость<br>$(\text{ср})_{\text{экв}}$ $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$ | Эквивалентный коэффициент температуропроводности $a_{\text{экв}}$ ,<br>$\text{м}^2/\text{с}$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,94                                                                                                         | 1798                                                                                                       | $0,52 \cdot 10^{-6}$                                                                         |

Предложенная методика [3] исследования теплофизических свойств зданий с помощью неразрушающего контроля позволяет определять температуры на внутренней и наружной поверхностях, тепловой поток без нарушения целостности стены здания. По полученным данным температуры и теплового потока рассчитывается комплекс теплофизических свойств ограждения здания.

### **Библиографический список**

1. Лепилов В. И., Перфилов В.А. Энергосберегающие ограждающие элементы // VIII Международная научная конференция «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Волгоград, 2010. С. 201-206.
2. Фокин В.М., Ковылин А.В. Теоретические основы определения теплопроводности, объемной теплоёмкости и температуропроводности материалов по тепловым измерениям на поверхности методом неразрушающего контроля // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. ВолгГАСУ. Волгоград, 2009. Серия: «Строительство и архитектура». Вып. 14 (33). С. 123 – 127.
3. Фокин В. М., Ковылин А. В., Чернышов В. Н. Энергоэффективные методы определения теплофизических свойств строительных материалов. М. : Спектр, 2011. 155 с.

**Высочкин А.В., Портнов Е.М., Кокин В.В.**

### **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АСУТП В ЭНЕРГЕТИКЕ**

*ООО “Импортмеханика” Национальный исследовательский университет “МИЭТ”  
(evgen\_uis@mail.ru)*

В настоящее время АСУТП широко используются в электроэнергетике для удаленного управления и контроля распределенными энергообъектами и производствами, включая электроподстанции, насосные станции, магистральные нефтепроводы и др. В современных условиях АСУТП синтезируются на основе механического объединения различных элементов без их системотехнической и структурной оптимизации, при этом для оценки качества полученной системы применяются показатели, которые не отражают реальные параметры.

Проиллюстрируем вышесказанное рядом примеров:

- для определения показателя быстродействия АСУТП используется время передачи одной информационной посылки по каналу связи между центральным пунктом управления и периферийным контролируемым пунктом ;

- надежность системы оценивается показателем наработки на отказ для каждого функционального модуля;

- достоверность информационных обменов определяется по вероятности искажения помехами в канале связи и не учитывает другие потенциальные возможности трансформации передаваемого сообщения .

В частности, при расчете показателя оперативности АСУТП показанным выше способом не учитываются: вероятность искажения передаваемого сообщения, которое приводит к отказу обработки приемником полученных данных; задержка между начальной и повторными передачами одной и той же информационной посылки при искажении ранее переданного; вероятность искажения информации при ее вводе от датчиков; вероятность искажения информационной посылки в функциональных модулях, осуществляющих передачу и обработку информации; задержка начала передачи уже подготовленной информации.

Показатель надежности АСУТП целесообразно оценивать через время наработки на отказ для каждого канала передачи информации. Вместе с тем традиционно производителями АСУТП приводится другой показатель – наработка на отказ не для каждого канала, а каждого функционального модуля. В итоге «надежность» выражается наработкой на отказ в 100000 и даже 1000000 часов, что не отражает реальную надежность системы.

Принимая во внимание вышесказанное, предлагается показатели быстродействия, надежности и помехоустойчивости объединить в обобщающий показатель – интегральную достоверность, определяемую на основании вероятности необнаруживаемых искажения информационного сообщения. При этом вероятность необнаруживаемого искажения информационного сообщения ( $p_{ни}$ ) определяется в соответствии с выражением :

$$P_{ни} = P_{ввод} + P_{КС} + P_{кодер} + P_{декодер} ,$$

где  $P_{ввод}$  - вероятность искажения при вводе информационного сообщения от датчиков,  $P_{КС}$  - вероятность искажения в процессе передачи информации по каналу связи,  $P_{кодер}$  ( $P_{декодер}$ )- вероятность искажения информации в кодере (декодере).

Для снижения показателя  $p_{ни}$  предлагается использовать: совмещение процессов ввода и кодирования информации в одном устройстве; использование специальных методов кодирования, сочетающих биимпульсный условно корреляционный код для отображения состояния каждого функционального устройства и общий для всех устройств циклический код в канале связи; резервирование трассы доставки информации в приемник.

Код, который отображает состояние всех датчиков, определим как биимпульсный корреляционный код”, так как при кодировании состояние каждого датчика отображается двумя импульсами “01” или “10”, причем второй бит пары жестко связан с первым. Указанный код не дает объективной картины о работоспособности не только функциональных модулей, но и цепей связи с датчиками. В предложенном авторами биимпульсном

условно корреляционном коде (БУКК) инверсия второго бита пары является условной и зависит от результата диагностики цепей связи с датчиками. В случае обнаружения искажений- код превращается в “11” ( короткое замыкание) или в “00” (разрыв цепи связи с датчиками), давая возможность за счет двух “неразрешенных” комбинаций определить место и вид искажения.

Комплексное применение указанных мер позволило получить значения  $p_{ни}$  для канала телесигнализации на уровне  $10^{-13}$ , аналогичные мероприятия для канала телеуправления обеспечивают снижение вероятности необнаруживаемых искажения на уровне  $10^{-16}$ . Полученные значение на 2-3 порядка превышают показатели, регламентируемые ГОСТ и стандарты МЭК.

*Kosach A.A., Kovshov E.E.*

## **REMOTE MONITORING OF ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS PRODUCTS IN AN EFFICIENT AUTOMATED TECHNICAL SYSTEM**

*Joint-stock company «NIKIMT-Atomstroy» Moscow, Russian Federation  
(kosachaa@atomrus.ru, e.kovshov@stankin.ru)*

Performing non-destructive control of environmentally hazardous products (for example, at nuclear facilities) is an actual and time-consuming task that has to be solved in various branches of industrial production. The interaction of the staff with such products is limited or not allowed, while high security and sensitivity requirements are imposed, which makes it necessary to conduct remote control in an automated mode.

As a rule, during the automation of the process of remote non-destructive control, the developed multicomponent information systems are not inferior to modern computer distributed systems in complexity. Remote control systems include multichannel control of technological low-level equipment and strict requirements for information protection must be met. In addition, increasing the efficiency of such systems is an actual scientific and practical task.

The efficiency of a technical system is the system's ability to perform the specified functions with their required quality [1]. The efficiency of such systems includes: technical efficiency (reliability, productivity, performance, noise immunity, etc.), economic efficiency (total cost ownership and result evaluation, potential users' demand for the system) and the management system's efficiency.

Since remote control systems include an automated control system, the management efficiency (including ergonomics, user interface convenience and adequate selection of control architecture and algorithm of operation) is an important factor.

The main problem of assessing the efficiency of technical systems is their complex evaluation with a large number of parameters. Usually the evaluation of efficiency is based on intuitive opinions of a heuristic nature (for example, the method of expert assessments [2]). To evaluate the efficiency of an automated system of non-destructive control, it is advisable to apply the multicriterion optimization method using weighted coefficients [1].

Among various efficiency criteria the most significant ones for a particular system are chosen, for example, reliability, performance, noise immunity, fault tolerance, payback period. For these criteria, a linear convolution is made:

$$\sum_{k=1}^m \lambda_k \frac{g_k(x)}{\max g_k(x)} \rightarrow \max, \quad (1)$$

where,  $g_k(x)$  is the criterion  $k$ ,  $\lambda_k$  is the weight coefficient of relative importance of the criterion  $k$ .

To ensure a single scale of measurements the restrictions for the weight criteria are imposed:

$$\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1, \quad \lambda_k \in [0,1]. \quad (2)$$

Thus, applying the method of expert assessments and linear convolution for a limited number of criteria, it is possible to calculate the efficiency of an automated control system. The optimal combination of parameters corresponds to the maximum of the linear convolution.

This approach has been applied in the development of an automated system for remote leakage detection by the mass-spectrometric method of containers with radioactive waste [3]. Staff access to products in this technical system is impossible, and it is controlled by an automated distributed control system. The algorithm of its operation and its user interface is realized by a personal computer, which sends control commands to programmable logic controllers and other low-level devices.

Modbus protocols and OPC servers [4] are used for information exchange in enterprise SCADA environment, allowing scaling and changing parts of the system regardless of the manufacturer of the lower-level technological equipment.



The system can be controlled by any, as well as portable devices, including the ones using the standard for data transfer in wireless Wi-Fi networks, which ensures high speed data transfer (over 100 Mbps) and a high level of data protection based on standard data transfer protocols.

### ***Bibliographic list***

1. Belykh A.A. The problem of improving the efficiency of information systems in modern conditions. Scientific Journal of KubSU, No. 58 (04), 2010.
2. Kovshov E.E., Smirnov O.S. Methods for assessing and improving the reliability of information environments of an industrial enterprise. Dynamics of complex systems - XXI century. 2012. T. 6. № 2. P. 112-116.
3. Kosach A.A., Kovshov E.E. Development of a computer based problem-oriented automated leakage detection control system. 2017 Seminar on Systems Analysis. Volume 10.
4. Kosach A.A., Kovshov E.E. Systematization and analysis of data in an automated leakage detection system // Herald of scientific conference. 2016. №12-4 (16). pp. 10-11.

***Кузьмина В.В., Николаев Н.А, Селивестров Д.В.***

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЯХ.**

*Национальный исследовательский университет  
“Московский институт электронной техники” (г. Москва)  
nnikolayew@gmail.com*

В современном мире одной из важнейших проблем промышленности является проблема энергосбережения. Невозможно обеспечить высокий уровень жизни общества без реализации энергетической безопасности. Для решения этой задачи предлагается программно-аппаратный комплекс (ПАК) контроля и учета энергетических ресурсов в многоквартирных домах.

Необходимо отметить, что рассматриваемый комплекс обеспечения энергетической безопасности требует применения различных методов и алгоритмов для формирования управляющих решений. Существенную помощь в таких исследованиях могут оказать геоинформационные системы, которые помогают визуализировать информацию о работе сложных пространственно-распределенных систем. Цель данного проекта состоит в исследовании и разработке алгоритмов функционирования систем контроля и учета энергоресурсов.

К существующим программным решениям можно отнести проекты “Умный дом”, “ЯЭнергетик”, ПРЭ “Электросеть”. Основной недостаток данных решений состоит в том, что они не обладают всей функциональностью, необходимой для эффективного контроля и учета потребления энергетических ресурсов, к тому же все они распространяются на коммерческой основе.

В рамках проведенной работы предлагается разработать программно-аппаратный комплекс, позволяющий пользователям вести удобный учет и анализ потребления энергоресурсов, который будет предоставляться на некоммерческой основе. ПАК будет организован в виде системы датчиков, снимающих показания со счетчиков в режиме реального времени с последующей передачей их на сервер базы данных и web-сервис, который предоставит пользователю удобный графический интерфейс для просмотра и анализа показаний. Web-сервис будет разработан на основе технологии J2EE с использованием СУБД Oracle.

Предложенное решение рассчитано как для организаций в области ЖКХ, так и для потребителей электроэнергии. Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс позволит пользователям удобно и эффективно вести учет потребляемых энергоресурсов, за счет статистических отчетов, графических схем и гистограмм, с возможностью варьирования интервалов анализируемого времени.

### ***Библиографический список***

1. ГОСТ Р 51750 – 2001 “Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказание услуг в технологических системах. Общие положения.”
2. Каракеян В.И. Экономика природопользования: / В.И. Каракеян. - М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011. - 576 с.

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(alexandr@litvickaya@yandex.ru)*

В современном мире наблюдается тенденция замены устаревших технологий в разных областях их применения. Одной из таких быстро развивающихся отраслей является технология «умных интернет вещей». Примером таких технологий является умный транспорт.

Современное состояние автомобильных электронных систем привело к практическому созданию беспилотного автомобиля. Для автоматического управления система использует ряд входных устройств: радары двух диапазонов, лазерный локатор, видеокамеру, GPS приемник и др. В настоящее время имеется возможность использовать при управлении, особенно в плотных потоках автомобилей, не только свои датчики, но и данные от сопутствующих и встречных автомобилей (СА). Это позволит реагировать не только на синопсическую ситуацию на дороге, но и прогнозировать поведение ближайших соучастников движения.

Индикация интенсивности взаимных перемещений может быть оценена по величине ускорения сближения автомобилей  $a_k^{лб}$ , рассчитываемого на основе информации бортовых измерителей различной физической природы и информации полученной по каналу связи. Данное ускорение определяется как алгебраические проекции векторов ускорений автомобилей.

Если  $|a_k^{лб}| < a_{n1}$ , то  $r_k = 1$  - индицируется маневр слабой интенсивности; если  $a_{n1} \leq |a_k^{лб}| < a_{n2}$ , то  $r_k = 2$  - маневр средней интенсивности; если  $|a_k^{лб}| > a_{n2}$ , то  $r_k = 3$  - интенсивный маневр. Здесь выходной сигнал  $r_k$  определяет состояние индикатора в  $k$ -й момент времени. Для вычисления  $a_k^{лб}$  используем информацию, поступающую от СА, а для  $a_k^{слб}$  - информацию от собственных датчиков. Достоинством такого подхода является преимущество в вопросах помехозащищенности: часть измерителей такой системы работает в пассивном режиме при использовании диапазона оптических, инфракрасных или радиоволн. Однако для определения ускорения сближения  $a_k^{лб}$  требуется и информация от радиолокационных каналов сопровождения по скорости и угловым координатам, точность которой зависит, как от способности данных каналов устойчиво сопровождать маневренную автомашину, так и от помеховой обстановки. Выходом в этой ситуации является разработка метода определения значения  $a_k^{лб}$ , при котором точность вычисления данного параметра является достаточной для осуществления правильной индикации интенсивности, и обеспечивается наименьшая зависимость качества функционирования индикатора от точности сопровождения по скорости и угловым координатам. Алгоритм функционирования индикатора интенсивности представляет собой две параллельных ветви вычисления алгебраических проекций на ЛВ векторов полного ускорения.

По статистике компании Gartner, к 2020 году число «подключенного» транспорта превысит четверть млрд., делая машину основной составляющей технологии М2М. Они смогут передавать телеметрические данные, геолокацию и сервисную информацию в управляющие центры [3].

М2М – это инновационная технология организации сетей, осуществляющая передачу телеметрических данных от одного устройства к другому. Система М2М состоит из: периферийных узлов, коммуникационного оборудования и программного обеспечения (ПО). Периферийные узлы это датчики, определяющие состояние окружающей среды и условия работы физических устройств. После сбора информации, она преобразовывается в цифровые сигналы, которые передаются потом по сети. Передачу данных к приложениям и другим узлам обеспечивает коммуникационное оборудование. ПО проанализировав данные, полученные от датчиков, принимает решения и посылает команды устройствам [2].

В ближайшем времени эксперты планируют расширение всех сфер применения технологии М2М, таких как: безопасные транспортные системы, электроника, здравоохранение и др. Они пока слабо представлены на территории РФ, но на примере других развитых стран, очевиден огромный потенциал. Через несколько лет система М2М в автомобильных электронных системах станет распространенным явлением для каждого пользователя.

**Библиографический список**

1. Росляков, А.В. Интернет вещей: учебное пособие. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 200 с.
2. Gartner Says By 2020, a Quarter Billion Connected Vehicles Will Enable New In-Vehicle Services and Automated Driving Capabilities.

## **ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Воронежский экономико-правовой институт  
(nauka-vepi@yandex.ru)*

Одной из серьезных проблем, все еще стоящих перед промышленными компаниями, переходящих на автоматизацию транспортно-логистических процессов, является проблема возмещения затрат на приобретение средств автоматизации и связанного с ними оборудования.

При планировании использования электронно-вычислительного оборудования в современных условиях необходимо предусмотреть, чтобы ЭВМ имели несколько устройств прямого цифрового управления. Достижения в области развития техники уже открыли возможность для дистанционного управления многими транспортными операциями с цифровым программным управлением и для управления непрерывными производственными процессами. Использование ЭВМ для управления транспортом пока что ведется в ограниченных масштабах, поскольку все это еще требует технических доработок.

Мы уже обращали внимание [3; 5; 6; 8] на первостепенное значение гибкости электронно-вычислительных систем. Наибольшая сложность заключается в программировании. Особое внимание следует уделять тому, чтобы не допустить разработки новых или очень сложных программ, требующих больших затрат времени. Программирование должно вестись с таким расчетом, чтобы можно было быстро составить программы на основе имеющихся ЭВМ. Большинство экспертов соглашаются с тем, что нужны более простые программные языки [1; 2; 4; 5]. К счастью, наблюдается тенденция в сторону стандартизации языков и составления специальных программ, которые преобразуют общие команды в специфические команды для оборудования с программным управлением. С помощью таких языков можно было бы записывать программы для управления этими станками и машинами.

Одним из путей решения вопроса о повышении эффективности использования оборудования с программным управлением является накопление больших массивов информации, содержащей все необходимые данные, требующиеся для управления работой оборудования и транспорта. Однако еще недостаточно иметь в своем распоряжении всю требующуюся информацию. Необходимо решить, следует ли оптимально использовать машинное время или следует добиваться минимизации затрат. Если задача состоит в том, чтобы свести к минимуму издержки, в этом случае ключевым фактором будет скорость обработки информации. Если же задача сводится к оптимальному использованию ЭВМ, то в этом случае основным фактором будет качество выполнения конкретных операций.

Таким образом, в условиях обострения конкуренции внедрение современных информационно-коммуникационных технологий и средств автоматизации может стать ключевым фактором обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий.

### ***Библиографический список***

1. Ахмедов А.Э., Ахмедова О.И., Смольянинова И.В. Проблемы автотранспортного обеспечения агропромышленного производства // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-3 (16-3). С. 11-13.
2. Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В., Шаталов М.А. Проблемы автоматизации транспортно-логистических операций на промышленном предприятии // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-3 (25-3). С. 186-190.
3. Баутин В.М., Мычка С.Ю. Проблемы автотранспортного и сервисного обеспечения агропромышленного производства // Территория науки. 2016. № 3. С. 63-66.
4. Вечирко О.Н., Тарасюк С.С. Значение закупочной логистики в системе обеспечения республики Крым строительными материалами // Устойчивое развитие науки и образования. 2017. № 2. С. 95-100.
5. Мартынов С.В., Шаталов М.А. Проблемы информационного обеспечения управления транспортно-логистической системой предприятия // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-3 (25-3). С. 289-294.
6. Мычка С.Ю. Направления развития логистической оптимизации деятельности предприятий АПК // Агропродовольственная экономика. 2015. № 8. С. 18-21.
7. Мычка С.Ю. Эффективность управления предприятием – ключевая задача менеджеров // Территория науки. 2012. № 1. С. 100-103.
8. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Внедрение адаптивных систем автоматизации транспортно-логистических операций предприятия // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-3 (25-3). С. 387-391.

## **ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ДИОДОВ**

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева  
(e-mail: mishanov91@bk.ru)*

Деградационные процессы в полупроводниковых диодах в процессе эксплуатации под воздействием дестабилизирующих факторов определяются дефектами структуры кристалла.

В данной работе проведен анализ связей между дефектами, механизмами их развития, отказами и признаками их появления на основе изучения технологических процессов изготовления диодов типа 2Д918Б-1 по данным предприятий-изготовителей, литературных источников и экспериментальных исследований. Получена таблица наиболее распространенных дефектов и соответствующих им отказов и признаков. В ней приведены данные по распределению отказов по элементам ненадежности диодов с учетом данных эксплуатации и испытаний на долговечность и безотказность.

Для диагностического контроля качества диодов было предложено использовать параметры низкочастотных шумов. Корреляционный анализ результатов испытаний показал целесообразность использования шумового напряжения в качестве информативного параметра при оценке качества диодов. Напряжения шума измерялось компенсационным методом и составляло 3 ... 200 мВ при изменении обратного напряжения от 2 до 50 В. Обратный ток диодов при этом изменялся от 0,2 до 18 мА.

Коэффициент корреляции между напряжением шума и количеством постепенных отказов исследованной группы диодов составил от 0,74.

Построены корреляционные поля обратных токов диодов для обратного напряжения 100 В и временных сечений 500, 1000, 5000 часов. Рассмотрены вопросы прогнозирования стабильности обратного тока и других характеристик диодов на основе результатов неразрушающего контроля и методов теории распознавания образов. Дана сравнительная оценка эффективности контроля качества и отбраковки потенциально ненадежных образцов по напряжению шума с контролем по таким информативным параметрам как *m*-фактор и вид вольт-амперной характеристики, снятой при разных температурах.

*Мороз Д.Р.<sup>(1)</sup>, Капанский А.А.<sup>(2)</sup>*

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА ПО СТРУКТУРНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

*<sup>(1)</sup>Проектное научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие  
"НИИ Белгипрогаз", г.Минск, Беларусь*

*<sup>(2)</sup>Учреждение образования "Гомельский государственный технический  
университет им. П.О. Сухого"  
(e-mail: frostden@list.ru, kapanski@mail.ru)*

Для эффективного функционирования и развития региональных систем газоснабжения (РСГС) необходимо научно-обоснованно решать следующие приоритетные задачи: составление заявок планируемого объема поставок газа; разработка проектов развития и реконструкции систем газоснабжения и хранения газа; формирование действующих тарифов на газ для различных групп потребителей при учете рентабельности их производств [1]. Решение обозначенных задач невозможно без изучения структуры, закономерностей формирования и функционирования РСГС. Для исследуемой системы регионального газоснабжения балансовая структура может быть представлена следующими структурными элементами: *энергетика, промышленность и сельское хозяйство, ЖКХ, население, собственные нужды, потери (рис. 1)*.

Определены веса каждого структурного элемента в общем объеме потребления газа по региону за 2006-2015 г.г. (рис. 2). Как видно из рис. 2 промышленность и сельское хозяйство является вторым по значимости структурным элементом: доля промышленности и сельского хозяйства в общем годовом объеме потребляемого газа составляет от 20 до 32%. На основе месячных данных по объемам потребления газа, данных по среднемесячной температуре и валового регионального продукта разработана двухфакторная модель зависимости потребления газа для исследуемой группы потребителей от указанных факторов.



Рис. 1 – Укрупненная балансовая структура РСГС

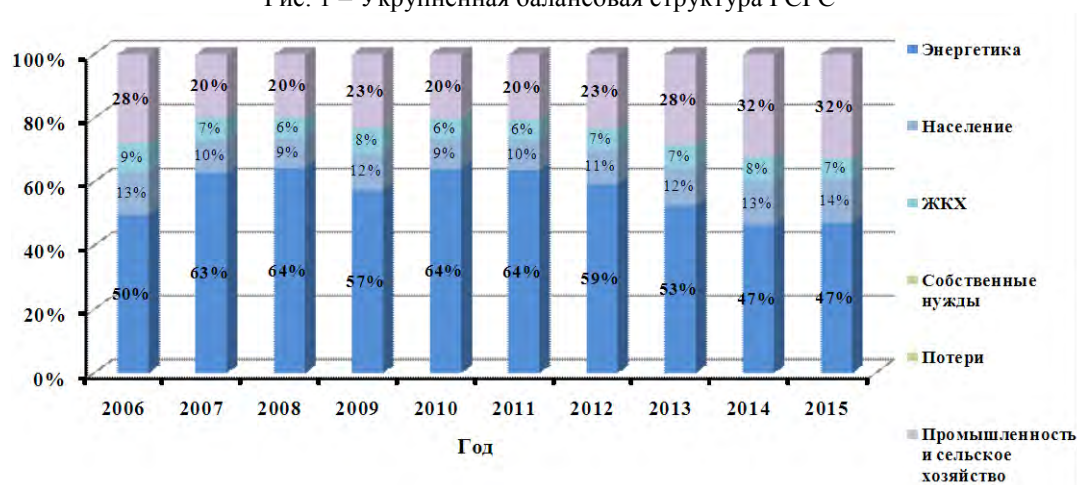


Рис. 2 – Динамика региональной структуры расхода газа за 2006-2015 г.г.

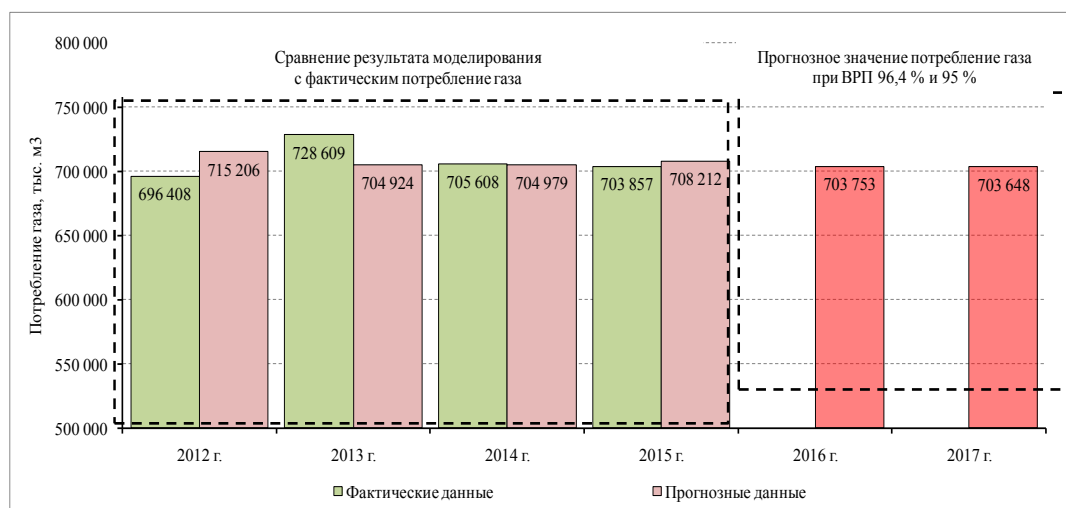


Рис.3 Результаты прогнозирования потребления газа по разработанной модели на 2016-2017 г.г.

На рис.3 представлены результаты прогнозирования потребления газа для группы "промышленность и сельское хозяйство" на 2016-2017 г.г. и сравнение результатов прогнозирования по разработанной модели и фактических данных за 2012-2015 г.г.

Погрешность прогнозирования по годам составила: 2012 г.-3,4%; 2013 г. - -3,4%; 2014 г. - -0,1%; 2015 г. - 0,6%.

### **Библиографический список**

1. Грунтович Н.В., Мороз Д.Р., Шалоник В.Е. О необходимости изучения структуры и закономерностей функционирования региональных систем газоснабжения. «Энергетическая стратегия», 2017 – №1, с. 42-46.

**Мороз Д.Р.<sup>(1)</sup>, Шенец Е.Л.<sup>(2)</sup>**

### **СПОСОБ ОЦЕНКИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА**

<sup>(1)</sup> Проектное научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие

«НИИ Белгипромгаз», г.Минск, Беларусь

<sup>(2)</sup> Филиал «УОСМФК» ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

(e-mail: frostden@list.ru, shenets@mail.ru)

Многолетний мировой опыт эксплуатации печного оборудования (стекольные, цементные заводы) показывает, что в процессе его эксплуатации происходит процесс старения оборудования (износ ограждающих конструкций, частичное разрушение футеровки, изменение теплофизических свойств материалов и т.д.), вследствие чего тратится больше газа для компенсации потерь и поддержания технологических параметров. Разработка способов, позволяющих оценить снижение энергетической эффективности (ЭЭФ) таких производств, является актуальной задачей. Предложен метод оценки снижения энергетической эффективности производства листового стекла, основанный на многофакторной модели зависимости потребления природного газа от влияющих факторов. Для моделирования энергопотребления технологическими линиями производства листового стекла была сформирована база данных по 13 параметрам за семилетний период, которые формируют энергопотребление печи. Для учета влияния старения оборудования в модель энергопотребления внесена такая параметр, как *N*- «количество отработанных дней». Этот параметр позволяет оценить скорость старения технологического оборудования и связанное с ним увеличение объема потребляемых ТЭР. Математическая модель энергопотребления производства листового стекла представлена в виде трехфакторного аддитивного уравнения регрессии на выбранном интервале выпуска стекла.

К наиболее значимым факторам, влияющим на режим энергопотребления печи, относятся: *производительность печи; содержание оксида железа в стекле; номер суток эксплуатации печи*. Установлено, что основная доля энергопотребления описывается технологическим потреблением, связанным с объемом выпускаемой продукции (77%). Содержание оксида железа в стекле в среднем описывает изменение энергопотребления на 12 %. Старение технологического оборудования и футеровки описывает около 10 % энергопотребления. Изменение температуры окружающей среды описывает около 1 % всего энергопотребления и не может рассматриваться как значимый фактор.

Исследовалась динамика модели энергопотребления линии по производству листового стекла с 2004 г. по 2010 г (табл.1): коэффициент регрессии при факторе «номер суток эксплуатации печи» имеет тренд на уменьшение, что говорит о неравномерной скорости износа футеровки технологических печей. В начальный период эксплуатации ежедневное увеличение расхода природного газа составляло 33,4 кг у.т./сут., а в период перед выведением печи в ремонт составило 19,1 кг у.т./сут. За счет регулирования технологии, горячего ремонта печи удавалось достичь значительного снижения этого параметра (до 13,8 кг у.т./сут в 2008 г.). Коэффициент регрессии при параметре производительность печи, характеризующий удельный технологический расход энергетических ресурсов на производство продукции изменяется от 142,9 кг. у.т./т в 2004 г. до 241,8 кг. у.т./т в 2006 году, что обуславливается старением футеровки печи и снижения загрузки печи. За счет внедрения энергосберегающих технологий, горячего ремонта печи и работы печи с максимальной производительностью удельный расход к 2010 году достиг значения. 125,2 кг у.т./т.

Табл. 1 - Динамика модели энергопотребления линии по производству листового стекла

| Период                    | Коэффициенты регрессии модели энергопотребления при значимых факторах |                    |                            |                    |                             |                    |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
|                           | Номер суток эксплуатации печи                                         |                    | Содержание FeO в стекле, % |                    | Производительность, т/сутки |                    |
|                           | Значение                                                              | Стандартная ошибка | Значение                   | Стандартная ошибка | Значение                    | Стандартная ошибка |
| 2004                      | 33,4                                                                  | 14,6               | 1430169                    | 102019,7           | 142,9                       | 3,8                |
| 2005                      | 28,8                                                                  | 1,6                | 932134,6                   | 75361,47           | 149,5                       | 2,9                |
| 2006                      | 17,4                                                                  | 1,5                | -604297                    | 64927,67           | 241,8                       | 3,6                |
| 2007                      | 17,7                                                                  | 1,0                | 746364,6                   | 97450,16           | 163,1                       | 3,8                |
| 2008                      | 13,8                                                                  | 2,3                | 347647,7                   | 330195,4           | 176,5                       | 11,7               |
| 2009                      | 17,1                                                                  | 1,1                | 893045,2                   | 147045,4           | 155,0                       | 4,6                |
| 2010                      | 19,1                                                                  | 1,7                | 1586783                    | 135049,5           | 125,2                       | 4,3                |
| <b>Весь период работы</b> | <b>14,5</b>                                                           | <b>0,3</b>         | <b>777954,6</b>            | <b>52990,21</b>    | <b>164,5</b>                | <b>2,2</b>         |

Доказано: за счет старения футеровки печи и износа ограждающих конструкций ежесуточно расход природного газа на производство стекла увеличивается на 14,5 кг. у.т. Ежегодное снижение ЭЭФ производства листового стекла составляет в максимуме до 10%, однако в результате проводимых ремонтно-наладочных работ динамика ухудшения ЭЭФ тормозится. Фактическое снижение ЭЭФ за 5 летний период составило 18,4% относительно 2005 г., то есть в среднем 4,6% в год. .

*Назаров А.А.*

### РАДИОМОДЕМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева  
(e-mail: antonnazarov63@gmail.com)*

Центральным элементом модема является микросхема CC1010 производства «CHIPCON». Микросхема представляет собой микромощный УКВ трансивер диапазона 300-1000 МГц и 8054-совместимый микроконтроллер, интегрированные в одном кристалле. CC1010 разработана для FSK систем, работающих в диапазоне ISM/SRD (315, 433, 868 и 915 МГц), но легко может быть запрограммирована для работы на другой частоте между 300 и 1000 МГц. Она имеет плотную интеграцию контроллера и приемопередатчика, что делает решения типа «система на кристалле» очень легкими в использовании, и уменьшает время проектирования и внедрения изделия.

Выбор данной микросхемы обусловлен следующими достоинствами и факторами:

- 1) программируемый частотный диапазон;
- 2) высокая чувствительность приемника (-107 дБм (0,9 мкВ), при скорости 1,2 кБ/сек);
- 3) программируемая выходная мощность (от -20 до 10 дБм);
- 4) очень низкая потребляемый ток (9,1 мА в режиме приема);
- 5) малое число внешних элементов, отсутствие внешнего высокочастотного коммутатора и фильтра ПЧ;
- 6) высокая скорость перестройки синтезатора частот, позволяющая использовать технологию «Frequency hopping»;
- 7) FSK модуляция со скоростью передачи информации 76,8 кБ/сек;
- 8) аппаратный кодек Manchester II и NRZ;
- 9) Наличие индикатора уровня принимаемого сигнала.

Достоинствами высокопроизводительного, низкопотребляюще-го, 8051/совместимого микроконтроллера являются:

- 1) оптимизированное 8051-совместимое ядро с повышенной в 2,5 раза по сравнению со стандартным производительностью;
- 2) двойной указатель программного счетчика;

- 3) два режима пониженного энергопотребления;
- 4) встроенный отладочный интерфейс;
- 5) 32 кБ встроенная энергонезависимая электрически перепрограммируемая память программ;
- 6) типичная стойкость памяти программ – 20000 циклов перезаписи;
- 7) программируемая блокировка чтения и записи памяти программ для увеличения сохранности программного обеспечения;
- 8) 2048 + 128 байт внутреннего ОЗУ;
- 9) аппаратный кодер/декодер DES;
- 10) встроенный детектор понижения напряжения питания;
- 11) трехканальный 10-битный АЦП;
- 12) сторожевой таймер;
- 13) часы реального времени;
- 14) четыре таймера/ два ШИМ;
- 15) два программируемых универсальных асинхронных приемопередатчика;
- 16) мастер SPI интерфейса;
- 17) 26 конфигурируемых портов ввода/вывода;
- 18) генератор случайных чисел.

Модем питается от двух щелочных элементов питания типоразмера AAA. Для компенсации неидентичности разрядных характеристик элементов питания применен преобразователь напряжения на коммутируемых конденсаторах, который используется для выравнивания напряжения.

Модем имеет 4 входа для получения информации от дискретных внешних датчиков, 2 входа для получения информации от аналоговых датчиков, а также выходы для управления внешними устройствами, что позволяет использовать его для систем телеуправления. Входы защищены от превышения предельно допустимых значений напряжений с помощью диодов с барьером Шоттки, включенных параллельно входам. Для защиты диодов напряжение на них подается через токоограничительный резистор. Для исключения влияния наводок на неподключенные входы и, соответственно, уменьшения стабильности работы модема в условиях воздействия помех и наводок, входы подтянуты на общую шину. Входы аналоговых величин так же защищены диодами и резисторами, но не подтянуты на общую шину. При неиспользовании этих входов, необходимо соединить их с общей шиной для исключения влияния внешних наводок. Три дополнительных дискретных входа реализованы на печатной плате и зарезервированы. Все элементы радиомодема располагаются на двусторонней печатной плате. Печатная плата размещена в герметичном алюминиевом корпусе.

**Обухова Н.Н.**

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СИСТЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

*Российский государственный социальный университет  
(irisha-bond@rambler.ru)*

На современном этапе развития рыночной экономики России все большее значение приобретает обеспечение устойчивой конкурентоспособности предприятия. Применение логистического подхода при реализации стратегии повышения конкурентоспособности предприятия в настоящее время становится предметом отдельного рассмотрения, как со стороны теоретического подхода, так и с практической стороны [2]. Организации, которые достигают стратегических преимуществ в связи с наличием компетентности в логистике, определяют характер конкурентности в своих отраслях хозяйствования.

Оптимизация логистической системы организации выступает как процедура поиска, оценки, выбора, проектирования и внедрения повышения качества в логистических подсистемах (закупки, транспорт, склад, планирование, распределение, сервис и др.) с учетом выбранного метода согласно логистической стратегии предприятия.

В качестве критерия оптимальности логистических процессов выступает прибыль организации. Она является количественной оценкой деятельности фирмы, однако, на уровень прибыльности оказывают влияние и другие факторы производственного, хозяйственного, финансового функционирования предприятия. Следовательно, выделить вклад логистики в суммарный состав прибыли затруднительно. Поэтому в качестве критерия оптимальности выделим применение показателя минимума приведенных совокупных затрат.



$$C_{\text{п}} + C_{\text{об}} \rightarrow \min,$$

где  $C_{\text{п}}$  – издержки производства;  $C_{\text{об}}$  – издержки обращения.

Различают несколько видов логистической оптимизации [1; 3-6]:

- оптимизация численности логистического персонала;

- процедура поиска лишних, дублирующих, вредных и ненужных функций, перестройка бизнес-процессов с высвобождением и/или перепрофилированием сотрудников на другие должностные обязанности. Часто под оптимизацией численности в России понимают сокращение персонала, что приводит к дальнейшему искажению термина. На самом деле оптимизацией численности нужно заниматься всегда, только в зависимости от стадии жизненного цикла компании в период роста - оптимизация направлена больше на ограничение роста численности, а в период стабилизации и стагнации - на поиск и повышение производительности работы сотрудников;

- оптимизация логистических затрат компании;

- процедура оценки, поиска и выбора вариантов реализации операционных логистических функций.

Таким образом, разработка и внедрение оптимизации логистических процессов представляет собой необходимый процесс в рамках функционирования предприятия с повышением конкурентоспособности его на рынке, а также максимизации получаемой прибыли при оптимизации издержек.

### **Библиографический список**

1. Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В., Шаталов М.А. Формирование системы автоматизации транспортно-логистических операций на промышленном предприятии // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн Материалы III Международной научно-практической конференции. 2016. С. 16-21.
2. Вечирко О.Н., Тарасюк С.С. Значение закупочной логистики в системе обеспечения республики Крым строительными материалами // Устойчивое развитие науки и образования. 2017. № 2. С. 95-100.
3. Евдокимов В.И. Развитие материально-технической базы сельского хозяйства // Устойчивое развитие науки и образования. 2016. № 3. С. 44-51.
4. Кузьменко Н.И. Научные подходы к определению понятия «Логистика» // Территория науки. 2014. Т. 2. С. 84-87.
5. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Особенности моделирования управления цепями поставок в мебельной промышленности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 354-357.
6. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Автотранспорт в системе логистической оптимизации деятельности предприятия // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4-1 (15-1). С. 433-436.

**Овакимян Д. Н.**

### **СИСТЕМА УЧЕТА ДАННЫХ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ**

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева  
(e-mail: kipres@ssau.ru)*

Цель работы: создание блока учета данных вольт-амперной характеристики (ВАХ) солнечных батарей типа TCM-15F для беспилотного летательного аппарата. Блок должен записывать полученные данные на съемную SD-карту. Передача параметрических данных должна осуществляться по Bluetooth в радиусе десяти метров. Конечная система должна быть компактной и полуавтономной.

Были рассмотрены технические характеристики батарей (табл. 1).

Таблица 1 – Технические характеристики солнечных батарей

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| Напряжение холостого хода, В         | 21±5%  |
| Напряжение при работе на нагрузку, В | 17±5%  |
| Ток при работе на нагрузку, А        | 0,9±5% |
| Мощность, Вт                         | 15±5%  |

Было учтено, что на беспилотном летательном аппарате стоят две батареи. Батареи подключаются параллельно, такое подключение позволит иметь на выходе ток 1,8 А при напряжении 21В.

Мощность, получаемая от солнечных батарей, равна 30 Вт. Для замера максимально возможных параметров ВАХ нужно использовать такую полезную нагрузку, которая сможет потребить данную энергию.

Рассмотрим основные способы решения задачи.

Первый способ – зарядка аккумуляторных батарей. Этот способ хорош тем, что аккумуляторные батареи поглощают всю энергию, которую смогут выработать солнечные батареи. Однако при данных параметрах вырабатываемого тока аккумуляторные батареи зарядятся в очень короткое время, что не даст полной картины работы солнечных батарей. Увеличение ёмкости аккумуляторов решит проблему скорости заряда, но стоит учитывать, что при увеличении ёмкости аккумуляторных батарей увеличивается вес системы. Данный фактор ведет к нарушению центровки беспилотника.

Второй способ – использование резистора в качестве нагрузки. Данный способ хорош тем, что постоянный низкоомный резистор поглотит всю энергию, которую выдают солнечные батареи. Минус данного способа заключается в следующем: солнечные панели из-за переменной облачности, могут выдавать различные значения напряжения и силы тока. Резистор, в свою очередь, должен подбираться исходя из параметров источника питания. Неправильный подбор резистора ведет либо к падению напряжения, либо к скачкообразному повышению силы тока, что делает невозможным применение его в данном устройстве.

Третий способ – использование регулируемого переменного резистора в качестве нагрузки. Суть заключается в том, что микроконтроллер с помощью сервопривода регулирует сопротивление переменного резистора. Минусы данного способа:

1. Этот способ требует много времени на подбор необходимого сопротивления. А так как рассеиваемые резистором мощности довольно высоки, это приведет к серьезному нагреву прибора.

2. Если сервопривод выйдет из строя, то сопротивление на переменном резисторе будет невозможно изменить. Это приведет к снятию недостоверных ВАХ солнечных батарей.

Четвертый способ – использование активной нагрузки на биполярном транзисторе. Данный способ является результатом анализа минусов предыдущих способов. В данном способе решения основной схемы служит активная электронная нагрузка на транзисторе. С помощью данного способа мы можем измерить максимальный ток, отдаваемый источником питания при рабочем напряжении, а для выхода на рабочий ход требуется крайне мало времени. Способность активной электронной нагрузки рассеивать электрическую энергию, преобразовывая её в тепловую, зависит от мощности транзистора. В данном решении используется один транзистор TIP36, максимальный рабочий ток которого составляет 25А. Для увеличения мощности можно установить параллельно несколько транзисторов с включенными в эмиттерную цепь проволочными резисторами. Данный способ является наиболее подходящим для решения поставленной задачи.

*Печенкин Д.В.*

#### **ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ КАК МОНОЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

*Астраханский государственный технический университет, Россия, Астрахань,  
(e-mail: pechenkin1@gmail.com).*

Анализ деятельности наиболее опытных операторов рассматриваемого технологического процесса показал, что принятие решений в процессе управления моноэнергетической системой (технологическая установка и обслуживающие ее люди-операторы) происходит в условиях неопределенности [1, 2]. Она проявляется в виде отсутствия полных и точных параметров технологического процесса, включая активность катализатора в реакторах; скопление шлама в сетках гидрозатворов котлов-утилизаторов; активность адсорбента и т.д. Неопределенность сопровождает все этапы технологического процесса управления и определяется следующими факторами: невозможность точно и оперативно измерять качественные показатели сырья, используемого для получения серы; сложность количественного и качественного описания психофизических и сенсомоторных характеристик человека-оператора; наличием проблемы описания других слабоформализуемых факторов, влияющих на технологический процесс [3]. При принятии решений в ходе анализа рисков широко применяется общеизвестный принцип лингвистического описания, в котором оценка осуществляется с помощью терминов «низкий риск», «допустимый риск» и «высокий риск». Однако оператору, принимающему решение, невозмож-

но придать таким терминам точную количественную оценку. Это влияет на качество принимаемых им решений (включая их точность и своевременность). Повышение качества решений может быть достигнуто посредством применения методов и моделей, учитывающих имеющиеся неопределенности [4, 5].

Представим значение комплексного показателя риска в виде среднего взвешенного значения исходя из суммы произведений множества значений рискообразующих составляющих и их удельных весов [6]:

$$R_0 = \sum_{i=1}^N (R_i \times w_i), \text{ где } R_i - \text{значение рискообразующей составляющей; } w_i - \text{ее удельный вес, причем } \sum w_i = 1. \text{ Далее необходимо}$$

ввести так называемое «дерево иерархии» факторов риска  $F$  и сгруппировать их в базовые показатели  $F_i$ , предварительно обозначив искомым комплексный риск-фактор  $F_0$  (рис.1).

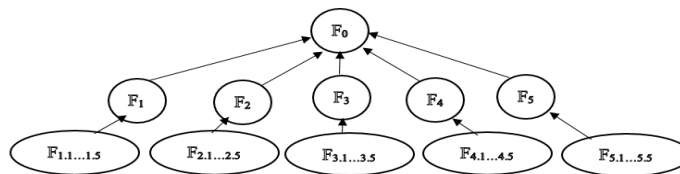


Рис.1. Древовидная иерархия  $F$ .

Впоследствии необходимо наложить на иерархию факторов риска систему весов  $S$ . При наличии возможности выделить более и менее значимые факторы, эксперты производят ранжирование составляющих базовых факторов в порядке убывания значения их влияния, и таким образом «вес»  $i$ -го фактора можно определить по правилу Фишберна [7]:  $w_i = 2(N - i + 1) / (N + 1)N, i = 1 \dots N$ , где  $N$  – количество факторов. Тогда система весов  $S$  примет вид:  $S = \{F_i(\varphi)F_j | \varphi \in (\succ, \approx)\}$ , где  $\succ$  – отношение предпочтения,  $\approx$  – отношение безразличия.

### Библиографический список

1. Щербатов И.А. Классификация неопределенностей в задачах моделирования и управления сложными слабоформализуемыми системами // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. Т. 1. № 1 (69). С. 175-179.
2. Щербатов И.А. Концепция системного анализа сложных слабоформализуемых многокомпонентных систем в условиях неопределенности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 2 (38). С. 28-35.
3. Проталинский О. М., Щербатов И. А. Программный комплекс для обучения операторов технологического процесса получения серы // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. №2. С. 29-34.
4. Проталинский О.М., Мичуров Ю.И., Щербатов И.А. Гибридная модель каталитического реактора процесса Клауса // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. № 2. С. 23.
5. Щербатов И.А., Проталинский И.О. Математическое моделирование сложных многокомпонентных систем // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 1. С. 17-26
6. Недосекин А. О. Нечеткие парные сравнения // Аудит и финансовый анализ. – 2003. – № 5. – С. 53.
7. Fishburn P. Utility Theory for Decision-Making. N.Y., Wiley, 1970, 234 p.

**Пономарев С.В., Буланова В.О., Дивин А.Г., Буланов Е.В.**

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
(kafedra@uks.tstu.ru)

Математическая модель температурного поля  $T(r, \tau)$  в исследуемом материале имеет следующий вид:

$$[T(r, \tau) - T_0] = \begin{cases} -\frac{q_\lambda}{4\pi\lambda} Ei(-U(\tau)) \text{ при } 0 < \tau < \tau_u, \\ -\frac{q_\lambda}{4\pi\lambda} [Ei(-U(\tau)) - Ei(-U(\tau - \tau_u))] \text{ при } \tau \geq \tau_u, \end{cases} \quad (1)$$

где  $Ei(u) = \int_{-\infty}^u \frac{e^t}{t} dt = - \int_{-u}^{\infty} \frac{e^{-t}}{t} dt$  – интегральная показательная функция [1],  $U(\tau) = \frac{r^2}{4a\tau}$ ,  $U(\tau - \tau_u) = \frac{r^2}{4a(\tau - \tau_u)}$ .

безразмерные функции, зависящие от  $r$ ,  $\tau$ ,  $\tau_u$ ,  $a$ , причем,  $U(\tau - \tau_u) = \frac{r^2}{4a(\tau - \tau_u)} = \frac{r^2}{4a\tau \left( \frac{\tau - \tau_u}{\tau} \right)} = U(\tau) \frac{\tau}{\tau - \tau_u}$ .

Методика обработки экспериментальных данных базируется на использовании безразмерного параметра

$$\gamma = \frac{T(r, \tau) - T_0}{T_{max} - T_0}, \quad (2)$$

который представляет собой отношение разности температур  $[T(r, \tau) - T_0]$  (в момент времени  $\tau$ ) к максимальному значению разности температур  $[T(r, \tau_{max}) - T_0] = [T_{max} - T_0]$ , имеющему место в момент времени  $\tau = \tau_{max}$ .

Каждому значению безразмерного параметра  $\gamma$ , соответствует конкретное значение момента времени  $\tau$ . Если известны из эксперимента длительность  $\tau_u$  теплового импульса, значения разности температур  $[T(r, \tau_i) - T_0]$ , и соответствующие им значения моментов времени  $\tau_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , то находим значение безразмерной величины

$$U(\tau') = \frac{r^2}{4a\tau'}, \quad (3)$$

соответствующее заданной величине параметра  $\gamma$ , причем, значение момента времени  $\tau' = \tau'(\gamma)$  является функцией величины параметра  $\gamma$ .

Получено расчетное соотношение для вычисления коэффициента температуропроводности и объемной теплоемкости

$$a = \frac{r^2}{4\tau'U(\tau')}. \quad (4)$$

$$c\rho = \frac{q_{\lambda} \cdot \tau}{\pi r^2 [T(r, \tau) - T_0]} \cdot U(\tau) \cdot \left\{ Ei \left[ -U(\tau) \frac{\tau}{\tau - \tau_u} \right] - Ei[-U(\tau)] \right\}. \quad (5)$$

В результате преобразований, выполненных на основе теории погрешностей [2, 3] были получены зависимости для вычисления среднеквадратичной оценки относительных погрешностей  $(\delta\lambda)_{ck}$  измерения теплопроводности и среднеквадратичной оценки относительных погрешностей  $(\delta c\rho)_{ck}$  измерения объемной теплопроводности, имеющие вид:

$$(\delta a)_{ck} = \sqrt{4(\delta r)^2 + \left[ \frac{\Delta T}{\tau \left\{ \frac{\partial [T(r, \tau) - T_0]}{\partial \tau} \right\}} \right]^2 + \left[ \frac{1}{U(\tau(\gamma))} \cdot \frac{dU(\tau(\gamma))}{d\gamma} \cdot \sqrt{\gamma^2 + 1} \cdot \delta(T_{max} - T_0) \right]^2},$$

$$(\delta c\rho)_{ck} = \sqrt{(\delta q_{\lambda})^2 + \left\{ \frac{\Delta T}{\tau \left( \frac{\partial [T(r, \tau) - T_0]}{\partial \tau} \right)} \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{F(U(\tau(\gamma)))} \cdot \frac{\partial F(U(\tau(\gamma)))}{\partial \gamma} \cdot \delta(T_{max} - T_0) \cdot \sqrt{1 + \gamma^2} \right\}^2 + 4(\delta r)^2 + \left\{ \frac{\Delta T}{[T(r, \tau) - T_0]} \right\}^2}.$$

### Библиографический список

1. Шашков А.Г. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. Г. Шашков, Г. М. Волохов, Т. М. Абраменко// М. : Энергия, 1973. - 336 с.
2. Пономарев С.В. Теоретические и практические основы теплофизических измерений: монография / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, А.Г. Дивин и др.: под ред. С.В. Пономарева. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 408 с.
3. Пономарев, С.В. Применение математических основ метрологии при оптимизации режимных параметров методов и основных конструктивных размеров устройств для измерения теплофизических свойств веществ: монография / С.В. Пономарев, А.Г. Дивин, Д.А. Любимова; под науч. ред. С.В. Пономарева. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с

*Портнов Е.М., Каунг Сан, Чжо Зин Лин, Аунг Чжо Мьо*

### СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ АВАРИЙНЫХ КАНАЛОВ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»  
([evgen\\_uis@mail.ru](mailto:evgen_uis@mail.ru))*

Важным требованием к пропускной способности систем телемеханики является возможность обслуживания пикового аварийного потока заявок, интенсивность которого на несколько порядков выше стационарного потока. Для определения возможности обработки аварийного потока канала телеуправления (ТУ) проведем анализ его пропускной способности. Средняя скорость поступления аварийной информации в обрабатывающий центр (ОЦ) составит

$$V_{ав} = \frac{n_1}{T_p m_0}, \quad (1)$$

где  $n_1=200$  –среднестатистическое количество объектов контроля,  $m_0=600$  – среднестатистическое количество переключений объекта контроля за год. Расчеты показали, что загрузка ОЦ аварийным потоком телеуправления может быть определена по формуле:

$$Q_{ав}=2.25\zeta + 0.07, \quad (2)$$

где  $\zeta \in [0,1]$  –доля данных, которые требуют обработки.

Легко заметить, что при  $\zeta \geq 0.1$  загрузка ОЦ превысит 1, что делает необходимым разработку способа уменьшения интенсивности аварийного потока канала ТУ. Авторами предложен способ снижения интенсивности аварийных потоков канала ТУ, предполагающий:

- 1) введение в состав устройства ввода телесигнализации (ТС) о состоянии объектов контроля буферной памяти для регистрации и хранения аварийных сигналов;
- 2) определение изменений состояния датчиков ТС и контроль числа фиксируемых изменений;
- 3) при обнаружении изменений включение механизма регистрации в буферной памяти: адреса объекта контроля, который изменил свое состояние; временного сдвига между смежными событиями; зафиксированного состояния объектов контроля.

Для исключения потерь существенных событий дискретность фиксации событий не должна превышать 10 мс. Накопленная в буферной памяти устройства информация вводится в ОЦ после завершения аварии.

Оценим загрузку ОЦ при реализации предложенного способа. Предполагая время между авариями несравнимо большим по сравнению с ее длительностью, можно считать аварийный поток пуассоновским. Длительность аварии будет ограничиваться временем срабатывания систем релейной защиты, которое составляет  $t_{ав}=5$  с.

Допустим, что в процессе аварии были задействованы все объекты контроля. Для каждого такого изменения в буферную память вносится: код адреса объекта контроля; код значений временных сдвигов между регистрируемыми событиями разрядностью  $n_{код} = \log \frac{t_{ав}}{t_{дис}}$ , где  $t_{дис}$  - установленное время дискретизации смежных

аварийных событий. Тогда общее число информационных сообщений, которые должны быть введены в ОЦ составит

$$N'_{ав} = E \frac{\log(n_1) + \log \frac{t_{ав}}{t_{дис}}}{m_0} n_1 + 2 \quad (3)$$

где  $E$  - знак округления до ближайшего большего целого. Второе слагаемое - двухбайтная посылка для определения временного сдвига между началом ввода информации в ОЦ и моментом возникновения аварии, по ее данным восстанавливается астрономическое время событий с дискретностью в 10 мс. Посылка позволяет расширить пределы временного сдвига от момента начала аварии до момента ввода аварийной информации в ОЦ до величины  $T_c = 300$  с, что вполне достаточно для полной фиксации всех аварийных событий. При  $m_0 = 8$ , получим  $N'_{ав} = 3 n_1 + 2$ .

Проведем оценку степени загрузки ОЦ обслуживанием аварийных заявок канала телеуправления при условии ограничения времени задержки  $T_{\diamond}$  завершения ввода хранимой в буферной памяти информации в ОЦ относительно завершения регистрации аварийной информации величиной 10с.

В этом случае скорость ввода аварийной информации в ОЦ составит:

$$Z'_{ав} = \frac{N'_{ав}}{T_c} = \frac{3n_1 + 2}{T_c} \quad (4)$$

Сопоставляя формулы (2) и (4) нетрудно увидеть, что благодаря предложенному авторами способу повышения пропускной способности каналов связи, скорость ввода аварийной информации в ОЦ, равно как и загрузка ОЦ снизилась примерно на один порядок.

*Сулеев А.А., Москвитин С.П.*

#### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ИИС КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЛОИСТЫХ ТОКОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

*Тамбовский государственный технический университет  
artem-suleev@yandex.ru*

В связи с резким возрастанием объемов производства во всех отраслях промышленности особо остро встает вопрос выпуска качественной продукции. Решение этого вопроса лежит в непрерывном контроле на всех стадиях подготовки и производства выпускаемой продукции.

В данной работе описывается информационно-измерительная система (ИИС) контроля качества слоистых токопроводящих материалов электронной техники в процессе их подготовки и производства. Особенность системы состоит в том, что в процессе производства на материал дополнительно воздействуют импульсами тока высокой плотности, параметры которого также регулируются в зависимости от типа материала, скорости производства и геометрических параметров. Это дополнительное воздействие позволяет повысить эффективность производства [1].

Информационно-измерительная система включает следующие каналы (рис. 1):

- контроль геометрических параметров заготовок;
- контроль скорости полос на входе и выходе из зоны совместной пластической деформации;
- контроль толщины верхнего слоя готового материала;
- контроль сплошности соединения слоев готового материала;
- контроль теплофизических свойств готового материала;
- контроль и регулирование параметров импульсного тока;
- выявление и маркировка дефектной области.

Работа системы осуществляется по следующему алгоритму. После запуска системы происходит самодиагностика, автоматическая проверка и настройка измерительных каналов. Если в результате первого шага ошибок не обнаружено происходит запросом исходных данных, а именно: материалы лакирующего слоя и основания и коэффициент обжаривания  $\varepsilon$ . По этим данным микроконтроллер определяет оптимальные параметры импульсного тока, а также выбирает стандартные значения для дальнейшего расчета (проводимость материала, удельное сопротивление, плотность и т.д.) и определения прочности соединения слоев.

Далее измеряются скорости движения полосы  $v_1$  до и  $v_2$  после пластической деформации соответствующими датчиками. Одновременно определяются геометрические параметры исходных компонент  $h_{исх1}$  и  $h_{исх2}$  с помощью лазерных датчиков. Цифровые сигналы с этих датчиков передают в микроконтроллер в реальном времени значения толщины и ширины каждой из полос. Далее определяется температура  $T_1$  готового материала после пластической деформации, а также толщина и ширина готового материала датчиками.

Затем определяется толщина верхнего слоя полученной полосы –  $h_1$ . Толщина основания вычисляется из измеренных значений общей толщины готового материала и толщины верхнего слоя. По значениям толщин вычисляется коэффициент обжатия и сравнивается с исходным  $\varepsilon$ . При отклонении этих значений от допустимых выдается соответствующая ошибка, а дефектная область маркируется с помощью специального устройства с учетом движения полосы.

Далее определяется средняя теплоемкость готового материала для этого на биметалл воздействуют точечным источником тепловой энергии  $Q$  и одновременно измеряются избыточные температуры  $T_2$  и  $T_3$  [2].

Исходя из полученных значений с датчиков и параметров действующего импульсного тока вычисляется температура контакта слоев  $T$  в зоне пластической деформации,

$$T = \frac{U \cdot I \cdot t_{им}}{c_{ср} \cdot b_k \cdot \rho_{ср}},$$

по которой в свою очередь вычисляется толщина проникновения  $d$  одного слоя в другой, которая и определяет прочность сцепления слоев

$$d = \sqrt{4 \cdot D_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \cdot t_{им} \cdot \ln \frac{p}{\sqrt{4 \cdot \pi \cdot D_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \cdot t}}},$$

где  $E_a$  - энергия активации атомов;  $R$  – газовая постоянная;  $t$  – время взаимодействия;  $T$  – абсолютная температура;  $D_0$  - предэкспоненциальный множитель;  $p$  – плотность вероятности нахождения атомов на расстоянии  $d$  в течение времени  $t$ ;  $t_{им}$  - время действия импульса тока;  $U, I$  – напряжение и ток действующие в зоне деформации;  $b_k$  – толщина готового материала;  $\rho_{ср}$  – средняя плотность готового материала;  $c_{ср}$  – средняя теплоемкость.

Если значение прочности соединения слоев биметалла отклоняется от требуемого, то также выводится сообщение об обнаружении дефекта и данная область маркируется с помощью устройства МУ. Далее цикл повторяется непрерывно до окончания производства.

### Библиографический список

1. Пат. 2356711 Российская Федерация, В 23 К 20/4, В 32 В37/10, 21 В 38/00. Способ изготовления биметалла / С.П. Москвитин, А.П. Пудовкин, Е.Е. Чванов; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2007122210/02 ; заявл. 13.06.07 ; опубл. 27.05.09, Бюл. № 15. – 11 с.
2. Москвитин, С.П. Способ контроля прочности сцепления слоев биметалла в процессе его прокатки [Текст] / С.П. Москвитин, А.П. Пудовкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2007. Т.13 № 3. С. 789 – 794.
3. Кузиев, Д.Р. Исследование влияния скорости движения объекта при контроле вихретоковыми преобразователями [Текст] / Д.Р. Кузиев, А.П. Пудовкин; отв. ред. Т.И. Чернышова // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: вторая международная конференция с элементами научной школы. / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов: Першин Р.В., 2015. – с.338-340.
4. Ушаков А.В. , Баршутина М.Н., Баршутин С.Н. Исследование эффективности резонансно-туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2015. Т. 21. № 3. С. 526-531.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ

Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: siemionov1995@mail.ru, korobov1991@mail.ru, glinkinei@rambler.ru)

Современным системам контроля необходимы наиболее эффективные критерии для оценки сигнала, которые позволяют при минимальных материально-технических затратах получить наиболее точный результат.

Цель: повысить эффективность оценки сигнала в системах управления.

Самый простым критерием оценки сигнала в системах управления является стандартный критерий, который представляет собой разность между значением на входе и значением на выходе. Помимо него существуют нормированный стандартный критерий и мультипликативно-симметричный [1].

Для численной проверки эффективности критериев оценки используем модель системы управления [2]. В результате подачи линейно изменяющегося сигнала на вход модели, получены графики амплитуды сигнала (рис.1), нелинейности и погрешности (рис.2). На рис.1: 1 – линейно изменяющийся сигнал, 2 – стандартный критерий, 3 – нормированный критерий, 4 – мультипликативно-симметричный критерий:

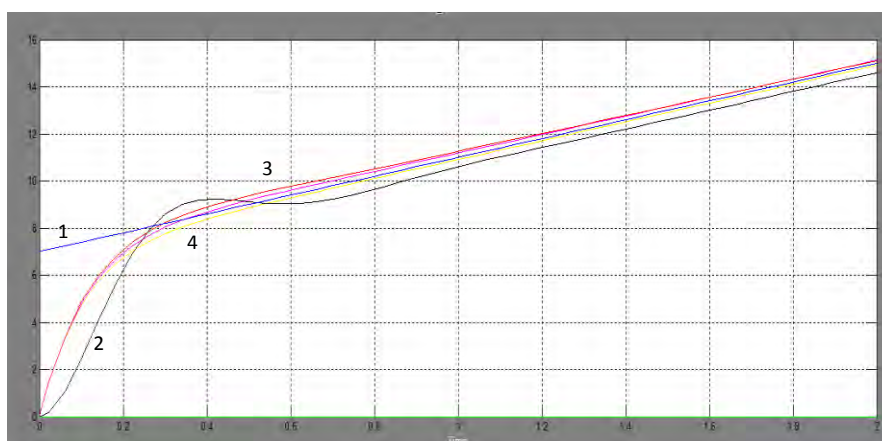


Рис. 1 График амплитуды сигнала

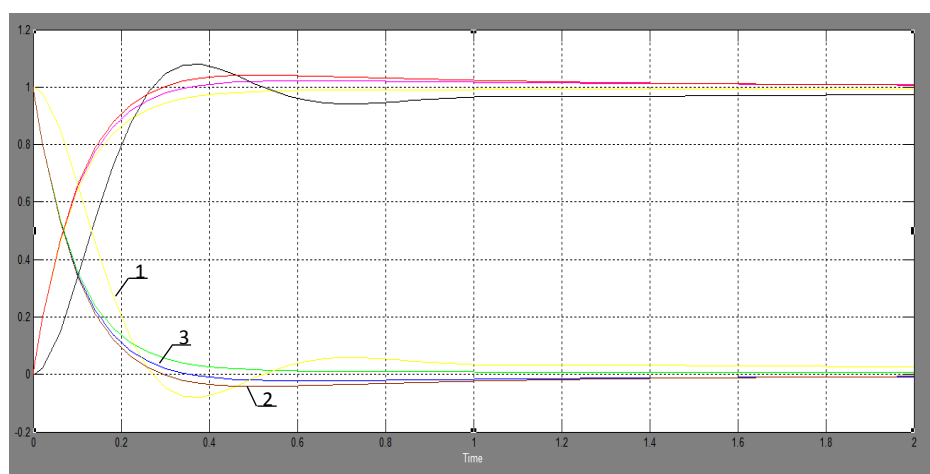


Рис. 2 График эффективности:

1 – стандартный критерий, 2 – нормированный критерий,  
3 – мультипликативно-симметричный критерий

В ходе анализа графиков обнаружено, что оценка сигнала мультипликативно-симметричным критерием повышает быстродействие системы на 42 % по сравнению с классическим способом и на 30% по сравнению с нормированным стандартным критерием. Данные об эффективности в установившемся режиме представлены в таблице 1.



Таблица 1

|              | Стандартный критерий | Нормированный стандартный | Мультипликативно-симметричный |
|--------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Нелинейность | 0.95                 | 1.04                      | 0.98                          |
| Погрешность  | 0.05                 | 0.04                      | 0.02                          |

В результате наглядно видно, что наиболее эффективным является мультипликативно-симметричный критерий оценивания. Благодаря нему достигается наивысшая точность, скорость и минимальная погрешность.

### **Библиографический список**

1. Патент № 2571570 РФ, МПК G05B 17/00. Способ и система автоматического управления / А.А. Коробов, Е.И. Глинкин. – М.: ФИПС, опублик. 20.12.2016.
2. Глинкин, Е.И. Схемотехника микропроцессорных средств/ Е.И. Глинкин, М.Е. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2013. – 148 с. [электронный ресурс. Свидетельство №34326 регистрации электронного издания – 0321305028 – М.: Информрегистрция 28.05.2014].

*Скобло Т.С., Романюк С.П., Мальцев Т.В.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИКО - МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ДЕТАЛЕЙ**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко  
(stamarasemenovna@mail.ru, svetlana\_sis\_pro@list.ru, taras\_malcev@mail.ru)*

В связи с повышенными требованиями, предъявляемыми к технологическим системам и, в частности, к отдельным ее деталям, актуальным является повышения их надежности за счет своевременного контроля качества. Эксплуатационная стойкость и долговечность деталей в значительной мере зависит от стабильности структурных составляющих металла, а также степени их неоднородности.

В качестве средства контроля состояния деталей использовали разработанную ранее методику оптико-математического анализа. С помощью электронной и оптической микроскопии получали изображения структуры металла, которые анализировали разработанным методом. Проведена оценка фазового состава исходного металла изделий (нового), а также после нанесения упрочняющих нанопокровов и эксплуатации. Оценена степень неоднородности на всех этапах жизненного цикла инструмента. Данный метод позволил выявить наличие дефектов кристаллического строения металла и определить степень неоднородности по концентрации компонентов внутри каждой фазы. Выявлены зоны с максимальной степенью неоднородности, которые влияют на надежность и срок службы инструмента в результате создания локальных напряженных участков.

Для увеличения срока службы проведено упрочнение нанесением нанопокровов на установке «Булат-6», разработанной в ННЦ ХФТИ ионно-плазменным методом с использованием ВЧ – разряда в стационарном внешнем магнитном поле (WC) и вакуумно-дуговым в присутствии ВЧ (CrN). Оптико-математический анализ изображений упрочненных поверхностей позволил установить, что в покрове основными фазами являются карбиды и нитриды различных типов:  $W_2C$ , WC и  $Cr_2N$ , CrN. Возможно формирование и других нестабильных фаз промежуточных по содержанию углерода и вольфрама  $WC_{1-x}$ , а также хрома с азотом  $Cr_2N_x$ . В результате анализа изображений структуры металла упрочненного инструмента получены следующие данные. Максимальная неоднородность наблюдается в фазах из чистых компонентов. Она на 16% выше по сравнению со средней степенью неоднородности по всему анализируемому изображению. Установлено, что в основных фазах неоднородность выше, чем в нестабильных промежуточных составляющих и достигает 45%. Если же сравнивать данный показатель до нанесения упрочняющих покровов и после, то можно сделать вывод, что он понижается на 20%. Это свидетельствует о том, что нанесение нанопокровов способствует получению более однородной структуры. Картина изображения степени неоднородности структуры металла инструмента до упрочнения и после нанесения покровов представлена на рис.1. Неоднородности обозначены непрерывным цветом от черного до красного. Самый черный цвет – минимальная степень неоднородности. Самый красный – максимальная.

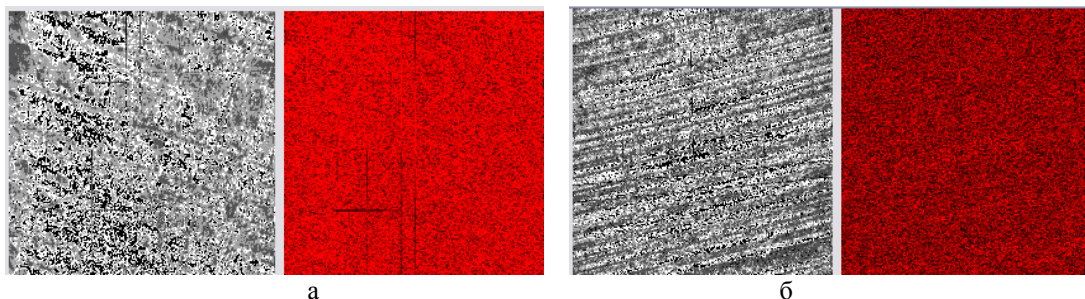


Рис.1. Изображение изменения степени неоднородности структуры металла инструмента до упрочнения (а) и после нанесения покрытия (б)

Исследования микроструктур упрочненного инструмента с использованием оптико-математического анализа показали, что большая степень неоднородности по всему изображению наблюдается у покрытий CrN, нанесенных вакуумно-дуговым методом в присутствии ВЧ разряда по сравнению с ионно-плазменным методом с использованием ВЧ в стационарном внешнем магнитном поле (WC).

Эксплуатационная стойкость таких ножей с упрочняющими покрытиями возрастает в 25 раз (CrN) и 45 (WC). При этом, структура покрытия изменяется. Уменьшается доля карбидных и нитридных фаз.

*Сулеев А.А., Москвитин С.П.*

#### **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ПРЕРЫВНЫМ КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА**

*Тамбовский государственный технический университет  
Artem-suleev@yandex.ru*

В современной технике все большее применение находят слоистые композиционные материалы, в том числе биметаллические изделия, т.к. именно композиционные материалы позволяют получать изделия с высокой повышенной коррозионной стойкостью, электропроводимостью, износостойкостью и т.д.

В данной работе предлагаются пути модернизации существующих методов производства слоистых металлических материалов, позволяющих снизить энергозатраты за счет исключения операций промежуточного отжига, сократить сроки производства и повысить качество готового материала за счет введения информационно-измерительной системы контроля характеристик качества.

Решение поставленной задачи лежит в модернизации традиционных способов холодной совместной прокатки биметаллических материалов с одновременным воздействием на него импульсным током высокой плотности и последующим контролем характеристик качества готового биметалла. Контроль качества ведется непосредственно в процессе производства неразрушающими методами.

Особенность предлагаемого метода состоит в том, что традиционная совместная прокатка листового материала осуществляется под действием импульсного тока высокой плотности, что приводит к проявлению так называемого электропластического эффекта. В нашей работе предлагается использование данного эффекта для прокатки биметалла, что позволит повысить прочность соединения слоев за счет временным разупрочнением материалов и повышения их пластичности под действием эффекта.

Рассмотрим процессы теплообразования в результате воздействия импульсов тока при прокатке двух разнородных материалов.

Известно, что под воздействием тока изменяется температура вещества, при этом его энергия увеличивается в соответствии со следующим законом

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = P_{\text{им}} \cdot t_{\text{им}} = U \cdot I \cdot t_{\text{им}} = U \cdot I \cdot S \cdot t_{\text{им}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{им}}$  - мощность импульса;  $U$  – напряжение импульсного тока;  $I$  – ток;  $J$  – плотность тока;  $S$  – площадь через которую протекает ток;  $t$  – время импульса.

Из данного выражения определим изменение температуры от параметров действующего тока

$$\Delta T = \frac{U \cdot I \cdot t_{\text{ум}}}{c_{\text{сп}} \cdot d_c \cdot S \cdot g_{\text{сп}}} \quad (2)$$

Далее проведем оценку толщины диффузионного слоя для одномерного случая по следующей формуле

$$x = \sqrt{-4 \cdot D_0 \cdot e^{-\frac{E_0}{R \cdot T}} \cdot t_{\text{ум}} \cdot \ln \frac{c}{1}}, \quad (6)$$

$$\sqrt{4 \cdot \pi \cdot D_0 \cdot e^{-\frac{E_0}{R \cdot T}} \cdot t}$$

где  $D$  – коэффициент диффузии;  $E_a$  – энергия активации;  $R$  – газовая постоянная;  $t$  – время взаимодействия;  $T$  – абсолютная температура;  $D_0$  – предэкспоненциальный множитель;  $x$  – глубина проникновения диффундирующей материи;  $c$  – плотность вероятности нахождения атомов на расстоянии  $x$  в течение времени  $t$ .

Расчеты показали, что температура в зоне контакта слоев под действием импульсного тока достигает значений порядка 1400°K, это приводит к образованию твердого раствора двух материалов, при этом толщина слоя проникновения одного материала в другой составляет примерно  $d_{\text{сл}} = 2,5 \cdot 10^{-5}$  м по всей площади, находящейся в зоне пластической деформации. Это позволяет сделать вывод, что данная технология производства обеспечивает надежное соединения слоев с гарантированной диффузией одного слоя в другой, что в свою очередь способствует снижению давления на валки и исключению последующей энергозатратной операции отжига для нормализации структуры.

### Библиографический список

1. Москвитин С.П. Разработка комплексного метода контроля характеристик качества биметалла в процессе производства: Дис. к-та. тех. наук. – Тамбов, 2009.
2. Пат. 2356711 Российская Федерация, В 23 К 20/4, В 32 В37/10, 21 В 38/00. Способ изготовления биметалла / С.П. Москвитин, А.П. Пудовкин, Е.Е. Чванов; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2007122210/02; заявл. 13.06.07; опубл. 27.05.09, Бюл. № 15. – 11 с.
3. Ушаков А.В., Баршутин М.Н., Баршутин С.Н. Исследование эффективности резонансно-туннельного метода для контроля концентрации фуллеренов в кремнийорганических композитах // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2015. Т. 21. № 3. С. 526-531.

**Тихомиров И.Н., Белокуров А.Е.**

### МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКАХ ПИТАНИЯ

*Национальный исследовательский университет  
“Московский институт электронной техники”  
(bujhmtver@gmail.com, ark\_15@mail.ru)*

В современном мире на смену линейным источникам электропитания давно пришли импульсные блоки (рис.1). Они дешевле, имеют меньший вес, у них высокий КПД (до 98 %) и они достаточно надёжны (за счет наличия встроенных цепей защиты от различных непредвиденных ситуаций, например от перегрузки, короткого замыкания, скачков напряжения). Но у импульсных источников питания есть серьёзный недостаток – интенсивные помехи, спектр которых может варьироваться от 16...20 кГц до десятков мегагерц [1].

Причиной этих помех является, например, напряжение на коллекторах (стоках) силовых ключей, приближенное по форме к прямоугольному, размахом в диапазоне от 500 до 700 В. Кроме того, в ИБП существуют замкнутые контуры, по которым циркулируют импульсные токи с крутыми фронтами и спадами (0,1 ... 1 мкс) и амплитудой 5 А и более [2].

Существуют два вида основных помех. Этими помехами являются входная симметричная (синфазная) и входная несимметричная (дифференциальная). Симметричная помеха – это напряжение между проводами питания, оно измеряется между двумя полюсами шин питания. Несимметричная помеха – это напряжение между каждым проводом и корпусом блока питания (рис.2).

Методы подавления помех могут быть различными, в данной работе рассмотрены наиболее эффективные из них. Так для подавления несимметричной помехи используется шунтирующее действие конденсатора, который подключается параллельно нагрузке.

Симметричная же помеха подавляется благодаря использованию катушки индуктивности с двумя обмотками, которые имеют одинаковое количество витков.

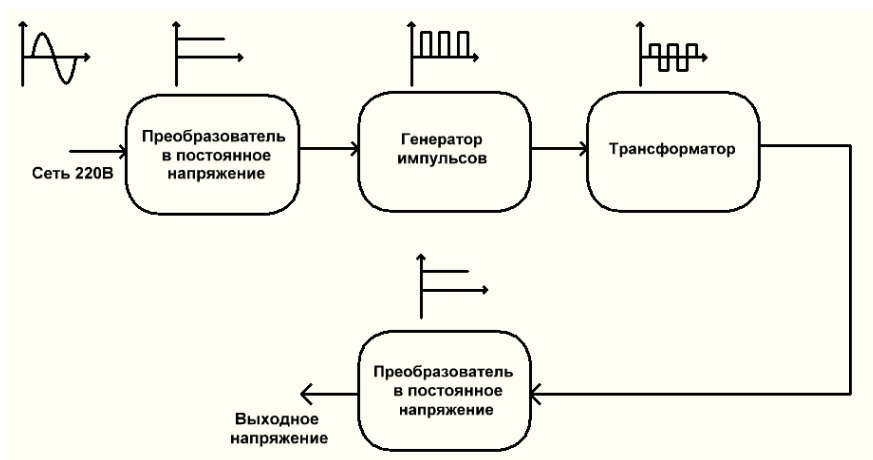


Рис.1 Принцип работы импульсного источника питания.

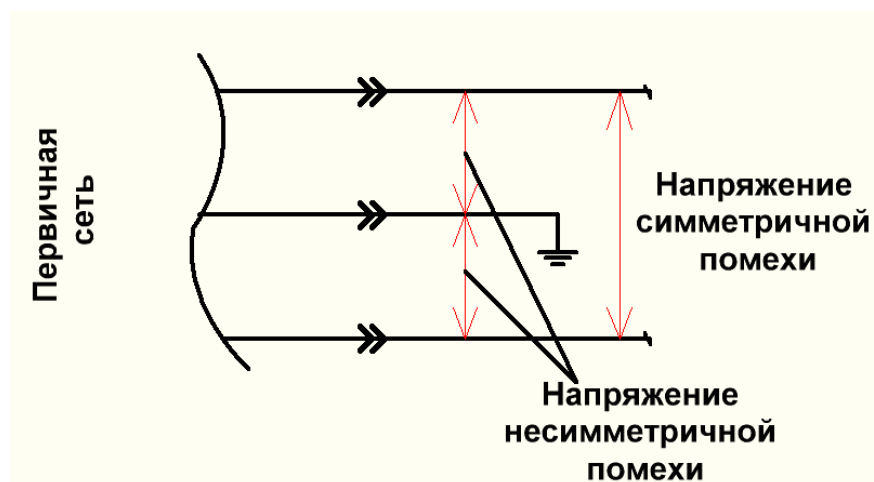


Рис.2 Основные виды помех в импульсных блоках питания.

#### *Библиографический список*

1. Маниктала С. Импульсные источники питания от А до Z: Пер. с англ – К.: "МК-Пресс", СПб.: "КОРОНА-ВЕК", 2014. – 256с.,ил.
2. <http://www.времонт.su/radiotekhnika> Актуально на 12.04.2017

# СВЧ УСТРОЙСТВО ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННЫХ ЖИДКИХ СРЕД

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
(fpa1@yandex.ru)

От качества авиационных жидкостей зависит надежность работы не только гидросистемы воздушного судна, но и всего авиационного комплекса. Основными параметрами, характеризующими авиационные технологические жидкости, являются диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_{ж}$  и удельная проводимость  $\gamma_{ж}$ . Поэтому разработка устройств экспресс-контроля эксплуатационных параметров авиационных жидких сред, позволяющих повысить точность, надежность и оперативность контроля, является важной и актуальной задачей.

На рисунке 1 показано разработанное устройство волноводно - сильфонного преобразователя диэлектрической проницаемости в давление. Устройство состоит из сильфона 3, длина которого  $l$  линейно зависит от давления в нём.

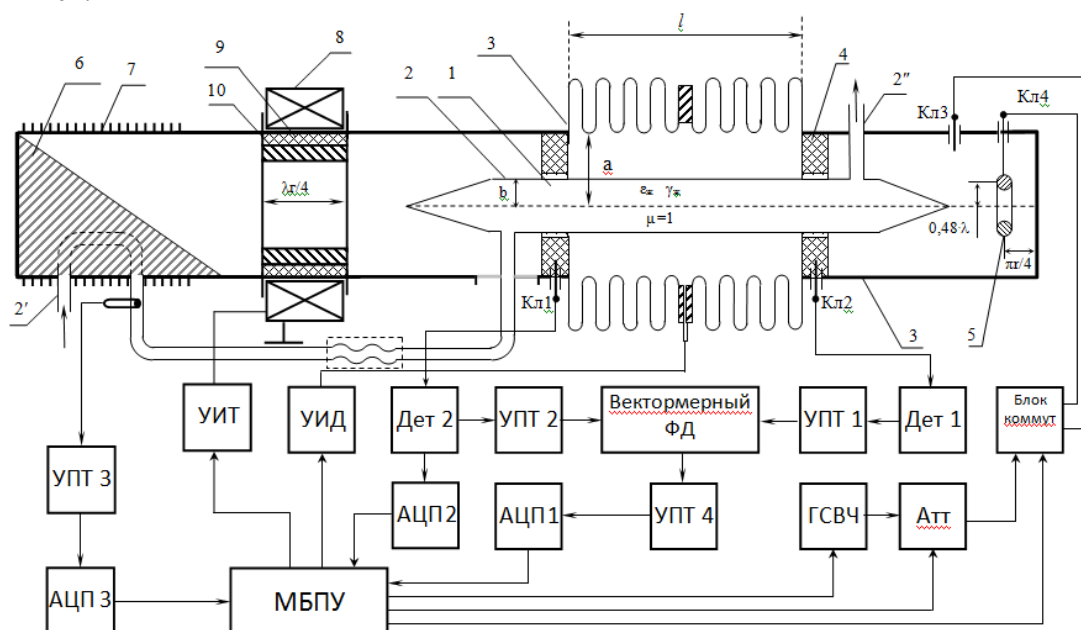


Рис 1. Волноводно - сильфонного преобразователя диэлектрической проницаемости в давление

Сильфон является вставкой регулярного круглого волновода 3', в котором петлёй 5 возбуждается волна типа  $H_{01}$  от ГСВЧ (клемма 4) с длиной волны  $\lambda_r$ . Трубопровод 2, закреплённый вдоль оси волновода радиопрозрачными вставками 4, содержит анализируемую среду 1 с параметрами  $\epsilon_{ж}$ ,  $\gamma_{ж}$ , поступающую в зону взаимодействия через патрубки 2' и 2''. Трубопровод выполнен из радиопрозрачного материала толщиной  $\Delta \ll \lambda$ . Измерительная кювета 2 имеет в торцевых частях заостренную (60-65 градусов) форму для уменьшения коэффициента отражения электромагнитной волны. Клеммы Кл1 и Кл2 – выводы приемных штыревых вибраторов, предназначенных для сравнения фаз двух колебаний до и после сильфона, подключены через детекторы Дет1 и Дет2 и усилители постоянного тока УПТ2 и УПТ3 к дифференциальному векторному фазометру, вырабатывающему управляющий сигнал при отклонении разности фаз волны до и после сильфона от заданной величины  $\Delta\phi$  ( $\pi$  или  $2\pi$ ). Сигнал поступает через УПТ4 и АЦП2 на микропроцессорный блок управления МБПУ, где формируется сигнал управления на управляемый источник давления УИД, вырабатывающий пневмосигнал для изменения давления в сильфоне, т.е. изменения его длины. Набег фазы зависит от переменной  $l = f(P)$  и средней по объёму (зоне взаимодействия) диэлектрической проницаемости  $\epsilon_{ср}$ .

Для обеспечения режима БВ устройство содержит графитовый поглотительный конус 6 с каналом, управляемый четвертьволновой трансформатор, в который входит согласующий трансформатора 8, ферритовое

кольцо 10, между которым и стенкой волновода 3 находится металлическое кольцо 9, изменяющее волновое сопротивление волновода [1].

С целью термостабилизации режима работы измерительное устройство содержит блок термостабилизации. Он включает в себя трубопровод 2', проходящий через согласующий конус, являющийся зоной теплообмена, степень нагрева которого зависит от мощности, отдаваемой в измерительное устройство генератором СВЧ, и при условии непрерывного согласования практически полностью рассеивается в графитовом конусе. Температура анализируемой среды измеряется термодатчиком, сигнал с которого через УПТЗ и АЦПЗ поступает на МПБУ, с которого управляющий сигнал поступает на управляемый аттенуатор Атт, изменяющий мощность ГСВЧ.

### **Библиографический список**

1. Федюнин П.А., Дмитриев Д.А. Волноводные методы неразрушающего контроля параметров и свойств материалов в прикладной электродинамике: Монография/ Под ред. П.А. Федюнина. – Тамбов: ТВВАИ-УРЭ, 2006, 410 с.

**Шелохвостов В.П.**

### **МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ НАНОКОМПОНЕНТОВ В НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Shelokhvostovvp@yandex.ru)*

На основе разработки и исследования единичной ячейки памяти тест-объекта, создания техники записи в ней аналогового информационного сигнала, его хранения и коммутации предложена микропроцессорная система, функциональная схема которой приведена на рис. 1.

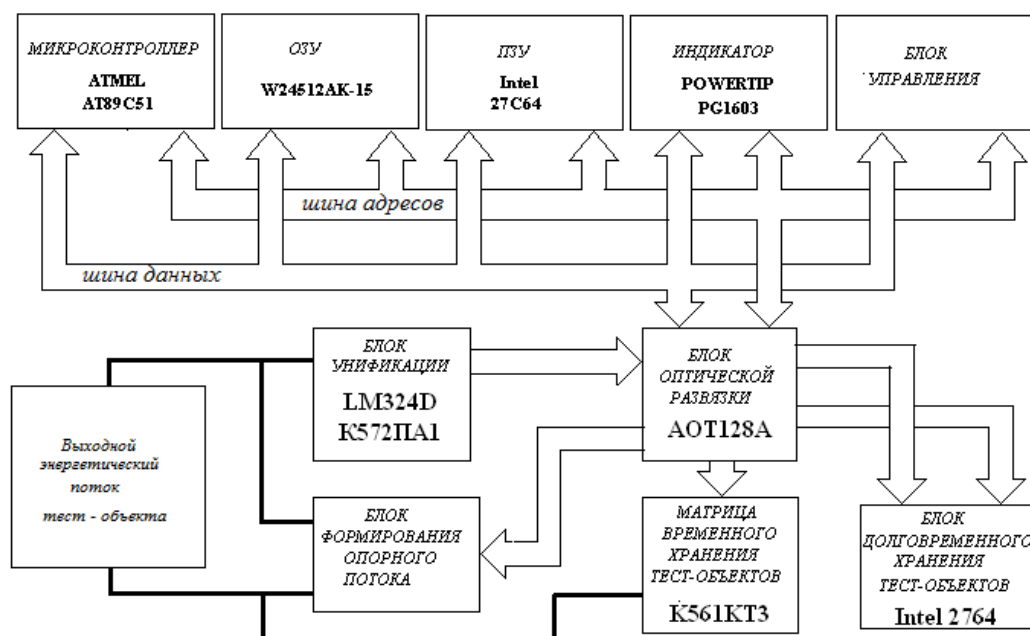


Рис.1 Функциональная схема микропроцессорной системы с использованной базой данных в виде тест-объектов идентифицируемых НК.

Основным блоком системы контроля является 8-ми разрядный микроконтроллер ATML AT896C51 объемом 32 Кбайт, который управляет функционированием всей системы в соответствии с алгоритмом. Постоянное запоминающее устройство Intel 27C64 предназначено для хранения программного обеспечения системы, включая и программу управления.

Программное обеспечение (ПО) контроллера написано на языке ассемблера по модульному принципу и поэтому может быть легко модифицировано под конкретную задачу пользователя. Программное обеспечение включает: системное ПО, прикладное ПО, тестовое ПО..

Системное ПО выполняет функцию арбитра между остальными группами программ и предоставляет им ресурсы системы по их запасам.

Прикладное ПО выполняет конкретную задачу пользователя и может применять для своих нужд любые подпрограммы, имеющиеся в наличии. Оно осуществляет управление системой по заданному алгоритму, формирует необходимые временные задержки, обрабатывает результаты измерений и ведет диалог с пользователем, т.е. прикладное ПО является основным для данной системы.

Тестовое ПО предназначено для автоматической проверки работоспособности системы при включении и содержит в себе тест ОЗУ, тест ПЗУ (проверка контрольной системы), тест интерфейсных устройств и тест процессора.

Для динамической индикации результатов взаимодействия энергетических потоков тест-объектов с внешними устройствами в системе экспресс-контроля используется 3-х строчный графический жидкокристаллический индикатор POWERTIRR PG1603. Блок управления представляет собой емкостную клавиатурную матрицу 4x4.

Блок долговременного хранения тест-объектов реализован на микросхеме Intel 2764, созданной по технологии лавинной инжекции заряда (ПЛИЗМОП). Для временного хранения энергетических (электронных) тест-объектов, их накопления, объединения, уничтожения и т.д. в системе используется матрица тест-объектов, основными элементами которой является CMOS – ключи K561 КТЗ.

Блок формирования опорного потока (тока) предназначен для создания высокостабильного постоянного тока в диапазоне до 100 мкА во внешней цепи, в которой происходит взаимодействие с выбранным тест-объектом. Блок унификации информативных сигналов, состоящий из операционного усилителя LM324D и аналого-цифрового преобразователя серии K572 ПА1, преобразует значения тока в цепи внешнего объекта исследования.

Для гальванической развязки основных блоков системы (микроконтроллер, ОЗУ, ПЗУ, блок управления) с цепью объекта исследования и блоками долговременного и оперативного хранения тест-объектов в системе используется оптическая развязка, реализованная на оптопарах АОТ128А.

**Ярмизина А.Ю.**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОКРЫТИЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*

В методе неразрушающего теплового контроля теплопроводности защитных покрытий использован круглый плоский источник тепла, расположенный на поверхности двухслойного полимерно-металлического изделия. Учтено, что можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя и термоприёмника [1, 2].

$$\text{Получено расчетное выражение : } \lambda_1 = \frac{h_1 \cdot b_0}{q}.$$

Здесь:

Тепловое воздействие на исследуемое тело с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде диска радиусом  $R$ , встроенного в подложку зонда (ИЗ). Температура в точке контроля измеряется с помощью термопреобразователя (ТП). Измерительная система (ИС), реализующая метод, детально представлена в работе [1].

Определяли теплопроводность покрытия из акрилатного материала на стальной пластине. На рис. *a* представлена термограмма, зарегистрированная ТП при проведении эксперимента на изделии с толщиной покрытия  $h_{1н} = 0,49$  мм. Здесь  $T$  – избыточная температура в точке контроля.

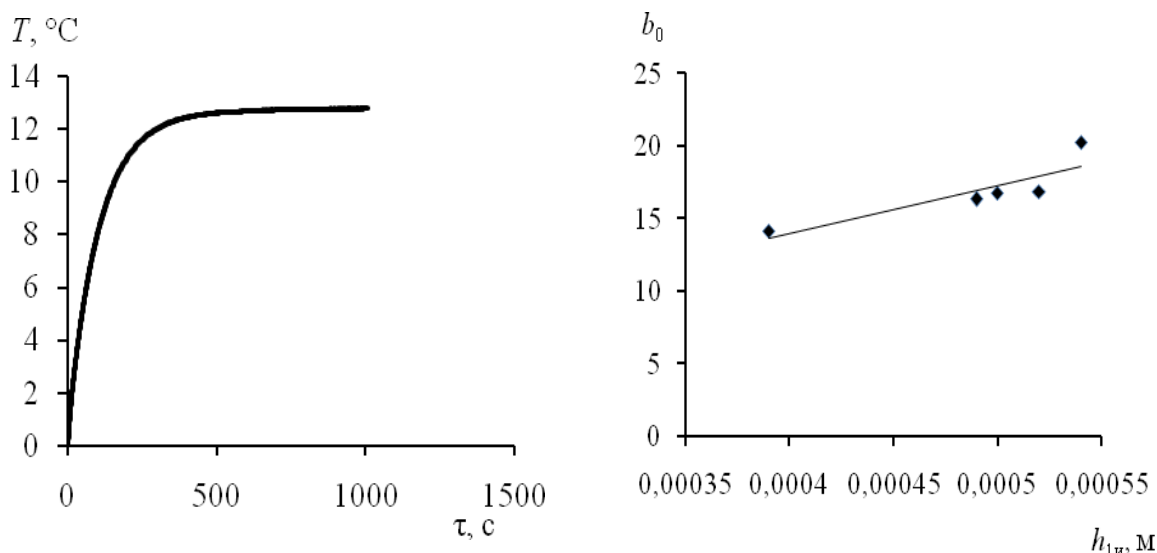


Рис. 1 Термограмма (а), график зависимости  $b_0 = f(h_{1н})$  (б).

Испытаниям подвергали изделия с толщинами покрытий:  $h_{1н} = 0,39; 0,49; 0,5; 0,52$  и  $0,54$  мм. Теплопроводность материала покрытия –  $0,1$  Вт/(м·К); временной шаг измерения температуры –  $0,25$  с; радиус нагревателя –  $8$  мм; мощность теплового воздействия на нагревателе –  $3185$  Вт/м<sup>2</sup>. Здесь:  $h_{1н}$  – толщина покрытия, измеренная с помощью электронного штангенциркуля. Построена зависимость  $b_0 = f(h_{1н})$  (рис. б) на основании полученных термограмм и зависимостей  $b_0 = f(\sqrt{\tau})$ . По линии тренда найдено значение  $b_0$  и рассчитано значение  $\lambda_1$  (табл.).

Аналогично определены значения  $\lambda_1$  покрытия в опытах 2 – 5. Относительные погрешности определения теплопроводности:  $7,3 - 9,18\%$ . Эксперимент подтвердил работоспособность метода [3, 4].

Таблица 1 – Результаты экспериментов на стальном изделии с покрытием.

| № опыта | $h_{1н}, \text{мм}$ | $\lambda_{1н}, \text{Вт/(м·К)}$ | $b_0$    | $\lambda_1, \text{Вт/(м·К)}$ | $\delta = \left  \frac{\lambda_{1н} - \lambda_1}{\lambda_{1н}} \right , \%$ |
|---------|---------------------|---------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,39                | 0,1                             | 13,67742 | 0,09081757                   | 9,18                                                                        |
| 2       | 0,49                | 0,1                             | 16,93322 | 0,09216499                   | 7,83                                                                        |
| 3       | 0,50                | 0,1                             | 17,25880 | 0,09227177                   | 7,72                                                                        |
| 4       | 0,52                | 0,1                             | 17,90996 | 0,09247369                   | 7,52                                                                        |
| 5       | 0,54                | 0,1                             | 18,56112 | 0,09266143                   | 7,33                                                                        |

#### Библиографический список

1. Жуков, Н.П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента – 2005. – №4. – С.164 – 166.
2. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И.В. Рогов, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – №9 (23). – С. 93 – 99.
3. Анализ погрешностей многомодельного метода измерения теплофизических характеристик композитов. Часть 1: Оценка случайных погрешностей / Ю.Л. Муромцев, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2000. – Т.6, № 3. – С. 416 – 424.
4. Определение условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле / Н.Ф. Майникова, Н.П. Жуков, А.А. Балашов и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2006. – Т.12, № 3-1. – С. 610 – 616.



**СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ПОЛИМЕРНО - МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Эффективность работы энергетических объектов и предприятий жилищно-коммунального хозяйства характеризуется показателями качества, надежности и безопасности используемых многослойных изделий, достижение которых невозможно без современных методов и средств контроля, позволяющих определять теплофизические свойства материалов, а также конструктивные размеры и дефекты изделий.

Приборы, позволяющие выполнять тепловой анализ многослойных объектов (теплофизических свойств, толщины и др.), в основном используют разрушающие методы контроля и имеют высокую стоимость. Данная работа посвящена исследованию работоспособности метода и измерительной системы для неразрушающего определения толщины защитных покрытий на металлических основаниях.

Представлена численная реализация метода на трех вариантах полимерно-металлических изделий и экспериментальная проверка работоспособности метода и мобильной системы неразрушающего контроля (НК) толщины полимерного покрытия на стальной пластине. Для достижения указанной цели решены следующие задачи: выбрана измерительная схема метода с плоским источником тепла постоянной мощности; численно и экспериментально исследована упрощенная математическая модель, позволяющая определять толщину слоя полимерного покрытия по температурным откликам на тепловое воздействие от источника тепла.

Применен следующий подход к получению аналитического решения для НК. Использован круглый плоский источник тепла, расположенный на поверхности полуограниченного в тепловом отношении объекта. Учтено, что регулярные тепловые режимы первого и второго рода имеют общее свойство, характеризующееся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке тела к потоку тепла на его поверхности. Данное свойство доказано Лыковым А.В. [1]. Математическая модель, описывающая термограмму, в данном случае чаще всего является линейной по параметрам или легко линеаризуется. Однако основная часть этих методов базируется на моделях для тех конечных размеров. Применительно же к методам НК следует говорить не о регулярном тепловом режиме для всего тела (так как оно принимается неограниченным), а о регуляризации теплового процесса только для определенной (локальной) области тела. В нашем случае можно проводить термический анализ, основываясь только на участке термограммы, соответствующем регуляризации теплового режима в области нагревателя и термоприемника [2].

Получена и исследована упрощенная математическая модель, описывающая термограмму. Выполнены численная и практическая реализации НК толщины покрытий металлических изделий.

Результаты численного исследования позволяют сделать вывод об одномерном распространении тепла по толщине покрытия и реализации режима регуляризации теплопереноса для локальной области изделия. Реализация и результаты экспериментов подтверждают работоспособность метода и ИС низкотеплопроводных покрытий на изделиях из металлов. Определение условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле, а также анализ погрешностей метода выполнен по аналогии с работой [3].

Реализацию неразрушающего контроля качества полимерных покрытий на стальных основаниях, согласно представленному и исследованному в данной работе методу, возможно осуществлять с помощью ИС, детальное описание которой представлено в работе [2].

***Библиографический список***

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. – 559 с.
2. Жуков, Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.
3. Оценка систематических погрешностей многомодельного метода неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Инженерно-физический журнал, 2014, Т.87, №4, – С. 880 – 887.

# ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ АКТИВНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭПОКСИДНЫХ СМОЛАХ АКТИВИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЯМИ

Орловский технологический техникум  
(boris1967or@qip.ru)

Твердотельные лазеры на красителях нашли широкое применение в оптическом контроле. Для них были созданы активные лазерные элементы на основе различных материалов: эпоксиполимеров, полиметилметакрилата, пористых стекол и т.д.

Матрицы, выполненные на основе эпоксиполимеров, обладают теплопроводностью ( $\lambda=0,23 \text{ Вт К}^{-1} \text{ м}^{-1}$ ) ниже, чем оптические стекла ( $\lambda=1,0 \text{ Вт К}^{-1} \text{ м}^{-1}$ ) [1]. Более высокая теплопроводность матриц способствует увеличению их ресурса и повышает КПД лазеров [1].

На рис.1. представлен лазерный элемент на эпоксиолигомере. На эпоксиполимерное кольцо 2 сверху и снизу приклеиваются стеклянные пластины 1. Полость внутри эпоксиполимерного кольца 2 заполняется эпоксиолигомером, активированным органическим красителем. Излучение накачки падает на стеклянную пластину 1 и проникает в эпоксиолигомер 3. Под действием излучения накачки краситель в эпоксиолигомере 3 люминесцирует. Из-за поглощения излучения накачки в эпоксиолигомере происходит нагрев матрицы.

Для определения теплопроводности данной конструкции была предложена упрощенная модель, рис.1. Будем считать процесс стационарным. Внутри цилиндра диаметром  $d_1$  и высотой  $l$  находится источник тепловой энергии, которая распределена так, что внутри этого цилиндра температура одинакова и равна  $t_1$ . На краях лазерного элемента поддерживается постоянная температура  $t_2$  такая, что  $t_2 < t_1$ . Поэтому, тепловой поток  $Q$  будет распространяться из области цилиндра с диаметром  $d_1$  к краям конструкции с диаметром  $d_2$ . Данная конструкция состоит из четырех слоев: двух крайних, выполненных из стекла и из центрального, изготовленного из эпоксиолигомера и эпоксиполимерного кольца. Распространение теплового потока в каждом слое можно сравнить с распространением теплового потока в цилиндрической стене с внешним диаметром  $d_2$  и внутренним диаметром  $d_1$ . Коэффициенты теплопроводности эпоксиполимера и эпоксиолигомера примерно равны. Поэтому будем считать их как один слой. Тогда в данной конструкции лазерного элемента все три слоя наложены друг на друга и для стационарного процесса будет иметь место параллельное соединение термических сопротивлений.

Теплопроводность конструкции, рис.1 определится выражением:

$$\lambda = 2\lambda_{\text{ст}}l_{\text{ст}}/l + \lambda_{\text{эп}}l_{\text{эп}}/l$$

где  $\lambda$  – эквивалентная теплопроводность лазерного элемента;  $\lambda_{\text{ст}}$  – теплопроводность стеклянного слоя;  $\lambda_{\text{эп}}$  – теплопроводность слоя из эпоксиолигомера;  $l_{\text{ст}}$  – толщина стекла;  $l_{\text{эп}}$  – толщина эпоксиолигомера;  $l$  – толщина лазерного элемента.

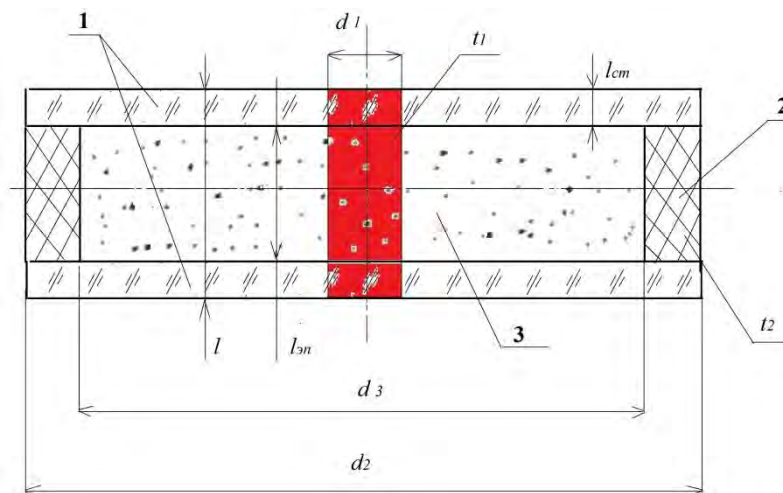


Рис. 1. Активный лазерный элемент на эпоксиолигомере: 1 – стеклянные пластины; 2 – эпоксиполимерное кольцо; 3 – эпоксиолигомер, активированный органическим красителем;  $d_2$  – диаметр активного лазерного элемента;  $d_1$  – диаметр зоны нагрева;  $d_3$  – внутренний диаметр эпоксиполимерного кольца;  $l_{\text{cm}}$  – толщина стекла;  $l_{\text{эп}}$  – толщина эпоксиолигомера;  $l$  – толщина активного лазерного элемента;  $t_1$  – температура в зоне нагрева;  $t_2$  – температура на краях лазерного элемента.

Рассмотрим числовой пример: если  $\lambda_{\text{ст}}=1,0 \text{ Вт К}^{-1} \text{ м}^{-1}$ ;  $\lambda_{\text{оп}}=0,23 \text{ Вт К}^{-1} \text{ м}^{-1}$ ;  $l_{\text{ст}}=1 \text{ мм}$ ;  $l_{\text{оп}}=4 \text{ мм}$ ;  $l=6 \text{ мм}$ , получим  $\lambda=0,49 \text{ Вт К}^{-1} \text{ м}^{-1}$ . Как видно из примера, применения двух стеклянных пластин толщиной 1 мм увеличивает теплопроводность лазерного элемента примерно в два раза по сравнению с теплопроводностью эпоксидолигомера.

#### **Библиографический список**

1. Деулин, Б.И., Активный лазерный элемент на эпоксидолигомере // Б.И. Деулин, В.В. Филиппов / Волгоград, Известия ВолГТУ, серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь», № 3(161), Т. 11, 2015. – С. 38–40.

**Семенов Д.Д.**

### **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОДНИМ ДАТЧИКОМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(siemionov1995@mail.ru)*

Способ измерения давления и температуры одним датчиком интенсивно развивался с 1995 по 1997 год, поэтому необходимо рассмотреть тенденции развития данного технического решения для прогнозирования его дальнейшего развития.

Способ дистанционного измерения давления и температуры в скважине одним датчиком заключается в подаче тока на диагональ питания тензомоста и измерении напряжения на измерительной диагонали. При смене направления тока питания тензомоста совмещают питающую и измерительную диагонали. Измеряют второе напряжение. Значение давления и температуры определяют расчетным путем. Устройство для дистанционного измерения давления и температуры в скважине одним датчиком содержит тензомост, четырехпроводную линию связи и источник тока. Введены две развязывающие диодные цепочки. Диодные цепочки подключены одними выводами к источнику тока, а другими выводами - параллельно тензорезисторам. Тензористоры включены в противоположные плечи тензомоста [1].

В дальнейшем конструкция устройства была упрощена, были убраны развязывающие диодные цепочки, а четырехпроводная линия связи заменена на трехпроводную [2].

В последнем поколении представленных измерительных устройств тензомостовой датчик был заменён делителем напряжения содержащим тензорезисторы. Помимо этого данное техническое решение содержит два диода [3].

В результате анализа эволюции способа и устройства измерения давления и температуры одним датчиком можно выявить следующие закономерности развития данного изобретения:

1. Эволюция данного технического решения идет в сторону уменьшения числа элементов;
2. Авторы, участвующие в разработке данного способа, по возможности, стремятся избавляться от нелинейных элементов в измерительном устройстве.

Таким образом, можно сделать вывод, что у следующих поколений приведенных измерительных устройств будет увеличена линейность преобразования сигнала благодаря сокращению числа нелинейных элементов.

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Е. И. Глинкина*

#### **Библиографический список**

1. Пат. 2118802 РФ, МПК8 G01K7/16 Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Ю.Д. Коловертнов, Г.Ю. Коловертнов. –№ 1996 128278/14 ; заявл. 16.09.1996; опубл. 10.09.1998, Бюл. № 5.
2. Пат. 2091578 РФ, МПК8 G01K7/16 Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Ю.Д. Коловертнов, Г.Ю. Коловертнов. –№ 1995 128278/14 ; заявл. 04.10.1995; опубл. 27.09.1997, Бюл. № 5.
3. Пат. 2118802 РФ, МПК8 G01K7/16 Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Ю.Д. Коловертнов, Г.Ю. Коловертнов. –№ 1996 128278/14 ; заявл. 27.03.1996; опубл. 20.11.1997, Бюл. № 5.

**МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ  
НАНООБЪЕКТОВ В АМОРФНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ  
И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТАХ**

Тамбовский государственный технический университет  
(marshall27@yandex.ru)

Благодаря своим уникальным электрофизическим (квантовым) свойствам наноконпозиционные полимерные материалы (НПМ) находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. Квантово-физические свойства НПМ определяются типом и концентрацией имплантированных нанобъектов (НО), а так же характером взаимодействия НО в приграничной с матрицей областью. В этой связи разработка и исследование метода идентификации нанобъектов и измерения концентрации наномодификатора, при которой у НПМ появляются полупроводниковые свойства является актуальной.

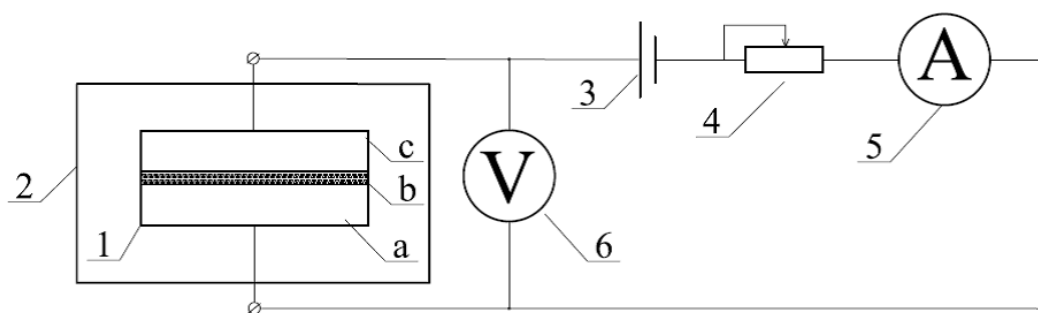


Рис.1. Схема

За основу метода идентификации и измерения концентрации нанобъектов в аморфных неорганических средах и полимерных композитах приняты изобретения, описанные в [1-3]. Предложена туннельно-резонансная структура измерительной ячейки (рис.1), в которой в качестве резонансного слоя b используется полимерный наноконпозиционный материал, содержащий в своем составе квантовые объекты. Разработана особая методика изготовления измерительной ячейки с использованием слоя полимерного наноконпозиционного материала b, включающая его смешивание с соответствующим растворителем с последующим нанесением полученного раствора при помощи центрифуги на один из двух полированных металлических цилиндров a до образования наноразмерного слоя, который приводится в плотный контакт со вторым полированным металлическим цилиндром b. Такая конструкция измерительной ячейки, позволяет производить измерения при низких (криогенных) температурах для исключения влияния теплового фона на результат измерения. Предложенная ячейка подключается в схему, предложенную на (рис.1) для снятия вольт-амперной характеристики (ВАХ).

Разработан новый туннельно-резонансный метод определения минимального количества наномодификатора, достаточного для появления полупроводниковых свойств у синтезируемых полимерных наноконпозиционных материалов, отличающийся тем, что предварительно изготавливают ряд измерительных ячеек с нарастающей концентрацией НО, затем охлаждают ИЯ в термокамере 2 (рис. 1) до криогенной температуры и поочередно, по мере возрастания концентрации НО в наномодифицированных пленках ИЯ, на внешние поверхности цилиндров измерительных ячеек подают потенциал в интервале 0- 10 В, снимают ВАХ (рис.2) и определяют ИЯ, на ВАХ которых появляются локальные максимумы тока и соответствующие им значения резонансных потенциалов и по номеру ячейки определяют минимальное количество наномодификатора, необходимое и достаточное для появления в наноконпозиционном полимерном материале устойчивых полупроводниковых свойств. Таким образом, полученное значение концентрации наномодифицирующих добавок для данной пары полимер- наномодификатор используют в технологическом процессе производства наноконпозиционных материалов.

**Библиографический список**

1. Пат. 2411513 Российская Федерация, МПК G01N 27/48, B82B 3/00. Способ идентификации и контроля концентрации нанобъектов в дисперсных средах/Баршутин С.Н., Платенкин А.В., Ушаков А.В., Чернышов В.Н., Шелохвостов В.П.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ТГТУ». – №2009146363/28; заявл. 14.12.2009; опубл. 10.02.2011, Бюл. №4.

2. Пат. 2548395 Российская Федерация, МПК H01L 29/88, B82B 1/00. Способ определения вида и концентрации наночастиц в неорганических аморфных средах и композитах на основе полимеров/ Баршутин С.Н., Баршутина М.Н., Ушаков А.В., Чернышов В.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ТГТУ».- №2013155782/28; заявл. 16.12.2013; опубл. 20.04.2015, Бюл. №11.
3. Экспериментальное исследование электрических свойств наноструктурированных полимерных пленок модифицированных фуллеренами C60 при криогенных температурах/ Ушаков А.В., Баршутин С.Н., Баршутина М.Н.// Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах/ Тезисы докладов 2-ой Международной конференции с элементами научной школы 22-24 апреля 2015 года.- Тамбов, 2015.- С. 383-385.

*Андреанов В.В., Безрядин В.А.*

### **ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОКОНТРОЛЯ В ВВС**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», Россия, Воронеж  
(e-mail: vikantri@mail.ru, bezryadin\_vlad@mail.ru)*

В интересах обоснования приоритетных направлений совершенствования организационного, методического и технического обеспечения радиоконтроля (РК) объектов защиты ВВС необходимо разработать соответствующий методический подход к оценке приоритетности указанных направлений. Актуальность данной задачи обусловлена тем, что мероприятия по совершенствованию РК требуют определенных и зачастую немалых затрат, что в условиях экономического кризиса и финансовых ограничений является не всегда вполне реализуемым. Поэтому появляется необходимость оценки первоочередности таких направлений, с целью дальнейшей их поэтапной реализации.

Одной из основных задач при оценке приоритетности данных направлений является выбор показателей и критериев оценки их приоритетности. Одним из способов решения задачи при наличии нескольких критериев (так называемый критерий-вектор) является введение составного критерия вида:

$$W = a_1W_1 + a_2W_2 + \dots + a_nW_n, \quad (1)$$

где  $W_1, W_2 \dots W_n$  - частные критерии, а  $a_1, a_2, \dots a_n$  - весовые коэффициенты (или коэффициенты важности), сумма которых равна 1.

С учетом того, что РК является многофакторным процессом, в качестве показателей целесообразно принять как целевые, так и функциональные показатели [1].

В качестве внешнего и, соответственно, приоритетного показателя эффективности РК целесообразно определить показатель  $W_{\text{пр.ущ}}$  -предотвращенный ущерб за счет утечки информации, представляющей интерес для радиоразведки. При этом критерием для данного показателя целесообразно определить максимизацию значения предотвращенного ущерба  $\max\{W_{\text{пр.ущ}}\}$ .

Функциональные (внутренние) показатели эффективности РК определялись с учетом показателей, традиционно используемых для оценки качества технического контроля [2].

Применительно к РК показателем оперативности целесообразно определить показатель  $O_{\text{рк}}$ , который определяет время выполнения всех операций (мероприятий) РК, начиная от его планирования и заканчивая принятием мер по результатам выявленных в ходе проведения РК нарушений установленного порядка ведения обмена информацией (радиопереговоров).

В качестве показателя полноты РК целесообразно определить показатель  $P_{\text{рк}} = F\{P_{\text{крс}}, P_{\text{ткрс}}, P_{\text{инф}}\}$ , с учетом специфики РК, характеризующий: полноту охвата РК информативных каналов радиосвязи (КРС) объектов защиты,  $P_{\text{крс}}$ ; полноту времени РК каждого информативного КРС,  $P_{\text{ткрс}}$ ; полноту обработки информации, полученной в ходе РК,  $P_{\text{инф}}$ .

С учетом приведенных показателей эффективности РК, а так же их критериев соотношение для расчета общего показателя эффективности РК, который будет использован для оценки приоритетности направлений совершенствования организационного, методического и технического обеспечения РК в ВВС:

$$W_{\text{рк}} = a_1W_{\text{пр.ущ}} + a_2O_{\text{рк}} + a_3P_{\text{рк}}. \quad (2)$$

Таким образом, модифицируя пример получения обобщенного критерия с использованием весов, можно сформулировать задачу следующим образом: выбрать такое направление (такие направления) совершенствования обеспечения РК, при котором сумма предотвращенного ущерба за счет утечки информации, представляющей интерес для радиоразведки, или информативных материалов, оперативности и полноты РК будут максимальными, а расход затрачиваемых средств на его реализацию не превысит заданного уровня.

В этом случае постановка задачи имеет ясный смысл и позволяет найти оптимальное решение из числа допустимых по условиям-ограничениям на значение затрат на реализацию направлений совершенствования организационного, методического и технического обеспечения РК, при которых  $W_{рк}$  принимает максимальное значение.

### **Библиографический список**

1. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций.- М. Воениздат, 1987. - 80 с.
2. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика/ Под общ. Ред. В.Н. Чупырина, А.Д.Никифорова. - М. Машиностроение, 1987.-512 с.

**Андреанов В.В., Безрядин В.А.**

### **РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ОЦЕНКИ ОПЕРАТИВНОСТИ РАДИОКОНТРОЛЯ В ВВС**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», Россия, Воронеж  
(e-mail: vikantri@mail.ru, bezryadin\_vlad@mail.ru)*

Одним из показателей эффективности радиоконтроля (РК) является оперативность РК  $O_{рк}$ , который определяет время выполнения всех операций (мероприятий) РК, начиная от его планирования и заканчивая принятием мер по результатам выявленных в ходе проведения РК нарушений установленного порядка ведения обмена информацией (радиопереговоров) [1]:

$$O_{рк} = \frac{1}{T_{подг} + T_{пров}}, \quad (1)$$

Где  $T_{подг}$  - время подготовительного этапа РК;  $T_{пров}$  – время этапа проведения РК и обработки информации

Для расчета  $T_{подг}$  необходимо суммировать значения:

среднего времени изучения объекта защиты и сбора исходных данных на проведение его РК,  $T_{изуч}$ ;

среднего времени оценки разведдоступности объекта защиты,  $T_p$ ;

среднего времени оценки потенциальной информативности КРС на объекте защиты,  $T_{оц\ инф}$ ;

среднего времени обоснования сил и средств на проведение РК объекта защиты,  $T_{обосн}$ ;

среднего времени формирования задания на проведения РК и включение его в план контроля безопасности связи (план РК) объектов защиты,  $T_{план}$ .

На этапе проведения РК основными составляющими времени этапа проведения РК и обработки информации  $T_{пров}$  являются:

среднее время доставки средства РК к месту его проведения (к типовой точке РК),  $T_{дост}$ ;

среднее время развертывания средства РК,  $T_{разв}$ ;

среднее время проведения РК (съема и регистрации информации),  $T_{пров}$ ;

среднее время передачи информации в центр ее обработки,  $T_{перед}$ ;

среднее время формирования ключевых слов для выявления информативных файлов, полученных в ходе проведения РК объекта защиты,  $T_{кл}$ ;

среднее время выявления информативных файлов по ключевым словам,  $T_{выявл\ кл}$ ;

среднее время обработки информации из информативных файлов,  $T_{обр}$ ;

среднее время формирования документов отчетности по информативным материалам,  $T_{фор}$ ;

среднее время доведения результатов РК до соответствующих должностных лиц,  $T_{дов}$ ;

среднее время реагирования на результаты РК, включающие время ознакомления с материалами и принятия решения, время доведения принятого решения до соответствующих подразделений,  $T_{реаз}$ .

Одним из наиболее критических факторов, влияющим на оперативность РК, является среднее время обработки информации  $T_{обр}$ .

$$T_{обр} = \frac{t_{cp} \cdot K_{ф общ}}{K_{опер}} \cdot S_{внедр},$$

где -  $t_{cp}$  – среднее время обработки одного информативного файла одним оператором;  $K_{ф общ}$  - общее количество информативных файлов, выявленных в процессе предварительной обработки информации по ключевым словам,  $K_{инф}$ ;  $K_{опер}$  - количество операторов по обработке информации;  $S_{внедр}$  - степени внедрения автоматизированных комплексов обработки информации  $S_{внедр}$  принимающая значения от 0 (степень внедрения минимальна) до 1 (степень внедрения максимальна).

Таким образом, для расчета оперативности РК необходимо учитывать совокупность мероприятий, проводимых как на подготовительном этапе, так и этапе проведения РК и обработки информации.

### **Библиографический список**

1. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций.- М. Воениздат, 1987. - 80 с.
2. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика/ Под общ. Ред. В.Н. Чупырина, А.Д.Никифорова. - М. Машиностроение, 1987.-512 с.

**Анохин В.В., Афанасьев А.Д., Головченко Е.В.**

### **СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАКЕТОВ В ЦИФРОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ С НЕОДНОРОДНОЙ ТОРОИДАЛЬНОЙ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», Россия, Воронеж  
(e-mail: apoxin-81@mail.ru, evvigo@mail.ru)*

Проведенный анализ способов распределения пакетов, реализованных в протоколах маршрутизации RIP и OSPF и использующих алгоритмы Беллмана-Форда и Дейкстры [1], показал что они обладают рядом недостатков, основными из которых являются:

- необходимость регулярного обмена маршрутной информацией между узлами;
- отсутствию учета при определении маршрутов требований по задержке передаче пакетов, что приводит к нерациональному использованию пропускных способностей каналов ЦСС [1, 2].

Существующий способ распределения пакетов в сетях с тороидальной топологической структурой, основанный по одному из методов маршрутизации в регулярных топологиях ортогональному или диагональному, устраняет отмеченные выше недостатки, но в свою очередь обладает большими задержками при передаче разнородного трафика [2].

В интересах устранения недостатков, присущим рассмотренным способам распределения пакетов, предлагается способ распределения пакетов с неоднородной тороидальной топологической структурой, суть которого заключается в том, что происходит проверка, в извлеченной служебной информации на наличие требования обеспечения передачи пакета с минимальной задержкой, при наличии такого требования обрабатываемый пакет передается в подсеть, для которой расстояние между соседними узлами будет наибольшим из всех подсетей, и не должно превышать вычисленное расстояние между текущим узлом и узлом-адресатом по каждому измерению [2].

Способ может быть реализован в узлах коммутации с неоднородной тороидальной топологической структурой ЦСС. Устройство реализующее данный способ может быть создано на элементах, широко распространенных в области электротехники или в программной форме на основе используемых в сетевых элементах процессорах.

Способ может быть реализован по следующему алгоритму.

Шаг 1. Принимают пакет для обработки и передачи.

Шаг 2. Из заголовка пакета извлекают служебную информацию.

Шаг 3. В случае если обеспечивать минимальную задержку не следует, то для передачи назначается подсеть  $L=1$  и переходят к шагу 5.

Шаг 4. В случае, если необходимо обеспечить минимальную задержку, то определяют подсеть для передачи в следующей последовательности:

Шаг 5. Определение измерения для передачи в подсети  $L$ .

Шаг 6. Передача пакета в выбранной подсети  $L$  и по выбранному измерению.

Представленный алгоритм работы устройства реализующего данный способ, позволяет достоверно и своевременно проводить указанные выше процедуры и тем самым обеспечивать снижение задержки пакетов при передаче разнородного трафика и повышение пропускной способности цифровой системы связи. Кроме того проведенные исследования информационного обмена в ЦСС [2, 3] с использованием имитационных моделей, в которых реализован предлагаемый способ, показали повышение пропускной способности сети при передаче неоднородного трафика на 10-15% относительно алгоритмов самомаршрутизации в тороидальных системах связи.

### ***Библиографический список***

1. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.
2. Головченко Е.В. Алгоритм маршрутизации в цифровых сетях связи с тороидальной топологией. Телекоммуникации, №10, 2012 г., стр.12-18.
3. Baransel, C. Routing in Multihop Packet Switching networks: Gb/s Challenge / C. Baransel, W. Dobosiewicz, P. Grurzynski // IEEE Network. –1995. – May/June. – P. 38-61.

***Богатов Н.М., Богатова А.Н., Сухих С.А.***

### **КОНТРОЛЬ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ ТЕПЛОВИЗИОННЫМ МЕТОДОМ**

*Кубанский государственный университет  
(bogatov@phys.kubsu.ru)*

Организм человека является открытой энергетической системой, которая вступает во взаимодействие с внешней средой. Агрессивное воздействие внешней среды проявляется в возрастании психофизиологических, информационных нагрузок при адаптации к современным социально-экономическим условиям и техногенным факторам, разрушающим экологию и биосферу. Следствием этого является повышение биоэнергетических затрат организма, приводящее к истощению его ресурсов, появлению хронической усталости, хронического стресса, различных психологических и соматических расстройств. Саморегуляция является важнейшим фактором достижения физиологической, психологической и социальной адаптации. Саморегуляция реализуется как на уровне отдельных функциональных систем организма, так и посредством их взаимодействия, в котором важнейшую роль играют нейрогуморальные реакции. Способность индивидуума к саморегуляции посредством управления психоэнергетическим потенциалом является индивидуальной характеристикой человека.

Процессы терморегуляции организма управляются нейрогуморальными реакциями. В работе [1] показано, что напряжение функциональных систем стрессированных биологических объектов проявляется в индивидуальных закономерностях изменения их теплового поля. Контроль изменения функционального состояния организма в результате саморегуляции является актуальной биотехнической задачей.

Целью работы является контроль тепловизионным методом результатов процесса саморегуляции.

В процессе эксперимента достигалось воздействие сознания субъекта на энергоинформационный обмен в организме. Информационное воздействие на орган или энергетический центр происходило во внутреннем пространстве субъекта. В эксперименте участвовали респонденты в возрасте 21 – 23 года в количестве 50 человек. Участники эксперимента не обладали специальной подготовкой по управлению сознанием. Методика исследования включала три этапа: 1 – определение начального функционального и психоэмоционального состояния испытуемых, 2 – методически организованный сеанс саморегуляции, 3 – определение функционального и психоэмоционального состояния испытуемых после сеанса саморегуляции. Длительность сеансов саморегуляции составляла 20 ÷ 30 минут. Использовались различные психотехники. Термограммы регистрировались с помощью тепловизора testo 885-2, имеющего матричный детектор 320×240 пикселей, температурную чувствительность < 0,03 К. Исследования проводились в закрытом помещении при температуре 22 °С, влияние посторонних источников тепла исключалось.



Обсудим результаты на примере техники «дыхание через биологически активную точку С-7 на левом запястье». Седативная точка С-7 – одна из основополагающих точек меридиана сердца С, расположена у лучевого края сухожилия локтевого сгибателя запястья. У большинства испытуемых радиационная температура в точке С-7 после сеанса саморегуляции увеличилась более чем на 1 °С, увеличилась также максимальная температура руки, середины ладони, кончика среднего пальца. После сеанса саморегуляции изменилась радиационная температура лица. У большинства испытуемых максимальная температура лица уменьшилась более чем на 0,1 °С. Положительным результатом саморегуляции является выравнивание симметрии теплового поля лица относительно вертикальной оси, регистрируемое термограммой.

Рассмотрим результаты следующего сеанса саморегуляции – «дыхание в мозг». Приток крови при выполнении упражнения «дыхание в мозг» привел к увеличению максимальной температуры лица по сравнению с предыдущим состоянием у большинства испытуемых. Разброс значений увеличения температуры лица достаточно велик и составляет 1 °С.

Таким образом, тепловизионный метод является средством объективного контроля результатов энергоинформационного обмена в организме в результате сеансов саморегуляции. Тепловое поле поверхности тела отражает индивидуальные особенности организма. Изменение параметров теплового поля в результате сеансов саморегуляции имеет индивидуальные отличия, связанные с физиологическим и психологическим состоянием человека.

### ***Библиографический список***

1. Андросова Т.В. Исследование реакций терморегуляторной системы белых лабораторных мышей в процессе продолжительного стресса / Т.В. Андросова, Н.М. Богатов, Л.Р. Григорьян и др. // Биотехносфера. – 2011. – Т.13. – № 1. – С.16 – 19.

***Ивануткин А.Г., Горючкин Е.А.***

## **ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В современных условиях, управление в системах военного назначения, занимает одно из главных мест в реализации боевых возможностей сил и средств на театре военных действий.

Управляющие воздействие на объект управления осуществляется на основе информации, как о состоянии самого объекта, так и об окружающих его условиях, исходя из этого, можно предположить, что информационный массив, циркулирующий в системе управления, оказывает решающее влияние на процесс управления в целом. Из этого можно сделать вывод, что качество управления зависит от соответствия информации, находящейся в этом массиве, требованиям, предъявляемым к ней, таким как достоверность, своевременность и актуальность.

Часть информации из этого массива, циркулирующая между органом управления и объектом управления, образует контур управления, техническую основу которого составляет система связи. В системах управления военного назначения, система связи представляет собой подсистему системы управления войсками (силами) и оружием, обеспечивающая обмен информацией и автоматизацию управления [1].

Во время боевых действий все элементы системы связи подвергаются различным видам воздействия со стороны противника, что приводит к нарушению функционирования как образующих систему элементов, так и системы связи в целом, последствием этого может быть нарушение управления и возможно срыв выполнения поставленных задач. В тоже время, управление должно осуществляться непрерывно и функционировать в установленном интервале времени в течении которого на систему связи будут оказывать влияния следующие факторы:

1. Физическое воздействие различного характера на элементы системы связи;
2. Радиоэлектронное воздействие;
3. Большой объем циркулирующей в системе информации.

Анализируя опыт боевого применения, отечественных и зарубежных формирований, с уверенностью можно сказать что, в соответствии с высокими требованием, предъявляемым к качеству обслуживания в современных системах связи, вопрос повышения устойчивости, является одним из наиболее актуальных на сегодняшний день.

В связи с этим разрабатываемая модель должна наиболее полно учитывать все факторы, влияющие на динамику и результат управления объектом и позволить исследователю анализировать характер их влияния во всем диапазоне условий. Таким образом, по целевой направленности данную модель справедливо отнести к исследовательским моделям.

Вероятность того, что в представленной модели будет существовать хотя бы один связанный путь записывается как [4]:

$$P_y = 1 - \prod_{j=1}^n \left( 1 - \prod_{i=1}^{m_j} (1 - P_{ij}) \right), \quad (1)$$

где  $n$  – количество путей в заданном направлении,  $m_j$  – количество узлов связи в на выбранном пути, а  $P_{ij}$  – вероятность перехода в неустойчивое состояние  $i$ -того элемента в  $j$ -том пути.

Вероятностные показатели отдельных элементов узла связи, будут зависеть от количества образуемых ими направления и организованных по этим направления видам связи.

Таким образом предложенная, декомпозиция процесса функционирования системы связи на различные этапы, в период которых на систему оказывают влияния различные внешние факторы с разной степенью интенсивности и процесс моделирования устойчивости такого элемента системы связи, как узел связи, позволят более точно определить показатели устойчивости системы, минимальное количество информационных направлений в соответствии с заданной вероятностью устойчивости и пропускной способности, а также более рационально распределить технические ресурсы по направлениям связи и создать необходимый резерв средств для обеспечения устойчивого управления в условиях воздействия внешних факторов.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ РВ 52216-2004 Связь военная. Термины и определения.
2. ГОСТ 5311-2008 Стабильность работы общественных коммуникационных сетей.
3. Михайлов Р.Л., Макаренко С.И. Оценка устойчивости сети связи в условиях воздействия на нее дестабилизирующих факторов. Журнал радиотехнические и телекоммуникационные системы. Муром, 2013 г. №4.
4. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учебное пособие для вузов. М.: Дрофа, 2008. 239 с.
5. Ватутин В.А. и др. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах: учебное пособие для вузов 3-е изд., исправленное. М.: Дрофа, 2005. 315 с.

**Жукова Н.Ю.**

### **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru*

В работе представлены результаты численного исследования возможности выявления дефектов в виде включений в полимерном слое покрытия из полиметилметакрилата на изделия из сплава алюминия.

Согласно схеме метода измерительный зонд (ИЗ) устанавливают на плоский участок поверхности двухслойного тела. Конструкция ИЗ включает плоский круглый нагреватель постоянной мощности (радиусом  $R_H$ ), теплоизолирующую подложку из Рипора (радиусом  $R_{ИЗ}$ ), термодатчик (ТД). Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из полимерного покрытия (толщиной  $h_1$ ) с теплофизическими свойствами  $\lambda_1, c_1, \rho_1$  на металлической пластине (толщиной  $h_2$ ) с теплофизическими свойствами  $\lambda_2, c_2, \rho_2$ .

Теоретическое обоснование метода представлено в работах [1-3].

Использовано моделирование температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student.

Созданы: задача, ее геометрия, заданы свойства среды, источники тепла, граничные и другие условия моделирования.

Для построения геометрии задачи использованы следующие размеры.

Высота теплоизоляционной подложки измерительного зонда – 20 мм, радиус подложки зонда – 25 мм. Толщина покрытия из полиметилметакрилата – 1 мм, толщина металлического основания – 10 мм. Нагреватель в виде диска из меди имеет размеры: радиус – 10 мм, высота – 1 мм. Исследованы нарушения сплошности полимерного покрытия на металлическом изделии.

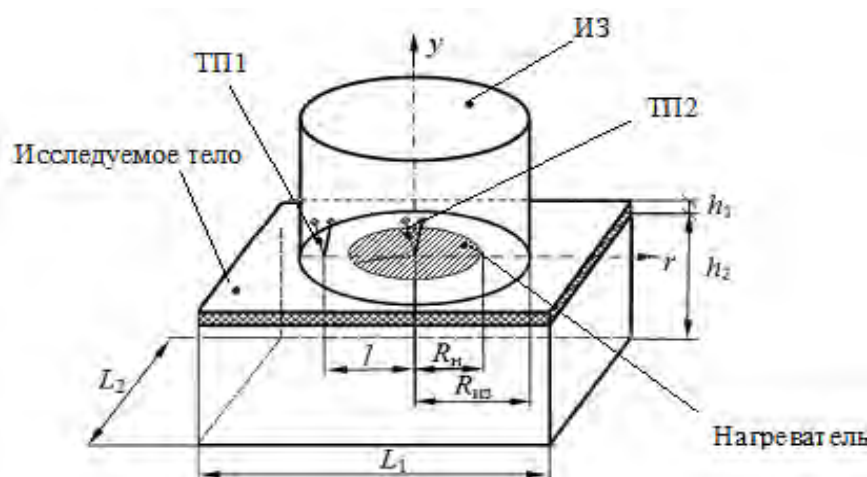


Рис.1 Измерительная схема метода.

Моделировали дефекты покрытия в виде воздушного расслоения и включения частицы металла в слой покрытия (вблизи границы полимер-металл). В ходе проведенного опыта выявлено, что при диаметре металлического включения более 20 мм и толщиной  $h_{\text{вк}} = 0,1 - 0,75$  мм возможно выявить не только наличие, но и определить размеры дефекта в покрытии по данным термограмм, полученных термоприемником ТП1.

В случае воздушного расслоения возможно определить и наличие, и размер дефекта при  $d_{\text{вк}} = 40$  и 50 мм для  $h_{\text{вк}} = 0,1; 0,25; 0,5; 0,75$  мм. Данный результат основан на существенно различных ТФС воздуха и металла, что упрощает определение размеров воздушного включения в покрытии из полиметилметакрилата.

#### Библиографический список

1. Моделирование теплопереноса в методе неразрушающего контроля двухслойных материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т.19. №3. – С. 506 – 511.
2. Жуков, Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.
3. Оценка систематических погрешностей многомодельного метода неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, А.О. Антонов // Инженерно-физический журнал, 2014, Т.87, №4, – С. 880 – 887.

Нури А. Н.

#### СВЕТОДИОД КАК ДАТЧИК ОСВЕЩЕННОСТИ

Тамбовский государственный технический университет  
([ayat\\_nzar@yahoo.com](mailto:ayat_nzar@yahoo.com))

Целью исследования является изучение использования светодиодов в качестве фотодиодного светового сенсора и использования NPN-транзисторов NPN и Darlington, подключенных в качестве интерфейсных схем для светочувствительного датчика.

При воздействии света фотодиоды создают ток, который прямо пропорционален интенсивности света. Этот генерируемый светом ток течет в противоположном направлении по току в нормальном диоде или светодиоде. Чем больше фотонов попадает в фотодиод, тем больше ток, создающий напряжение на диоде. В дополнение к испусканию света, светодиод может использоваться в качестве фотодиодного светового датчика / детектора. Эта возможность может использоваться в различных приложениях, включая датчик уровня окружающего света и двунаправленную связь. В качестве фотодиода светодиод чувствителен к длинам волн, равным или короче, чем преобладающая длина волны, которую он испускает. Зеленый светодиод чувствителен к синему свету и к некоторому зеленому свету, но не к желтому или красному свету. Например, красный светодиод будет обнаруживать

свет, излучаемый желтым светодиодом, а желтый светодиод будет обнаруживать свет, излучаемый зеленым светодиодом, но зеленый светодиод не будет обнаруживать свет, излучаемый красным или желтым светодиодом. Все три светодиода будут обнаруживать «белый» свет или свет от синего светодиода [1].

*Принципиальная работа схемы* заключается в преобразовании диода (LED) в детектор для обнаружения лазерного луча (зеленый лазер), когда он падает на светодиод. Когда светодиод смещается вперед по цепи, он будет излучать свет, но при смещении назад он будет работать как детектор. Когда уровень освещенности уменьшается, а светодиод достигает максимального порогового сопротивления, схема автоматически включает светодиод D1, как показано на рис. 1.

*Автоматический детектор света с переменным резистором* Детектор света воспринимает свет. Когда уровень освещенности увеличивается, а светодиод достигает минимального порогового сопротивления, схема включает светодиод D1. Можно отрегулировать чувствительность с помощью предустановленного R-1K. Когда

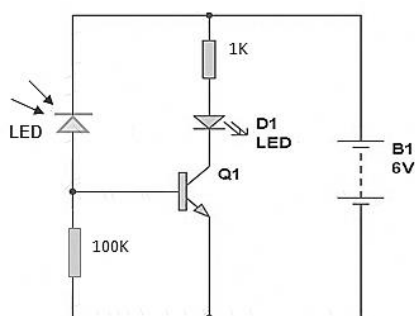


Рис.1 Светодиод и общий эмиттер NPN

лазерный свет падает на светодиод, его низкое сопротивление приводит транзистор Q1 в зону проводимости. Это позволяет отключить транзистор Q2 из-за низкого смещения базы. Светодиод D1 не получает питание до тех пор, пока окружающий свет падает на светодиод. Когда лазерный свет падает на светодиод, сопротивление становится низким, транзистор Q1 останавливается, и транзистор Q2 начинает проводить, чтобы включить светодиод D1. Схема детектора представлена на рис.2.

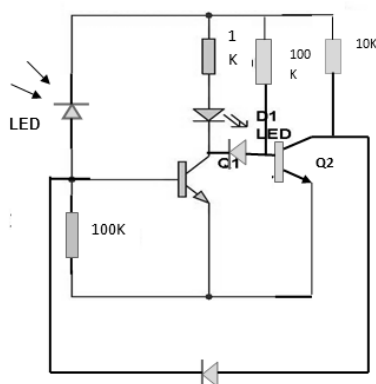


Рис. 2 Автоматический детектор света с переменным резистором

Таким образом показана принципиальная возможность использования светодиода в качестве датчика освещенности.

### **Библиографический список**

1. Kevin, McGowan. Semiconductors: From Book to Breadboard: 2012. – 43 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ В-СКАНОВ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия Тамбов,  
(e-mail: den794@mail.ru).*

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – неинвазивная методика определения внутренней структуры объекта, основанная на принципах низкокогерентной интерферометрии. Начиная с 1991 года, когда было впервые продемонстрировано использование ОКТ для исследования биологических сред, методика непрерывно развивалась в сторону увеличения глубины когерентного зондирования объекта, увеличения качества получаемых изображений и скорости получения данных. Основным достоинством ОКТ является пространственное разрешение методики, которое в зависимости от используемой установки достигает 5-15 мкм, что позволяет визуализировать мельчайшие неоднородности структуры исследуемого объекта.

Одним из основных недостатков ОКТ является глубина зондирования, ограниченная 1-2 мм, что связано с высоким показателем рассеяния биологических тканей. Различные усовершенствования технической части ОКТ-системы, программного обеспечения пост-обработки получаемых изображений позволили в некоторых случаях увеличить глубину визуализации до 3-4 мм, что, впрочем, все еще гораздо меньше, чем при ультразвуковых исследованиях или рентгенографии [1,2].

Увеличения глубины когерентного зондирования может быть достигнуто путем анализа особенностей распространения оптического излучения в биологических тканях. Наиболее точный метод описания распространения света предполагает использование численных методов Монте-Карло. Программное обеспечение, реализующее данный метод находится в открытом доступе с середины девяностых годов прошлого столетия. Данное ПО может быть использовано в качестве основы построения модели ОКТ.

Для исследования особенностей ОКТ получен алгоритм, позволяющий описать миграцию фотонов в средах с неоднородным распределением оптических свойств, основанный на использовании воксельного подхода к описанию геометрии среды: фотонный пакет начинает движение в одном из элементов, и по мере продвижения по объекту переходит из одного вокселя в другой [3]. Одним из основных процессов, характерных для описания распространения пучка внутри воксельного объекта является определение того, какую из граней вокселя пересечет фотонный пакет. Наиболее эффективным способом определения грани пересечения является усовершенствованный алгоритм Смита, обобщенный для случая пересечения куба вектором, начало которого находится внутри вокселя.

Результат применения данного метода для исследования закономерностей ОКТ при исследовании верхних слоев кожи представлен на рисунке 1. Полученный В – скан имеет коэффициент корреляции с экспериментальными изображениями равный 0.84, что доказывает высокую эффективность представленного метода.

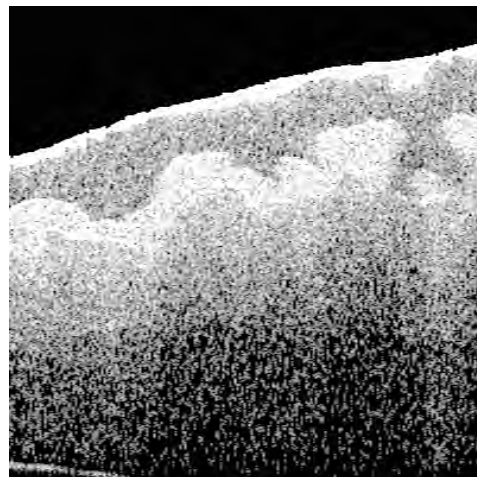


Рис. 1 Результат моделирования ОКТ верхних слоев кожи человека.

### **Библиографический список**

2. Коновалова, К.Н. Современные средства обработки информации в ядерной медицине. / Т.А. Фролова, К.Н. Коновалова// информация в ядерной медицине// Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II международной научно-практической конференции. – Вып. 2 : в 2 т. / под общ. ред. В. А. Немтинова ; ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. II.
3. Фролов, С.В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С.В. Фролов, М.С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
4. Петров, Д.А. Моделирование В-скана оптической когерентной томографии методом Монте-Карло на основе воксельного представления структуры объекта / Д.А. Петров, К.И.С. Галев, С.Г. Проскурин // Фундаментальные исследования. – 2016, – Т. 5 – С. 275-278

*Баранов Р.А., Федюнин П.А., Захаров Д.В.*

## **АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ УЗЛОВ СВЯЗИ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ**

*Военно-учебный научный центр «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
(danilzax@mail.ru)*

В данной работе предлагается вариант алгоритма определения оперативно-тактической принадлежности узлов связи пунктов управления (УС ПУ) авиационного формирования, позволяющий оценивать разведзащищенность узлов связи пунктов управления авиационного формирования с учетом времени необходимого противнику на определение их оперативно-тактической принадлежности.

В современных и будущих войнах будет массировано применяться высокоточное оружие на всю глубину территории противника, а все войска действовать в едином разведывательно-информационном управляющем поле, с возрастающей зависимостью достижения целей войны от эффективности применения воздушно-космических сил (ВКС).

В данной статье предлагается вариант алгоритма определения оперативно-тактической принадлежности узлов связи пунктов управления (УС ПУ) авиационного формирования, позволяющий оценивать разведзащищенность узлов связи пунктов управления с учетом времени необходимого противнику на определение их оперативно-тактической принадлежности.

Начальным этапом моделирования является формирование, ввод исходных данных.

Следующим этапом моделирования является выбор радиоэлектронного средства РЭС  $i$ -того типа.

Далее анализируются все линии входящие в систему связи авиационного формирования и соответствие их требованиям по разведзащищенности.

В следующем блоке оцениваем разведзащищенность УС ПУ входящие в систему связи авиационного формирования и соответствие их требованиям по разведзащищенности.

Параллельно со вскрытием линий связи радиоразведывательный комплекс осуществляет вскрытие узлов связи пунктов управления.

За время вскрытия узла связи системе РРТР противника необходимо определить его оперативно-тактическую принадлежность с вероятностью  $P_{\text{отп.ус.тр}}$

На выбранный (установленный) момент времени  $t$  формируется таблица "объекты-признаки", аналогичная по форме коэффициентов информативности наличия (отсутствия) ДМП у объекта с тем отличием, что в нее заносятся не потенциальные значения  $\sigma_{ji}$  как для эталонов, а с учетом реального проявления  $i$ -того ДМП у  $j$ -того объекта защиты.

Вычисляются коэффициенты сходства каждого из распознаваемых объектов с каждым из эталонов.

Результаты расчетов заносятся в таблицу коэффициентов сходства объектов с эталонами

В заключительном блоке алгоритма производится оценка по обобщенному критерию разведзащищенности системы связи авиационного формирования с учетом требований предъявляемых к системе связи.

Подводя итог, надо отметить, что алгоритм оценки разведзащищенности системы связи авиационного формирования на позволяют производить оценку разведзащищенности элементов системы связи авиационного формирования.

### ***Библиографический список***

1. Комарович В.Ф. Основы радиоэлектронной борьбы, радиоэлектронная защита и безопасность связи и АСУ. – Л.: ВАС, 2009. – 346 с.
2. Комарович В.Ф. Разведзащищенность узлов связи пунктов управления фронта (армии) и пути ее повышения. – Л.: ВАС, 2008. – 75с.
3. Баранов Р.А., Федюнин П.А., Стафеев М.А., Данилин М.А., Шелухин Р.Г. Программа расчета параметров разведзащищенности системы связи при обеспечении скрытности управления авиационным формированием. Зарегистрированный программный продукт. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013617005.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА БОРТОВУЮ РАДИОЭЛЕКТРОННУЮ АППАРАТУРУ

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва  
(zvadimka@rambler.ru)

История борьбы с негативными проявлениями электризации космических аппаратов (КА) в процессе штатной эксплуатации насчитывает более 30 лет. Однако, на сегодняшний день эта проблема обострилась особенно. Это связано с тем, что бортовая аппаратура (БА) КА, несмотря на все преимущества, которые приобрела в процессе своей эволюции, стала более чувствительной к электромагнитным помехам. Сам процесс электризации не вызывает электромагнитных помех. Однако, результатом процесса электризации, очень часто, является электростатический разряд (ЭСР). Последний вызывает импульсные электромагнитные поля, спектр которых весьма широк.

Исследование воздействия таких помех на БА КА является непростой задачей, причём, как теоретическое, так и экспериментальное. Теоретическое исследование требует построение сложных математических моделей, и как следствие, существенных вычислительных ресурсов. Кроме того, необходимо проверять построенные математические модели на практике, ибо только она является критерием истины. Таким образом, проводить экспериментальные исследования необходимо. Также, при проведении экспериментов возникает ряд трудностей связанных как с высокой стоимостью экспериментов, так и со сложностью решения технических задач.

В работе изложена достаточно простая методика измерения помех в электрических цепях БА КА. Внутри специального макета, имитирующего корпус БА, устанавливаются антенны в форме электрических цепей (см. рис.1). Антенны подключаются к контрольно-измерительной аппаратуре (КИА) при помощи коаксиального кабеля. Специализированным испытательным оборудованием имитируется воздействие ЭСР на макет БА.

Одним из существенных недостатков этой методики является влияние КИА на результаты измерения. КИА вносит сопротивление в цепь, в которой производится измерение напряжения. Для исключения этого эффекта можно применить математическую обработку результатов измерения или пойти на усложнение и удорожание эксперимента, применив вместо коаксиальной – оптическую линию передач. Настоящая статья посвящена первому способу, как наиболее доступному и дешёвому.

Рассмотрим эквивалентную электрическую схему экспериментальной установки. Любую антенну можно представить, как источник ЭДС  $\dot{E}_a$  с некоторым комплексным внутренним сопротивлением  $\dot{Z}_a$  (см. рис. 1).  $\dot{E}_a$  и  $\dot{Z}_a$  искомые величины. Кабель можно представить в виде эквивалентной схемы с сосредоточенными параметрами: погонной индуктивности проводов  $L_1$ , погонного активного сопротивления  $R_1$ , погонной ёмкости между проводами  $C_1$  и погонной проводимости потерь в изоляции  $G_1$ .

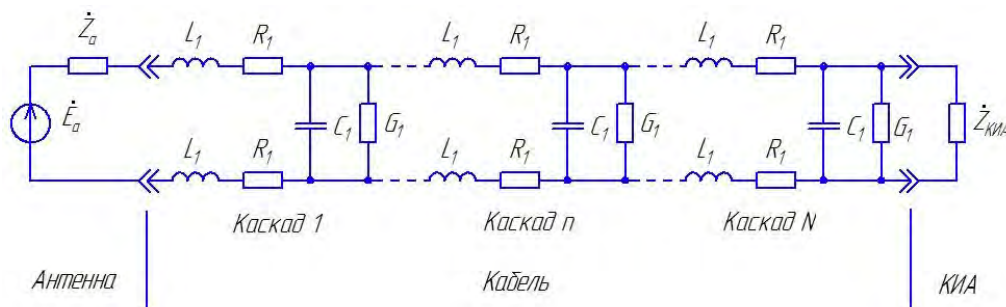


Рис. 1. Эквивалентная электрическая схема измерительной установки

Полученные значения  $\dot{E}_a$ ,  $\dot{Z}_a$  можно использовать для расчётов помех на входе реальных устройств подключенных к антенне. Если эти устройства нелинейные, то следует перейти от спектрального метода к расчётам во временной области. Расчёт во временной или спектральной области будет достаточно непростым и исключительно численным. Об этом говорит сложная форма напряжения на выходе кабеля. Он потребует вычислительных ресурсов, хотя и не очень больших. Достаточно будет персонального компьютера. Таким образом, можно получить уровень помехи в реальных цепях БА КА сравнительно простым способом, не используя чрезвычайно дорогостоящее оборудование.

## СЕКЦИЯ 5. ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

*Абуладзе О.К., Сергеева Ю.Б.*

### РАЗРАБОТКА СПОСОБА НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ

*Тамбовский государственный технический университет  
(ulya\_sergeeva94@mail.ru, abuladze94@mail.ru)*

Регулярный контроль уровня глюкозы в крови позволяет контролировать течение сахарного диабета. В ежедневной медицинской практике применяются инвазивные методы определения концентрации глюкозы в крови, то есть требуют прокола кожи для забора крови. Эти методы имеют ряд ограничений: вероятность попадания инфекции в организм пациента, вероятность заражения заболеваниями, передающимися через кровь, ухудшение кровообращения, болезненность проведения анализа. Поэтому еще в 70-х гг. XX в., когда стало ясно, что диабет является массовым заболеванием, начались интенсивные разработки неинвазивных методов измерения концентрации глюкозы в крови для того, чтобы избавить людей от необходимости частого травмирования тела [1].

Существует ряд научных работ и патентов, решающих проблему неинвазивного анализа концентрации глюкозы крови, но они имеют существенный недостаток: низкую метрологическую эффективность из-за высокой погрешности в широком диапазоне информативных параметров измерения, обусловленную фиксированной статистической градуировочной характеристикой [2].

Разработка неинвазивного метода измерения количества глюкозы в крови человека с гибкой калибровочной характеристикой позволит проводить аналитический контроль в адаптивном диапазоне с нормированными образцами.

В неинвазивном способе определения концентрации глюкозы в крови, который заключается в том, что накладывают термисторы над поверхностной веной головы испытуемого и измеряют температуру и концентрацию глюкозы в крови, в отличие от прототипа, определяют концентрацию глюкозы крови по двум калибровочным характеристикам: термограмме (1) и глюкограмме (3), параметры которых априори отождествляют с верхней и нижней границами адаптивного диапазона двух известных пациентов с нормированными параметрами, параметры термограммы: постоянную времени  $T$  и максимальную температуру  $E$ , находят по измеренным избыточным температурам  $U_i$  для  $i=1,2$  в два момента времени  $t_1$  и бинарный  $t_2=2t_1$ , параметрами глюкограммы служат: предельная температура  $E_0$  и предельная концентрация глюкозы  $P_0$  крови, которые регистрируют по измеренным концентрациям глюкозы  $P_j$ , где  $j=1,2$  для двух максимальных температур  $E_1$  и кратной  $E_2=nE_1$  термограммы  $U(t)$

$$U = E \cdot (1 - \exp(-\frac{t}{T})), \quad (1)$$

с тождественными границам диапазона параметрами: постоянной времени  $T$  и максимальной температурой  $E$

$$T = \frac{-t_1}{\ln(\frac{U_2}{U_1} - 1)}, \quad E = \frac{U_1}{2 - \frac{U_2}{U_1}}.$$

2. в способе по п.1, в отличие от прототипа, глюкограмма

$$P = P_0 \exp(\frac{E}{E_0}) \quad (2)$$

отражает физику натурального эксперимента, с тождественными границам диапазона параметрами: предельной температурой  $E_0$  и предельной глюкозой  $P_0$

$$E_0 = \frac{E_2 - E_1}{\ln(\frac{P_2}{P_1})}, \quad P_0 = P_1 n - \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}, \quad \text{где } n = \frac{E_2}{E_1}.$$



Таким образом, предложен аналитический контроль длительного мониторинга глюкозы по калибровочным характеристикам термограмм и глюкограммы, адекватно отражающим физику процесса в явном виде за счет параметрической оптимизации предельных параметров по известным мерам границ адаптивного диапазона [3].

### ***Библиографический список***

1. Абуладзе О.К., Сергеева Ю.Б. Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах. – Тамбов: ТГТУ, 2015. – 394 с.
2. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.
3. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.

***Агафонова Н.И., Фролова Т.А.***

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(agafonova.natalya.2011@yandex.ru)*

Тепловидение – абсолютно безвредный метод диагностики различных заболеваний, основанный на регистрации собственного ИК излучения человека в виде температурного поля поверхности тела, которое отражает особенности процессов, происходящих в организме. Высокая эффективность метода подтверждена многолетними исследованиями и широким использованием его в медицинской практике.

В отличие от большинства применяемых в современной медицине методов обследования, инфракрасное тепловидение удовлетворяет критериям диагностических методов, которые могут применяться для целей профилактического обследования. В этом случае учитывается безопасность для здоровья пациента и врача, так как аппараты только регистрируют тепловое излучение от поверхности тела пациента, не излучая; обследование абсолютно безвредно, дистанционно, неинвазивно. Ни один из существующих сегодня диагностических методов не имеет такой широты диагностического диапазона, возможности выявления сразу многих групп заболеваний. Высокая информативность - достоверность тепловизионной диагностики при некоторых заболеваниях приближается к 100%, а в целом составляет для первичных обследований величину порядка 80% . Температурное поле на поверхности любого тела (в том числе и на коже человека) отражает многие внутренние процессы, происходящие в организме.

Важно отметить также низкую стоимость проводимого обследования, быстроту и простоту выполнения, возможность применения тепловизора для целей экспресс-диагностики больших групп населения. Подготовка пациента к тепловизионному обследованию не требует проведения специальных мероприятий и занимает короткий промежуток времени. Результаты обследования отображаются в режиме реального времени на мониторе компьютера, представляют собой динамичное изображение терморельефа кожных покровов с регистрацией цифровых точных показателей кожной температуры, в обязательном порядке записываются и архивируются.

Организм человека представляет собой самоуправляющую систему, поэтому тепловая картина содержит важную информацию о регуляторных системах. Важно заставить организм предоставить эту информацию в полном объеме, это достигается после внешнего воздействия (нагрева или охлаждения отдельного участка тела, изменения сосудистого тонуса и т.д.), температура должна будет стремиться вернуться к исходному уровню. Возникновение температурных перепадов на поверхности тела человека, кроме физической природы (телопередачи), зависит от работы вегетативной нервной системы, вызывающей при любых изменениях тепловой энергии внутренних органов эффект изменения кровенаполнения сопряженной с ним подкожной сосудистой сети, соответствующей данному органу. Совершенствование методик тепловидения должно базироваться на накоплении феноменологических тепловизионных данных о различной патологии. Это должно привести к расшифровке механизмов формирования термопаттернов, на знании которых и должна базироваться современная тепловизионная диагностика.

Конкуренция активных методов исследования, таких как рентгеновского, ультразвукового во многом препятствовала развитию и применению тепловидения, чему способствовали традиции и широкое распространение соответствующей аппаратуры, хотя о вреде рентгеновского облучения было известно давно.

Таким образом, в большинстве случаев термография дает важную, но дополнительную информацию к клинико-рентгенологическим, лабораторным и другим данным. Вместе с тем, существуют такие клинические ситуации, когда только на основании термограмм можно сделать правильные заключения. Термография несет новый вид информации, которая присуща только этому методу. Ценность тепловизионных исследований при различных формах патологии неодинакова, так как степень теплового проявления патологических процессов различна. Следовательно, надо произвести систематизацию накопленных данных об областях использования тепловидения и выделить те области и нозологические формы, при которых его использование наиболее перспективно.

### **Библиографический список**

1. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
2. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.

**Агафонова Н.И.**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНАЛИТИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ**

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: agafonova.natalya.2011@yandex.ru )*

**Аннотация:** Показано достоинство аналитического контроля относительно статистического анализа на примере градуировки прототипа и калибровки инновации импеданса биообъекта [Пат. №2509531 РФ].

**Цель:** Показать эффективность аналитической калибровки относительно статистической градуировки.

**Задачи:** Смоделировать аналитическую калибровку и сравнить со статистическими градуировками.

Убедимся в достоинстве аналитической калибровки на примере прототипа способа определения составляющих импеданса биообъекта.

Способ прототипа заключается в подаче на биообъект импульса стабилизированного тока, измерении напряжения на биообъекте в фиксированные два момента времени после начала импульса тока и дополнительном измерении амплитуды стабилизированного тока  $I_0$ . Моменты времени фиксации напряжения представляют собой  $t_1$  и  $t_2$ , причем  $t_2 = 2t_1$ . В качестве составляющих импеданса биообъекта определяют активное сопротивление  $R$  и эквивалентную емкость  $C$  тканей биообъекта. [1]

Экспериментальная зависимость  $U(t) = U$  динамического процесса от импульса стабилизированного тока изменяется по экспоненциальному закону:

$$U(t) = E \cdot (1 - e^{-t/T}). \quad (1)$$

Экспоненциальная зависимость (1) связывает между собой измеряемое значение амплитуды  $U$  напряжения за время  $t$  исследования до установившегося значения потенциала  $E$  с постоянной времени  $T$ .

Для моделирования статистической градуировки прототипа в аналитической калибровке инновации зададим различные отношения  $n = t_2/t_1$  интервалов времени  $t_1$ ,  $t_2$  начала и конца границ диапазона. Границе  $t_1 = 2$  сопоставим отношения  $n_i = 1,7 - 2,4$  с шагом 0,1 и для фиксированных моментов времени  $t_{21} - t_{28}$  рассчитываем значения напряжения статистических градуировочных характеристик

$$U_{2i} = E_{2i} \cdot (1 - e^{-t_{2i}/T_{2i}}). \quad (2)$$

В выражении (2) по биному Ньютона найден алгоритм расчета постоянной времени  $T_{2i}$ , и по аналогии алгоритм установившегося потенциала  $E_{2i}$ .

По полученным данным строим статистические градуировочные характеристики с оценкой их отклонения от эквивалента калибровочной характеристики по относительной погрешности.

Анализ градуировочных характеристик показывает, что максимальной мерой служит калибровочная характеристика инновации относительно несопоставимых градуировочных характеристик прототипа из-за статистического анализа. Оптимальные режимы и оперативность измерения и контроля регламентированы постоянной времени калибровки, которая служит мерой разброса параметров статистической градуировки.

Аналитическая калибровка сводит до минимума аддитивные и мультипликативные, случайные и систематические нелинейности и дрейфы за счет исключения методической и динамической погрешности нормированными мерами известных образцов границ адаптивного диапазона.

Таким образом, по отношению к статистической градуировке только аналитическая калибровка является нормированной мерой, адекватной физике эксперимента, а калибровочная характеристика инновации является оптимальной мерой оценки отклонения статистических характеристик градуировки.

### ***Библиографический список***

1. Пат. 2509531 РФ, МПК А 61 В 5/053. Способ определения составляющих импеданса биообъекта [Текст] / А.В. Наумова, Е.И. Глинкин; заявл.04.07.2012; опубл.20.03.2014, Бюл.№8.

***Алибаев Б.Т.***

### **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВОК**

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования  
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»  
(vniitinlab7@yandex.ru)*

Сельскохозяйственное производство остается одним из крупнейших потребителей энергии. Одним из направлений энергосбережения в сельском хозяйстве, позволяющим достичь значительной экономии энергии является максимальное повышение доли дизельного транспорта с одновременным улучшением качественных показателей дизельного топлива. В этой связи большой потенциал имеют исследования по разработке новых добавок для нефтепродуктов, в том числе с использованием нетрадиционных возобновляемых источников сырья [1].

В качестве биодобавок можно рассматривать как традиционное биотопливо первого - второго поколений, представляющее собой сложные эфиры на основе триацилглицеридов растительных масел и простых спиртов, так и другие соединения, например, амины или амиды. определенный интерес представляют добавки на основе наноматериалов.

Для экспериментов использовали смеси товарного дизельного топлива с моноэтаноламидами и триэтаноламидами на основе рыжикового масла, его метилового эфира, полимеризованным и окислированным рыжиковым маслом, а также с наноструктурированным углеродом «Таунит», производства ООО «Нанотехцентр».

Синтез добавок на основе рыжикового масла и его метилового эфира осуществляли при температуре 120 - 130 °С для этаноламидов и 160 - 180 °С для триэтаноламидов, на основном катализаторе. Синтез окислированного и полимеризованного масла осуществляли в течении 4 часов при периодическом пропускании воздуха и 10 часов в случае полимеризации без доступа воздуха. полученные соединения смешивались с дизельным топливом в количестве 1 % от массы чистого топлива.

Смазывающие свойства дизельного топлива с добавками исследовали по изменению диаметра пятна износа шариков на четырехшариковой машине трения при температурах 20 и 60 °С

Экспериментально показано, что этаноламиды высших алифатических кислот и продукты взаимодействия растительного масла и триэтаноламина могут быть использованы как противоизносные присадки. Улучшение смазывающих свойств дизельного топлива, содержащего 1 % этих компонентов достигает 11-25 % при 20 °С и 20-31 % при 60 °С.

Ещё более эффективными добавками являются полимеризованное и окислированное рыжиковое масло. В случае их применения улучшение смазывающих свойств дизельного топлива может достигать 49 %.

Таким образом, масла технических непищевых культур, в частности рыжика, могут служить сырьем для получения противоизносных компонентов полифункциональных добавок.

Введение 0,1 % «Таунита» в дизельное топливо, как и в случае с биодобавками, приводит к улучшению смазывающей способности, однако ухудшает товарный вид продукта. кроме того, без применения пав коллоидная система «Дизельное топливо – Таунит» является малостабильной и уже через 24 часа большая часть частиц оседает на дно сосуда. При этом топливо по внешнему виду становится прозрачным, но имеет сероватый оттенок, в отличие от ярко выраженного желтого оттенка исходного образца. это может свидетельствовать об остаточном содержании наноструктурированного углерода в топливе.

По результатам экспериментов установлено, что оставшегося количества «Таунита» достаточно для улучшения смазывающей способности топлива на 9,7 % (при 20 °С) и 7,1 % (при 60 °С) по сравнению с исход-

ным топливом без добавок. В тоже время через час после внесения добавки улучшение составляло 12,2 % (при 20 °С) и 11,9 % (при 60 °С) соответственно.

Полученные результаты позволяют предположить, что попадание наноструктурированного углерода в среду дизельного топлива является положительным фактором, с позиции улучшения смазывающей способности, однако его влияние на другие характеристики топлива требуют дальнейших исследований.

#### ***Библиографический список***

1. Романцова С.В., Алибаев Б.Т., Корнев А.Ю., Нагорнов С.А. Получение присадок для дизельного топлива, используемого в сельском хозяйстве // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 54-62.

***Андреанов Д.И.***

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(mitia.andrianow2016@yandex.ru)*

Аппарат ЭХВЧ – прибор, используемый в высокочастотной электрохирургии (ЭХВЧ), представляет собой высокочастотный генератор с широким спектром аксессуаров, позволяющих применять аппарат во многих областях медицины, нейрохирургии, гинекологии, стоматологии, оториноларингологии, онкологии.

ЭХВЧ – это метод физико-механического воздействия на биологическую ткань посредством прохождения через нее высокочастотного электрического тока с целью резания и коагуляции.

- резание – это рассечение ткани тела, вызванное протеканием высокочастотного тока высокой плотности в месте приложения активного электрода;
- коагуляция – это закупорка кровеносных сосудов или сваривание ткани тела, вызванное прохождением тока высокой частоты в месте приложения активного электрода.

Описать механизм воздействия высокочастотного тока (ТВЧ) можно следующим образом. При протекании ТВЧ по биологической ткани, высокая удельная мощность тепловыделения приводит к резкому испарению внутриклеточной жидкости. Вследствие чего образуется большое количество микроскопических пузырьков пара, которые приводят к резкому увеличению внутриклеточного давления и разрыву ткани. Также возможно и «оплавление» ткани в области приложения активного электрода, как следствие, гемостаз. Таким образом, в зависимости от температуры нагрева можно обеспечить режим резания или коагуляции. Решение данной задачи в аппаратной части определяется следующими факторами: структурой, материалом и формой поверхности активного электрода, величиной выходного напряжения, частотой тока.

Все электрохирургические аппараты независимо от их схемотехнического решения используют один из двух (или оба) режимов электрохирургического воздействия – монополярный, с использованием активного и пассивного электрода и биполярный с использованием двух активных электродов.

Говоря о перспективах развития, нужно отметить следующее: одним из возможных направлений развития аппаратов для электрохирургии является возможность их применение к пациентам с металлическими имплантатами, датчиками и т.д.

Однако самыми предпочтительными направлениями развития среди производителей являются [1-4]:

- поиск более лаконичного схематического решения, уменьшение габаритов техники;
- создание удобной системы управления с цифровой индикацией уровней мощности во всех режимах и запоминанием установленного состояния;
- автоматизация электрохирургического воздействия;
- улучшение качества рабочих инструментов, что поможет снизить толщину коагулированного слоя;
- решение проблемы с испарением, которое зачастую мешает выполнению поставленной задачи.

#### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.
4. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.

**Бабашкина А.П.**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
anuta.babashkina@yandex.ru, glinkinei@rambler.ru*

Современная медицина немыслима без адекватного мониторинга физиологических переменных и их динамики, что обеспечивает правильное понимание процессов, происходящих в организме больного и проведение рациональных лечебных мероприятий. Сегодня большинство пациентов с сахарным диабетом (СД) сознают важность самоконтроля уровня сахара крови и, как правило, проводят его с помощью индивидуальных глюкометров, что крайне важно для предупреждения развития грозных поздних осложнений заболевания. Однако по последним данным международных исследований рутинные точечные измерения в дневное время не позволяют адекватно оценить амплитуду колебаний сахара в крови в течение суток. Более того наиболее сложным как для врача, так и для пациента представляется оценка уровня сахара крови в течение ночи [1].

Цель работы: создать инновацию, исключающую методическую погрешность и повышающую оперативность.

Эффективность — это ожидаемый эффект от использования инновации. Для определения эффективности необходимо сравнить инновацию с аналогами. Мерой эффективности инновации служит уровень обеспечиваемых ею технико-экономических показателей, т.е. технический уровень продукции или уровень ее качества. Адекватность — это уровень соответствия образа, создаваемого с помощью информации, реальному объекту, процессу, явлению.

Известен способ определения концентрации глюкозы в крови человека [см. №2518134 (РФ): Способ определения концентрации глюкозы в крови человека, А61В5/145,2014]. Изобретение относится к способам медицинского обследования человека нехирургическими методами, а именно к определению концентрации глюкозы в крови человека на основе измерения электрического сопротивления части тела.

К недостаткам способа относится то, что способ в соответствии с настоящим изобретением основан на вычислении значений приращения концентрации глюкозы в крови человека с последующим суммированием этих значений, следовательно, перед началом измерений импеданса производят измерение концентрации глюкозы в крови любым другим доступным способом, инвазивным или неинвазивным, значение которой принимают за начальное. Хотя изобретение и может быть реализовано в виде достаточно простого измерительного устройства, имеющийся недостаток затруднит его реализацию в качестве неинвазивного глюкометра (будет требовать его калибровки).

В данной статье рассмотрим эффективность по точности  $\mu$  разрабатываемого способа  $\eta^*$  (рис.1, кривая 1) относительно известных технических решений  $\eta$  (рис.1, кривая 2)

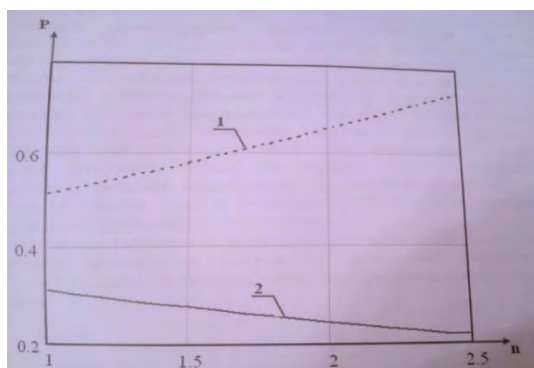


Рис.1. Эффективность предлагаемого способа

Из графиков, приведенных на рисунок 1 видно, что эффективность разрабатываемого способа (кривая 1) в среднем более чем в 2 раза выше эффективности известных технических решений (кривая 1). Относительная эффективность по точности  $\mu$  для  $1,3 \leq n \leq 2,3$  лежит в пределах  $1,905 \leq \mu \leq 3,127$ . Следовательно, эффективность разрабатываемого способа более чем в 1,9 раз выше эффективности известных технических решений и растет с увеличением отношения давлений  $n$ .

Таким образом, измерение глюкозы в крови по калибровочной характеристике с нормированными предельными параметрами, регламентируемыми нормируемыми значениями границ адаптивного диапазона, в отличие от известных технических решений, более чем в 2 раза повышает эффективность по точности, что ведет к снижению методической погрешности, и исключает инструментальную погрешность, носящих систематический и случайный характер, что в итоге повышает метрологическую эффективность определения концентрации глюкозы по давлению.

**Боброва Ю.О.**

### **УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПЛОДА ПРИ МНОГОПЛОДНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(yul.bobrova@gmail.ru)*

За последние десятилетия отмечается резкое возрастание количества многоплодной беременности. Этот факт связывают с развитием и внедрением современных методов лечения бесплодия, в частности экстракорпоральное оплодотворение и стимуляции овуляции. В настоящий момент частота таких случаев находится в пределах 1.4-2.4% от общего числа случаев. При этом вероятность появления двойни при применении искусственных репродуктивных технологий достигает 20-30%. [1]

Одновременно с этим необходимо учитывать, что многоплодная беременность представляет собой высокий риск как для материи, так и для младенцев. Пациентки с многоплодной беременностью находятся в группе повышенного риска перинатальных осложнений. Возрастает вероятность неонатальной заболеваемости и смертности, поражение центральной нервной системы, нарушение кровообращения и адаптационная дисфункция. Так же стоит заметить, что частота различных гестационных осложнений возрастает пропорционально числу плодов.

Многоплодная беременность осложняется из-за неравномерного развития одного и нескольких плодов, фето-фетального трансфузионного синдрома (ФФТС), что может привести к летальному исходу. Распространенным фактором, связанным с неонатальной смертностью и заболеваемостью при беременности двойней, является малая масса и недостаточная активность каждого из плодов.

Двигательная активность – одна из важнейших характеристик при анализе функциональных параметров плода. Она является результатом ранней нейронной активности и является показателем нормального развития центральной нервной системы. Аномальная активность может стать показателем дистресса плода, плацентарной дисфункции или нарушения церебральных структур.

В настоящий момент существуют два основных способа регистрации движений плода: пассивное и активное. Пассивные методы включают: фонографию, токодинамометрию, а так же методы, основанные на использовании акселерометрических систем. Активным методом относят ультразвуковые исследования, который использует высокочастотные звуковые волны, направленных на плод. Данный метод является более точным, но не обеспечивает должной мобильности пациентки, которое необходимо для изучения подвижности плодов.

Акселерометры, существующие на настоящий момент, дают возможность разработать систему, предназначенную для неинвазивной диагностики фетальной активности. Последние достижения в области твердотельных технологий позволили создать более мощные и чувствительные акселерометры, а так же минимизировать их размеры и увеличить прочность, что позволяет использовать их в длительном мониторинге беременных женщин.

Данная система позволит повысить эффективность медицинского наблюдения беременных женщин при многоплодной беременности, находящихся в группе риска, за счет осуществления непрерывного контроля, экстренного обнаружения тревожных состояний и своевременным взаимодействием с врачом.

### **Библиографический список**

1. Коротеев А.Л., Михайлов А.В., Константинова Н.Н. Современное представление о тактике ведения многоплодной беременности на ранних сроках // Журнал акушерства и женских болезней. 2001. - №2. - С. 27-30.
2. Макарова Е.Е., Гудимова В.В., Глиняная С.В. Исходы многоплодной беременности для плода и новорожденного // Рос.вестник акушера гинеколога.- 2001. - № 1. - С 46-49.

**Бодин О.Н. Убиенных Г.Ф. Убиенных А.Г. Полосин В.Г.**

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕРДЦЕ ЧЕЛОВЕКА**

*Пензенский государственный университет  
(bodin\_o@inbox.ru, utolg@mail.ru)*

По данным ВОЗ сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смерти в мире, что соответствует 30% от общего числа смертей или 17 миллионам человек в год [1]. Внезапная смерть составляет около 40-50% всех случаев смерти от ССЗ, и в 80% случаев внезапная смерть вызвана аритмией, что было показано с помощью имплантируемых дефибриляторов, которые регистрировали ЭКГ непосредственно в момент смерти [1].

Одной из причин возникновения аритмий является механизм повторного обратного входа волны, или риентри (от англ. re-entry). Риентри представляет собой режим, при котором волна возбуждения циркулирует по кругу. Такая циркуляция может возникнуть вокруг естественной неоднородности (шрама, крупной артерии), если каким-то образом симметрия проведения возбуждения оказывается нарушена, и циркуляция начинается в одном из направлений. К примеру, возникает участок, который пропускает волны возбуждения только в одном направлении.

Целью работы является исследование с помощью математического моделирования круговых автоволн в предсердиях с учетом в первом приближении геометрии предсердий.

Для математического исследования автоволновых процессов в активных средах в настоящее время принято рассматривать системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа. В настоящей работе использованы уравнения ФитцХью-Нагумо [2]

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= C\varepsilon^{-1} \left( u - \frac{u^3}{3} - v \right) + \Delta u \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= \varepsilon ( u + \beta - \gamma v )\end{aligned}\tag{1}$$

с параметрами  $\varepsilon = 0.03$ ,  $\beta = 0.7$ ,  $\gamma = 0.8$ . Эти уравнения, как известно, являются наиболее подходящими для концептуальных исследований волн вихревого типа в предсердиях [3].

Уравнение (1) в двумерной области имеет бесконечно большое количество топологически различных решений. Конкретное решение из бесконечно большого их количества может быть получено путем задания специально подобранных начальных условий или специально подобранных внешних воздействий. В работе исследовались следующие способы возбуждения волн риентри при отсутствии внешнего возбуждения:

1. Воздействие возбуждения в сочетании с однонаправленным блоком возбуждения.
2. Воздействие частью простой автоволны.
3. Возбуждение в хвост автоволны.
4. Создание участка временной рефрактерности на фиксированном участке канала.

Указанные способы достаточно полно отражают большинство известных способов возбуждения волн риентри.

Приближенное решение уравнения (1) сеточными методами в областях сложной формы и при наличии неоднородностей в области встречает значительные технические трудности. Для преодоления их в работе использовался метод сканирования, предложенный в [4]. Метод основан на использовании конечно-разностной пространственной аппроксимации системы (1) и решении полученной системы обыкновенных дифференциальных уравнений одним из численных методов по 6 траекториям, одна из которых (ведущая) равномерно сканирует область сложной формы, а другие траектории образуют точки, лежащие слева, справа, сверху и снизу от любой точки ведущей траектории. Шестая траектория описывает граничные условия.

Моделирование волн риентри в предсердиях сердца с учетом в первом приближении их геометрии проводилось в среде MATLAB. Проведенные вычислительные эксперименты подтверждают возможность существования разнообразных топологически различных волн риентри в предсердиях, вызывающих аритмию типа трепетаний предсердий.

### **Библиографический список**

1. R. Mehra, "Global public health problem of sudden cardiac death.," Journal of electrocardiology, vol. 40, pp. S118–22, Jan. 2007.
2. R. FitzHugh, "Mathematical models of threshold phenomena in the nerve membrane," The Bulletin of Mathematical Biophysics, vol. 17, pp. 257–278, Dec. 1955.
3. Алиев Р.Р. Концептуальные и детальные математические модели электрической активности миокарда: Дисс. ... д-ра физ.-мат. наук. Пушкино, 2007.
4. Калужный И.М. Вычислительная система для исследования автоволновых процессов // Программные продукты и системы, 2011, № 2. – С. 122 – 125.

**Болдырев Д.В.**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ОБЛАСТИ ЛАБОРАТОРНОЙ МЕДИЦИНЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(d.boldyreff2012@gmail.com)*

Компьютерное моделирование динамического процесса относится к области медицины, а именно к лабораторной клинической диагностике и может быть использовано для проведения лабораторных анализов, а также в исследовательских целях. В данном методе определение действительной характеристики динамического процесса происходит при неизвестном информативном параметре - постоянной времени  $T$ .

Сущность метода определения действительной характеристики динамического процесса при неизвестной постоянной времени  $T$  можно разделить на следующие этапы:

1. Определяем максимальную величину известного информативного параметра  $E$  по калибровочной функции  $E_i(t) = E_i$ .

2. Проводим калибровку априори для двух известных эталонных  $u_{эi}$  и измеренных  $u_i$ ,  $i = \overline{1,2}$  значений верхней и нижней границ адаптивного диапазона динамической характеристики в два кратных момента времени измерения  $t_1$  и  $t_2 = 2t_1$ .

Амплитуда напряжения  $u$  в заданные моменты времени  $t$  связаны алгебраическим оператором (математической моделью, адекватной физике заряда интегратора) экспоненцирования:

$$u(t) = E(1 - e^{\frac{-t}{T}}),$$

с предельными параметрами:  $E$  – напряжение насыщения и  $T$  – постоянная времени.

3. Калибровочной характеристикой служит функция  $E_i$  напряжения насыщения, компенсирующая неопределенность постоянной времени  $T^*$ , выбранной, и связывающая эталонную  $u_{эi}$  и измеренную  $u_i$  зависимости за счет нормирования измеренных значений известными; по калибровочной характеристике  $E_i$  восстанавливаем характеристику  $u_i$ , которая максимально приближена к эталонной  $u_{эi}$ .

4. По калибровочной характеристике  $E_i$  находят действительные значения постоянной времени  $T$  и напряжения насыщения  $E$ , которые являются информативными параметрами, доставляющими оптимум калибровочной характеристике. По полученным информативным параметрам строят калибровочную характеристику  $E_i$ , по которой находят действительное значение амплитуды напряжения  $h_{di} = h_{эi}$ , тождественное эквиваленту, а также определяют скорость изменения напряжения  $v(t)$ :

$$V(t) = \frac{E}{T} e^{\frac{-t}{T}}.$$

Авторский способ аналитического контроля, в отличие от широко применимых статистических методов, показывает свою эффективность за счет устранения и методической, и динамической погрешности из-за калибровочной характеристики, компенсирующей произвольность постоянной времени  $T^*$ .



### *Библиографический список*

1. Глинкин Е.И., Глинкин М.Е. Технология аналого-цифровых преобразователей. Тамбов: ТГТУ, 2008. 140 с.
2. Фролова М.С., Фролова Т.А. Разработка информационной модели медицинского прибора на примере биохимического анализатора // Ползуновский альманах. 2016 №2. С.124-132.
3. Семенов Д.Д., Фролова Т.А. Основные тенденции обработки информации в приборах для измерения параметров дыхательной системы // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II международной научно-практической конференции. – Вып. 2 : в 2 т. / под общ. ред. В. А. Немтинова ; ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. II.
4. Синдеев С.В., Фролов С.В. Многомасштабное моделирование сердечно-сосудистой системы для оценки церебрального кровообращения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12(5). – С.950-954.
5. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
6. Патент РФ №2516914. Способ определения динамики изменения скорости оседания эритроцитов / А.С. Суслина, Е.И. Глинкин. – МПК G 01 N 33/49, Бюл. №14.
7. Глинкин Е.И., Болдырев Д.В. Способ определения динамики изменения скорости оседания эритроцитов // Вестник ТГУ, т. 22, вып. 1. – 2017. – С. 109 – 115.

*Бондаренко И.С.*

### **МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ В РАМКАХ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ**

*Российский государственный социальный университет  
(irisha-bond@rambler.ru)*

Ежедневно население планеты выбрасывают тысячи тонн ненужных, использованных материалов, состоящих в основном из разнообразного мусора: ценные металлы, стеклянные бутылки и контейнеры (пригодные для дальнейшего использования), макулатура, пластик, пищевые отходы и т.д. Наряду с вышеперечисленным в этой смеси содержится еще большее количество опасных отходов: ртуть из батареек, фосфоро-карбонаты из флуорисцентных ламп и токсичные химикаты из бытовых растворителей, красок и предохранителей деревянных покрытий.

Поэтому одним из важнейших элементов политики в области утилизации отходов является повышение эффективности ликвидации отходов в региональном разрезе, а также на уровне местного самоуправления с точки зрения экологической безопасности.

Если сравнить характеристику степени переработки коммунальных отходов Российской Федерации и Евросоюза, то можно увидеть следующую информацию:

- В среднем по Европейскому Союзу перерабатываются в энергию 20 % отходов, перерабатываются в материалы – 40 % и подлежат захоронению – 40 % отходов;

- В России же перерабатываются в материалы 5-7 % отходов, а подлежат захоронению – 93-95 % мусора.

Механизм управления отходами включает в себя разработку и реализацию необходимой нормативной базы на всех уровнях государственной вертикали власти. Систему управления отходами в России можно представить следующим образом [1; 3; 4]:

- лимит образования отходов, учет и нормативы образования отходов, и, непосредственно, образование отходов;

- состав отходов;

- сбор отходов;

- транспортировка (логистические механизмы);

- вторичное применение, переработка;

- захоронение, утилизация;

- контроль оборота отходов.

Что касается экологически безопасной утилизации отходов, то в рамках системы повышения безопасности мы предлагаем внедрение следующего механизма [2]:

- внедрение на утилизационных предприятиях высокотехнологичных наукоемких производств;

- применение термической переработки отходов;

- осуществление переработки мусора плазменным способом;
- использование ионообменных мембран для утилизации (хранения) отходов атомных электростанций и др.

Таким образом, можно сказать, что анализ мероприятий по управлению сбором, переработкой и утилизацией отходов в регионах показывает уровень образованности в данной сфере ниже среднего, как сотрудников органов власти, так и органов местного самоуправления. Поэтому для эффективной реализации программ ликвидации отходов на региональном и государственном уровне необходимо наличие квалифицированных специалистов в данной области. Ведение регулярной пропаганды по существующему вопросу – еще один приоритетный момент в увеличении эффективности управления отходами региона. Нельзя не отметить, что существующие в настоящий момент программы регионального развития в этой области нуждаются в доработке и адаптации к постоянно изменяющимся реалиям рыночного механизма, как региона и страны, так и мира в целом.

### ***Библиографический список***

1. Ахмедов А.Э., Ахмедова О.И., Шаталов М.А. Формирование системы управления отходами в Российской Федерации // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. IV международная научная экологическая конференция. Краснодар, 2015. С. 718-721.
2. Байлагасов Л.В., Яськов М.И., Политова Н.Г. Анализ тематики выпускных квалификационных работ экологов-природопользователей Горно-Алтайского государственного университета // Устойчивое развитие науки и образования. 2017. № 2. С. 183-192.
3. Кабанцева Н.Г. Некоторые аспекты формирования отечественного рынка экологического страхования // Устойчивое развитие науки и образования. 2016. № 3. С. 68-73.
4. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Формирование системы глубокой переработки отходов промышленно-производственных подсистем АПК // Агротехника и энергообеспечение. 2015. № 3. С. 185-190.

***Васильева Я.М., Лаврентьев Б.Ф.***

### **ГОРОД ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ**

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет,  
Россия, Йошкар – Ола.  
(Lavrehtevbf@marstu.net)*

Современный город – это очень большое достижение человечества. Он должен иметь широкие улицы, чтобы множество машин могло свободно проезжать по ним. А еще ровные тротуары, по которым не жалко ходить в самой красивой обуви. В современном городе должно быть большое количество различных парков, скверов, развлекательных и культурных центров, зоопарков, ботанических садов, цветомузыкальных фонтанов, памятников и скульптур.

Жители современного города обычно работают в различных районах города, а вечером возвращаются в спальные районы в уютные квартиры многоэтажек, которые отличаются комфортом и уютом: электричество, газ, горячая вода, мусоропровод, канализация и центральное отопление. Не менее важно в современном городе иметь прекрасные дороги и развитый общественный транспорт.

Главное современный город должен свое лицо, свою национальную культуру, обычаи, свои культурные, учебные и развлекательные центры, свои неповторимые архитектурные объекты, в котором можно жить, работать, учиться, отдыхать, создавать семью.

Сотрудникам Поволжского государственного технологического Университета (ПГТУ) в течение 15 лет посчастливилось принимать активное участие в многочисленных научных экспедициях по исследованию Мирового Океана на научно-исследовательских судах АН СССР, во время которых посетили более 35 стран мира. Помимо основных задач по изучению волновых процессов в океане с применением разработанной нами уникальной научной аппаратуры, нас интересовала жизнь в этих странах, архитектура городов, отношение властей к жителям своей страны и особенно к детям, наличие и особенности культурных, развлекательных и оздоровительных учреждений. Наибольший интерес представляет республика Сингапур. В стране большое количество памятников, парков, развлекательных и культурных центров зон отдыха. Особенно поражает чистота и порядок в городе, отсутствие очередей, развитый общественный транспорт, забота о жителях и, конечно, забота о детях. Сингапур – это современный город и многое из опыта его строительства можно было бы перенести в наши Российские города, чтобы жители этих городов жили бы в мире, согласии в соответствии со своими национальными традициями, могли работать, учиться и отдыхать в условиях национальной культуры.

В Поволжском государственном технологическом университете в 2014 -2016 годах на базе зарубежного опыта разработан эскизный проект сказочного города для столицы Республики Марий Эл и выпущен сборник статей // *Ресурсы робототехнических конструкций как инструмента воспитания и образования детей и юношества. Сборник статей по гранту РГНФ № 15-06-10686 ПГТУ, 2016 . с 136* Проект «Сказочного города» можно реализовать в течении 1 – 2 лет и превратить столицу нашей республики в жемчужина Поволжья . **Для этого предлагается :**

1.1. Создать «Сказочный» театр кукол в городе Йошкар-Оле Ориентировочная стоимость работ - 10 – 30 мил. руб.

1.2 . Динамический цветомузыкальный фонтан на площади Ленина, Ориентировочная стоимость работ - 10 – 25 мил. руб.

1.3. Плавающий динамический цветомузыкальный фонтан на реке с эстрадной площадкой для артистов .

1.4. Установить в культурно- развлекательном центре художественную робототехническую композицию «Бременские музыканты» и динамический цветомузыкальный фонтан «Дюймовочка» / . Ориентировочная стоимость работ 10 – 15 мил. руб.

1.5. Установить в десяти детских дошкольных садах информационные робототехнические конструкции «Попугай», «Сказочник» и др Ориентировочная стоимость работ 2,0 – 3 мил. руб.

1.6. Установить в пяти детских больницах робототехнические конструкции «Айболит». Ориентировочная стоимость 1,0 – 1.6 мил. руб.

1.7. Установить в 3 – 5 музеях РМЭ робототехнических экскурсоводов Ориентировочная стоимость 1 – 3 мил. руб. и т.д.

#### ***Библиографический список***

1. Лаврентьев Б.Ф «Через три океана» Путевые заметки 2010
2. Лаврентьев Б.Ф // Ресурсы робототехнических конструкций как инструмента воспитания и образования детей и юношества. Сборник статей по гранту РГНФ № 15-06-10686 . ПГТУ, 2016 с 135

***Венцера Н.В.***

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(natalia.ventzerova@gmail.com)*

Электроэнцефалография (ЭЭГ) предлагает платформу для изучения функционального состояния головного мозга при различных неврологических заболеваниях. Это определённый раздел электрофизиологии, занимающийся изучением и исследованием электрической активности головного мозга и отдельных его частей. Но сейчас интерес к этому методу существенно снижается. В частности из-за того, что анализ данных нельзя уместить только в рамки изменений частотно-волновых гармонических характеристик.

Цель работы заключается в том, чтобы привлечь внимание к данному виду исследования и показать существующие перспективы развития как и при диагностики заболеваний, так и при устранении артефактов при записи ЭЭГ.

Проведя обзор источников, хочется обратить внимание на то, что сегодня диагноз болезни Альцгеймера проводится с использованием субъективных исследований психического статуса, которые помогают в исследованиях с помощью редких и дорогостоящих нейровизуализационных сканов и инвазивных лабораторных тестов. Все это делает диагностику трудоёмкой, географически ограниченной и дорогостоящей. В связи с этими ограничениями, количественный анализ электроэнцефалографии (ЭЭГ) был предложен как неинвазивный и более удобный метод для исследования болезни Альцгеймера (АЛ). Недавно были предложены обнадёживающие результаты, используя алгоритмы автоматического удаления артефактов (АУА) в сочетании со стандартными установками ЭЭГ. Также предлагается автоматизированная система диагностики АЛ, основанная на низкоуровневой(7-канальной) настройке ЭЭГ. После АУА вычисляются общие особенности ЭЭГ, спектральная мощность и когерентность, а также функции амплитудной модуляции. Полученные функции используются для обучения и тестирования предлагаемой системы диагностики.

Таким образом, постоянное усовершенствование и доступность как самих аппаратов, так и программного обеспечения, позволяет поддерживать уровень этих приборов в соответствии с высокими требованиями нашего времени.

С каждым годом появляются новые способы обработки данных ЭЭГ. На данный момент российская компания «Объединенная приборостроительная компания» приступила к испытаниям нейро-компьютерного интерфейса (НКИ), который позволяет мозгу приказывать электронному устройству с помощью силы мысли.

В настоящее время электроэнцефалография один из лучших методов в диагностировании болезни Альцгеймера, являющийся еще и более доступным по сравнению с другими. Этот метод имеет большие перспективы в будущем, так как головной мозг все еще не изучен полностью, а интерес к нему растет все больше и больше. Если сейчас обмен информацией между мозгом и компьютером представляется возможным, то в скором будущем возможна разработка приборов, значительно облегчающих жизнь, которые были просто невозможны десятки лет назад [1-6].

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
6. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58). С.139-145.

***Гладышева Ю.А.***

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНА**

*Тамбовский государственный технический университет  
(vfkoks@icloud.com)*

Электросон - это метод электротерапии, в основе которого лежит использование импульсных токов низкой частоты.

В настоящее время существует большое количество приборов и аппаратов, позволяющих использовать данный метод терапевтического воздействия.

Аппарат для терапии электросном, такой как ЭС-10-5 предназначен для дозированного воздействия на кору головного мозга импульсным током прямоугольной формы и применяется в педиатрии, кожной клинике, гинекологии, для лечения нервно-психических заболеваний, в хирургической практике и др.

Аппарат ЭС-10-5 обеспечивает генерирование импульсов тока низкой частоты прямоугольной формы в непрерывном режиме работы.

Колебания подводятся к электродам маски, которые накладываются на область глазниц и затылочную часть головы. Имеет повышенную степень защиты от поражения электрическим током и не требует защитного заземления.

Анализ клинических наблюдений показал, что процедуры электросонотерапии способствуют: нормализации нервной деятельности, повышению порога болевой чувствительности, улучшению функций головного мозга, улучшает сосудистую реактивность, кровоснабжение головного мозга, способствует восстановлению функционального состояния головного мозга. При электросне улучшается насыщение крови  $O_2$  до 98% , нормализуется работа свертывающей и антисвертывающей систем крови кислородом, нормализуется дыхание, давление.

Можно выделить два основных направления в действии электросна на организм человека: седативное (противострессовое) и стимулирующее (повышающее общий тонус). Тем не менее, приближаясь по своему характеру к нормальному сну, электросон обладает некоторыми особенностями: оказывает антигипоксическое

и антиспастическое действие; в отличие от медикаментозного сна не дает интоксикаций и осложнений; оказывает нормализующее влияние на многие функциональные системы организма, восстанавливает состояние гомеостаза.

Применение электросна в комплексе с инсулинотерапией, а также в комплексе с психотропными средствами показало, что включение электросна в комплекс антипсихотической медикаментозной терапии, приводит к уменьшению дозировок психотропных средств как в период обострения психотической симптоматики, так и при поддерживающей терапии в период неполного выхода из психоза, неполных ремиссий и реактивных состояний в период ремиссий.

В психиатрии оказалась перспективной разработка более адекватных комплексов электросна и психофармакологических средств как для более эффективного лечения функциональных расстройств, так и для лечения психотических расстройств.

Открытие все новых свойств терапевтического действия электросна делает перспективным дальнейшее расширение сфер его использования в различных областях медицины. При этом лечебный эффект электросна может быть усилен разработкой лечебных комплексов с индивидуальным подходом к каждому пациенту.

Дальнейшие исследования позволяют разрабатывать новые модификации электросонотерапии, найти дополнительные области применения метода [1-4].

### ***Библиографический список***

1. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.
2. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 3 (53). – С. 68-80.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50-61.

***Горайнов Р.Ю., Говорухина Т.Н.***

### **АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ**

*Юго-Западный государственный университет  
(romanrulezzz@mail.ru, govtn@mail.ru)*

Бронхиальная астма (БА), обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), являются наиболее распространенными хроническими заболеваниями органов дыхания. В различных регионах мира заболеваемость составляет 1 до 30 %. Официальная статистика говорит о низкой распространенности заболеваний легких в России (БА выявлена у 1—2 % населения страны). Эти данные не отражают истинной картины заболеваемости в стране. Проведенные в исследования в Москве, Новосибирске и других городах свидетельствуют о наличии симптомов БА у 5—7 % населения [1].

БА и ХОБЛ - заболевания органов дыхания, характеризующиеся хроническим воспалением дыхательных путей. Наиболее эффективным является лечение этих заболеваний при точно установленном диагнозе [2]. Однако в 20-25 % случаев остаются значительные трудности дифференциальной диагностики, а также до 10 % случаев БА может сочетаться с ХОБЛ, что также снижает эффективность лечебного контроля над этими заболеваниями [2].

Современная пульмонология стремится не только своевременно диагностировать заболевания легких, но и качественно мониторировать эффективность проводимого лечения для профилактики обострений и предупреждения прогрессирования заболевания. Этим объясняется обновившийся и все расширяющийся арсенал диагностических методик для динамической оценки функционального состояния респираторного тракта.

Традиционно применяются пневмотахометрия, спирометрия, а также различные тесты на выявление бронхиальной гиперреактивности (чаще всего — с дозированной физической нагрузкой, реже — с метахоли-

ном, гистамином, ингаляциями сухого и холодного воздуха, аллергенов) и бронхолитические пробы для выявления обратимости вентиляционных нарушений [3]. Данные методики хорошо стандартизированы, высоковоспроизводимы, но требуют хорошей кооперации с пациентом для правильного выполнения дыхательных маневров, что невозможно в детском возрасте.

Ультразвуковые технологии (УЗ) позволили проводить высокоточную спирометрию с минимальным риском инфицирования пациентов. Традиционно определение статических легочных объемов проводится методом бодиплетизмо-графии, позволяющим вычислить общую емкость легких и их структуру, а также — величину бронхиального сопротивления. УЗ-приборы снабжаются сенсором, определяющим молярную массу газа, вычислить истинные значения статических легочных объемов с расчетом функциональной остаточной емкости и индекса неоднородности вентиляции, а наличие инфракрасного датчика позволяет провести простое и быстрое измерение диффузионной способности легких по оксиду углерода. Следует отметить, что данные методики требуют дорогостоящего оборудования, довольно трудоемки и также имеют возрастные ограничения [2, 3].

Рентгенологическое обследование является основой диагностики пылевых заболеваний легких, однако не всегда проводится или является малоинформативным в виду недостаточной разрешающей способности применяемых аппаратов для исследования функции внешнего дыхания [3].

В настоящее время, как для врача, так и для пациента исключительно важны общедоступные способы индивидуального мониторинга эффективности назначенного лечения.

Всё это ведет к необходимости создания и совершенствования автоматизированных систем прогнозирования и ранней диагностики заболевания системы дыхания. Актуальности данной проблемы нередко способствуют недостаточное внимание к своему здоровью лиц, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

#### ***Библиографический список***

1. Безруков Н.С. Автоматизированная система диагностики заболеваний лёгких / Н.С. Безруков, Е.Л. Еремин, Ю.М. Перельман // Проблемы управления. — 2007. - №5. — С.75-80
2. Гринштейн Ю.И. Дифференциальная диагностика бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких / Ю.И. Гринштейн, В.А. Шестовицкий, А.В. Максимова // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2012. - № 1. — С. 115-117
3. Современные возможности функциональной диагностики внешнего дыхания у детей / С.Э. Цыпленкова, Ю.Л. Мизерницкий // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2015. - №5. — 14-20

***Долгов Е.П.***

#### **ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ЦЕНОВЫЕ ПРОГНОЗЫ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Toveg2@yandex.ru, frolova2000@gmail.ru)*

Имплантируемые электрокардиостимуляторы применяются около 50 лет (с 1959 г). В течение первых десяти лет накапливался опыт работы с основными типами электрокардиостимуляторами, срок службы которых составлял около двух лет.

Начиная с 1970-х годов прошлого века, ученые приступают к созданию и разработке новых приборов с принципиально новыми техническими возможностями. Все последующие годы ведутся научно-исследовательские работы по созданию новых источников питания, решаются проблемы, связанные с заменой быстро стареющих и сравнительно вредных (неэкологических) материалов на более долговечные и экологически чистые. Совершенствуются системы управления и контроля за имплантируемыми кардиостимуляторами.

Благодаря целенаправленной работе ученых, последние годы характеризуются созданием нового, поколения имплантируемых приборов - программируемых электрокардиостимуляторов. При этом достаточно ярко вырисовываются тенденции, определяющие перспективное развитие этого направления:

- создание многофункциональных электрокардиостимуляторов с возможностью регулирования в широких пределах практически всех параметров и режимов электрокардиостимуляции;
- создание электрокардиостимуляторов, способных уже после имплантации по телеметрическому каналу связи вести диалог с системой, программирования, что позволяет значительно расширить возможности кон-

троля имплантированных электрокардиостимуляторов, повысить их надежность. Наряду с возможностью программного управления это обеспечивает регистрацию и визуальный;

- контроль внутрисердечной ЭКГ, измерение сопротивления электродной системы, контроль состояния батарей; позволяет осуществлять ввод в запоминающее устройство имплантируемого электрокардиостимулятора и извлечение оперативной информации о продолжительности работы электрокардиостимулятора, о времени и месте имплантации, о характере нарушений ритма пациента и многих других сведений;

- создание имплантируемых электрокардиостимуляторов, обеспечивающих возможность электростимуляционной терапии сложных нарушений сердечного ритма, в частности подавление различного рода тахикардий;

- широкое применение в имплантируемых электрокардиостимуляторах и контрольно-программирующих устройствах цифровых БИС и микропроцессоров.

Несмотря на то, что эти инновации могут привести к значительному возрастанию сложности электрокардиостимуляторов, применение современной технологии дает возможность увеличить срок службы электрокардиостимуляторов путем оптимизации с помощью внешнего программатора режимов и параметров стимуляции, способствует обеспечению требуемой надежности, уменьшению массы и габаритных размеров.

Кроме совершенствования технических показателей, ученые совместно с врачами и ведущими маркетинговыми агентствами работают над снижением стоимости имплантируемых электрокардиостимуляторов. Уже сейчас, благодаря слаженной работе маркетологов и ученых, удалось снизить средний уровень цен для бюджетного сегмента рынка на 17%, а для премиум-сегмента на 11%. Внедрение новейших технологий и инноваций позволит в ближайшей перспективе снизить среднюю ценовую планку для рынка имплантируемых электрокардиостимуляторов на 21%.

#### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.

***Егорова Е.А. Лисицын А.С. Строев В.М.***

#### **СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ СОСУДОВ**

*Тамбовский государственный технический университет,  
(e-mail: katrinlexus2@mail.ru, lisitsyn.andryushka@mail.ru, stroev2006@yandex.ru)*

В основе тепловидения лежит дистантная визуализация инфракрасного (ИК) излучения тканей, осуществляемая с помощью тепловизоров. Интенсивность ИК излучения, регистрируемого тепловизором, характеризует тепловое состояние тканей, их температуру. Этот метод позволяет тонко улавливать даже начальные стадии воспалительных, сосудистых и некоторых опухолевых процессов, в частности и тромбоз.

Тепловизионный метод отличается абсолютной безопасностью, простотой и быстротой исследования, отсутствием каких бы то ни было противопоказаний.

Тепловизоры, работающие в диапазоне 8-12 мкм, способны очень точно регистрировать инфракрасное излучение с поверхности тела человека. Кроме того, в них реализована функция измерения абсолютных значений температуры в каждой точке патологического очага. Венозный застой приводит к температурной асимметрии. Таким образом, с помощью тепловизоров возможно с необходимой степенью достоверности регистрировать тепловые поля и оценивать полученную информацию, давая ей качественную и количественную характеристики. Так, при регистрации инфракрасного излучения визуализируются расположение, размер, форма и характер границ, структура патологического очага. Это качественный анализ тепловизионной информации [1].

Для получения термограмм конечностей применяется тепловизор, совмещенный с видеокамерой, типа FlirE50 с разрешающей способностью до 0,05°C, с последующей компьютерной обработкой полученных результатов при помощи созданного специально для этой цели программного обеспечения. Для корректировки температурной шкалы используется черное тело с постоянной температурой 33°C. Обследование проводится в

помещении с неизменяющейся температурой воздуха, равной 22-24°C. Перед исследованием проводят необходимую температурную адаптацию пациента в течение 5 минут. Исследуемый располагается на расстоянии 1,0-1,5 м от воспринимающей камеры аппарата. Прицельно производится тепловизионная и видеосъемка стоп, термограммы и видео вносятся в память компьютера. Производится программная обработка видео и термограмм, выделяются границы изображения стоп по кадрам видео, исключаются точки термограммы, выходящие за пределы визуального изображения стопы, вычисляются площади термографической и визуальной фигур стоп в пикселях, рассчитывается термографический индекс  $B_t$ . Производится расчет по формуле  $B_t = \frac{S_t}{S}$ , после чего диагностируется патология микроциркуляции сосудов нижних конечностей при значении  $B_t < 0,9$ .

Выбор граничного значения  $B < 0,9$  произведен следующим образом.

Известно, что при нормальном кровоснабжении и уровне микроциркуляции [2] выполняется равенство  $S = \frac{T_{cp} \cdot 100}{I_t}$ , при этом  $I_t$  для мужчин равно 0,6. Тогда получим, что  $S = \frac{T_{cp} \cdot 100}{0,6}$ .

Аналогично получим, что при патологии  $S_t = \frac{T_{cp} \cdot 100}{0,7}$ .

Отсюда получаем граничное значение для предлагаемого способа  $B_t \cong \frac{0,6}{0,7} = 0,86$ . Для женщин аналогичные значения дают граничное значение  $B_t = 0,875$ .

Выбираем граничное значение  $B_t$  с небольшим запасом, равным 0,9.

Использование визуальной фигуры стоп позволяет уменьшить погрешность вычисления площади термографической фигуры стоп за счет исключения точек термограммы, выходящих за пределы визуального изображения стопы.

Таким образом, рассмотрен способ, характеризующийся повышенной точностью диагностики патологии микроциркуляции сосудов.

#### **Библиографический список**

1. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. Москва, ИД Спектр, 2009. 544 стр.
2. Патент РФ №2214155, МПК А61В 5/00. Способ диагностики облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей / Макаров И.В., Яровенко Г.В.; заявл. 20.09.2001 г.; опубл. 20.10.2003 г.

**Егошин М.А., Белова А.Е.**

#### **БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЭНДОКРИННОЙ ОФТАЛЬМОПАТИИ ПО ОЦЕНКЕ ВЫРАЖЕННОСТИ ЭКЗОФТАЛЬМА**

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
(biyam@nntu.ru)*

Проблема количественной оценки тяжести экзофтальма - одного из основополагающих симптомов эндокринной офтальмопатии - является одной из актуальных в настоящее время [1]. Диагностика эндокринной офтальмопатии (ЭОП) по оценке выраженности экзофтальма сводится к распознаванию образов глазных яблок и межскуловой линии на КТ-изображениях, поэтому необходимо провести операции выделения и анализа контуров требуемых объектов.

Структура биотехнической системы диагностики ЭОП, представленная на рис. 1, включает в себя блок обработки изображения, блок выделения контуров и блок принятия решения. Блок обработки изображения включает в себя предварительную обработку медицинского изображения, пороговую фильтрацию, сегментацию требуемых для оценки выраженности экзофтальма объектов.

Следует отметить, что целью ставится не замена врача машиной, а организация их эффективного взаимодействия. После выделения контуров необходимых объектов (рис. 2) создается аналитическая модель контурного сигнала в виде комплекснозначного кода  $\Gamma = \{\gamma(n)\}_{n=0}^{s-1} = \{\gamma(0), \gamma(1), \dots, \gamma(s-1)\}$ , где  $\gamma(n)$  - элементарный вектор,  $s$  - количество таких элементарных векторов в контуре данного изображения [2].





Рис. 1. Биотехническая система диагностики эндокринной офтальмопатии

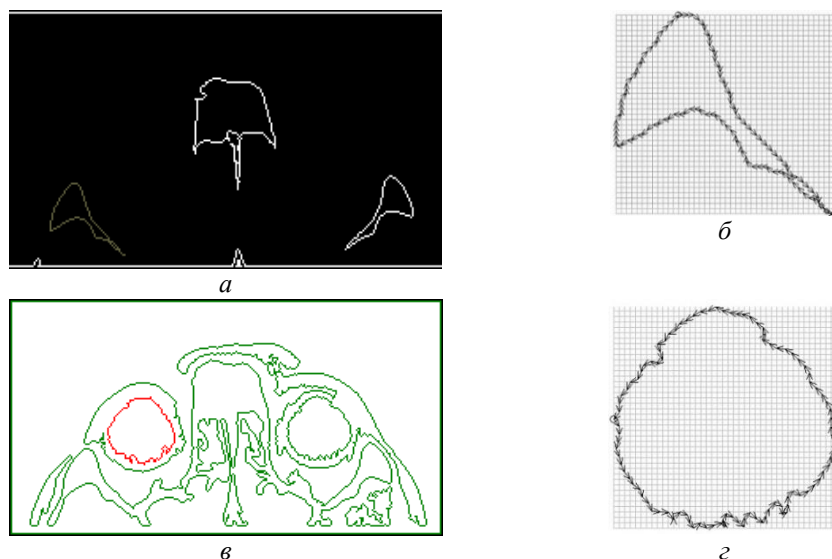


Рис. 2. Контурная сцена изображения костных тканей (а); векторное представление контура кости  $\mathbf{K}_1 = \{k_1(n)\}_{0}^{s-1}$  (б); контурная сцена изображения глазных яблок (в); векторное представление контура глазного яблока  $\mathbf{Q}_1 = \{q_1(n)\}_{0}^{s-1}$  (г)

На основе полученных контуров костных образований и контуров глазных яблок определяем количественную оценку таких диагностических параметров, как расстояние от межскуловой линии до переднего края глазного яблока  $d_1$  и заднего края  $d_2$ . На выходе решающего устройства специалист получает информацию о степени выраженности экзофтальма - расположения глазного яблока относительно межскуловой линии.

Таким образом, предложенная количественная оценка диагностических параметров, локализация объектов на изображении дают возможность оценить степень выраженности экзофтальма и автоматизировать данный диагностический процесс.

#### Библиографический список

1. Бровкина А.Ф., Эндокринная офтальмопатия/ А.Ф. Бровкина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008г. - 200с.
2. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов/Я.А. Фурман и [др]; - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

## ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ АНГИОПУЛЬМОНОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТА СЕЛЕКТИВНОГО ТРОМБОЛИЗИСА

Поволжский государственный технологический университет  
Россия, Йошкар-Ола  
(egoshinaIL@volgatech.net, bagi1992@mail.ru)

В настоящее время наиболее распространенным методом лечения тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) является тромболитическая терапия. Для растворения тромба, в кровеносный сосуд вводится препарат, растворяющий тромб. В некоторых случаях препарат вводится прямо в кровеносное русло. В других случаях врач вводит в сосуд длинный тонкий катетер к месту тромба – селективный тромболизис. Далее через катетер вводится тромборастворяющий препарат, либо тромб просто разрушается механически катетером. Объективные методы оценки результатов проведения селективного тромболизиса по снимкам ангиографии отсутствуют, врачу приходится вручную анализировать снимки и определять характеристики.

Целью работы является получение количественной оценки степени изменения кровотока по полученным изображениям до и после проведения селективного тромболизиса для снижения влияния субъективных факторов на правильность диагностического решения.

Обработка и анализ ангиопульмонограмм включает в себя предварительную фильтрацию, пороговую обработку, получение бинарного изображения. Предварительную фильтрацию применяют для улучшения изображения и подчеркивания перепадов и границ. В качестве средства предварительной обработки ангиопульмонограмм был выбран медианный фильтр с апертурой, равной трем, для подавления аддитивного и импульсного шумов на изображении.

Пороговая обработка предшествует процессу анализа и распознавания изображений. Она заключается в сопоставлении значения яркости каждого пикселя изображения с заданным значением порога. Выбор соответствующего значения пороговой величины дает возможность выделения на изображении областей определенного вида. Основная проблема операции порогового преобразования заключается в выборе необходимого значения порога. В нашем исследовании источником информации при выборе порога по яркости являлась гистограмма яркостей точек сцены. В соответствии с тем или иным критерием качества можно выбрать значение порогового уровня и достаточно надежно отделить изображения от фона. Порог был выбран от 120 до 180. На рисунке 1 представлены изображения после пороговой обработки. Получили два бинарных изображения до и после проведения селективного тромболизиса.

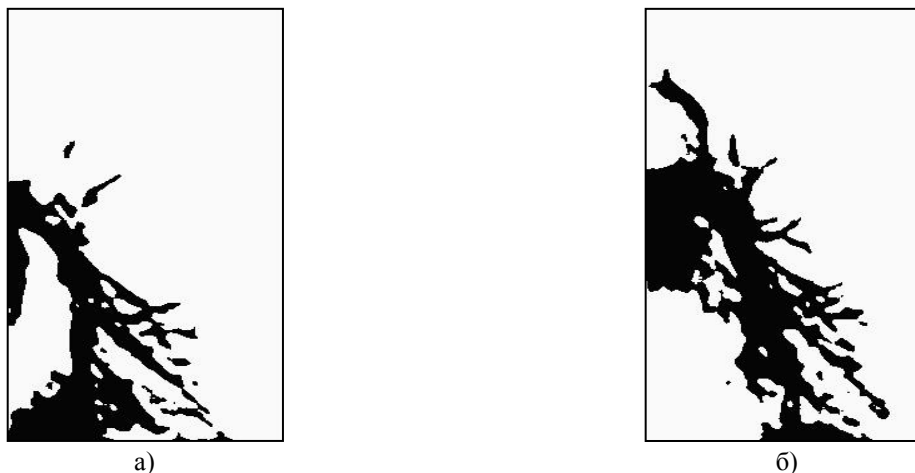


Рис.1. Изображения после пороговой обработки:  
до проведения селективного тромболизиса (а) и после (б).

Количественную оценку степени изменения кровотока после проведения селективного тромболизиса получают путем подсчета пикселей  $N$  в выделенных фрагментах соответствующих изображений до лечения и после:

$$V = \frac{N_2 - N_1}{N_2} \cdot 100.$$

Для изображений, показанных на рисунке, оценка  $V$  получилась равной 39,11%, то есть после проведения селективного тромболиза степень кровотока в сосудах легкого изменилась, произошло улучшение на 39 %.

Таким образом автоматизированный анализ и обработка ангиопульмонограмм, предполагающие количественную оценку степени изменения кровотока в сосудах легких после проведения селективного тромболиза, позволит повысить достоверность диагностических заключений.

#### ***Библиографический список***

1. Егошина И.Л. Метод и алгоритм автоматической обработки малоконтрастных медицинских изображений/ И.Л. Егошина, Д.В. Белобородов// Инновационная наука. 2015. -№ 10-1. С. 69-72.

***Живолупова Ю.А.***

#### **УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ФЕТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(iulia.zhivolupova@gmail.ru)*

Уровень младенческой смертности в России имеет тенденцию к снижению, однако он все еще значительно выше, чем в развитых странах. В план развития системы здравоохранения среди прочего входит повышение качества и доступности медицинского обслуживания. Однако, ежегодное сокращение койко-мест для беременных и рожениц [1] не способствует выполнению поставленных задач.

Выходом из ситуации может стать внедрение в привычную врачебную практику средств удаленного мониторинга состояния плода, которые позволят контролировать состояние беременных женщин, находящихся в группе риска, но без серьезных показаний к госпитализации.

Одним из основных методов диагностики состояния плода является метод кардиотокографии (КТГ). Он позволяет оценить частоту сердечных сокращений (ЧСС) плода, сокращения матки, а также их динамику и корреляцию друг с другом. Стандартный тест занимает около 30 минут, пациентке необходимо находиться в положении лежа или полусидя, а также требуется участие квалифицированного специалиста для корректного расположения датчиков.

Фетальная кардиотокография (фЭКГ) в последнее десятилетие предлагается как альтернатива традиционной КТГ [2–4]. При использовании мобильных систем регистрации не требуется ограничение подвижности беременной и условия стационара, а также отсутствует ультразвуковая нагрузка на плод. При этом данные фЭКГ также несут информацию о ЧСС плода и могут быть интерпретированы на основе разработанных для КТГ методик.

На основе вышеизложенного была поставлена цель: разработка носимой системы фетального электрокардиографического мониторинга для ранней диагностики патологий плода. Однако, регистрация только одного физиологического параметра недостаточна для достоверной оценки состояния плода. Предлагается интегрировать в систему также блоки регистрации фотоплетизмограммы и активности маточных сокращений.

Одной из основных проблем, возникающих при создании систем мониторинга, является эффективная фильтрация помех. Помимо этого, сигнал фЭКГ по амплитуде на порядок ниже материнского сигнала, а значит его выделение значительно затруднено. Для реализации вычислений диагностически значимых признаков в режиме онлайн необходимо также сохранять высокую скорость обработки, сочетая с высокой точностью.

Предлагаемая система мониторинга предназначена для работы в режиме онлайн за счет сопряжения с мобильным устройством «смартфоном» и позволяет использовать его возможности для связи с врачом. Оценка состояния плода в течении длительного периода времени, в привычной для беременной среде и с сохранением темпа жизни позволит получить больше достоверных данных. Удаленный мониторинг также сокращает время пребывания беременной в клинике. Система тревоги позволит снизить объем представляемых врачу данных и защитит его от информационной перегрузки, но при этом сохраняется возможность анализа всего массива по требованию врача для формирования диагностического решения.

#### ***Библиографический список***

1. Российский статистический ежегодник. 2016: Стат.сб./Росстат. – Р76 М., 2016 – 725 с.
2. Овсепян Дж. А. Современные подходы к оценке сердечного ритма плода // «Вестник Хирургии Армении» им. Г.С.Тамазяна. – 2010. – N 2. – С. 39-53.

3. Кулаков В.И., Демидов В.Н., Сигизбаева И.Н. и соавт. Возможности антенатальной компьютерной кардиографии в оценке состояния плода в III триместре беременности // Акуш. и гинекол. – 2001. – №5. – С. 12-16.
4. National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop, authors. Electronic fetal heart rate monitoring: research guidelines for interpretation // Am. J. Obstet. Gynecol. – 1997. – Vol. 177. – P. 1385–1390

**Жилина И.В.**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИАДИНАМОТЕРАПИИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА СНИМ-1**

*Тамбовский государственный технический университет  
(i.v.zhilina@bk.ru)*

Каждому человеку свойственно в определенной ситуации испытывать болевые ощущения, возникающие при действии сильного раздражителя на рецепторы, которые сигнализируют о том, что в организме происходят структурно-функциональные изменения. Для обеспечения жизнедеятельности и нормальной работы всех органов, необходимо сделать диагностику в виде физиотерапевтического метода лечения электрическим током при определенной частоте. Такой метод импульсной терапии называется диадинамотерапия (ДДТ). Диадинамотерапия была разработана в 1946 г. французским врачом Пьером Бернаром.

На основе метода Бернара стали выпускать стационарные аппараты для медицинских учреждений, такие как СНИМ-1, и более новых аппаратов. Предназначение аппарата СНИМ-1 состоит в лечении болевых состояний, а также паралича лицевого нерва, неврита и всей невралгии. Генерируемые аппаратом токи обладают снижением болевых спазмов и вазомоторной активностью (способностью рассасывать отеки). Аппарат представляет собой источник непрерывного импульсного тока синусоидальной формы с экспоненциальным задним фронтом (частотой 50 и 100 Гц).

Развитие данных технологий не стоит на месте, и по данным на 2016-2017 год, зарубежные марки приборов стали комфортней в использовании и применении. За счет диагностического исследования лечение болевых пороков становится быстрее. Так лидером мирового рынка является медицинский анализатор композиционного состава тела Seca medical Body Composition Analyzer (Германия). Создатели: Фредерик Фогель, Томас Весельс, Роберт М. Фогель. Прибор разработан на основе биоэлектрического импедансного анализа по 8 точкам, при котором сигналы проходят через тело за считанные секунды. Данный аппарат оснащен радиомодулем, он позволяет реализовать беспроводную передачу результатов измерения для оценки и внесения в документацию [1-8].

В обследование пациента входят: сравнительные измерения безжировой массы тела, определение общего количества воды в организме, измерение мышечной массы, анализ биоэлектрического вектора полного сопротивления (анализатор гидратации пациента), показатель фазового угла (работоспособность мышечной ткани человека и уровня метаболизма).

На основе данного аппарата, зарубежного производителя «нового» времени, «новой эры», можно не только узнать из-за чего происходят недомогания, но и предотвратить их, теперь уже без помощи проводных устройств, и за малое количество времени, переходя к диадинамотерапии.

### **Библиографический список**

1. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.
2. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
3. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
4. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.
5. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.

6. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
7. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
8. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58). С.139-145.

*Зубарев Д.А.*

## СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТОКИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ КОНКРЕМЕНТАХ МОЧЕТОЧНИКА

*Юго-Западный государственный университет  
(kstu-bmi@yandex.ru)*

Пациенты с конкрементами мочевой системы составляют до 40% всего контингента больных урологических стационаров. При всем многообразии методов лечения выбор оптимальной комбинации для конкретного пациента является нелегкой задачей, требующей творческого подхода и учета ряда признаков. В связи с этим предлагается использовать современные математические методы и информационные технологии.

Предлагаемый способ прогнозирования эффективности литокинетической терапии реализуется комплексным использованием информативных признаков для расчета коэффициентов уверенности в принятии решения с использованием математического аппарата нечеткой логики и теории распознавания образов[1].

Способ осуществляется следующим образом. Согласно общей концепции синтеза нечетких решающих правил, задача нечеткого прогнозирования эффективности литокинетической терапии (ЛКТ) рассматривается как задача разделения обследуемых на два класса:  $\omega_{\text{ЛКТ}+}$  – показана литокинетическая терапия,  $\omega_{\text{ЛКТ}-}$  – противопоказана литокинетическая терапия. Для этого данные, полученные в результате обследования пациентов, согласно стандартам оказания медицинской помощи больным мочекаменной болезнью, утвержденным Министерством здравоохранения Российской Федерации заносятся в компьютер в виде информативных признаков. В интерфейсе пользователя предлагается ответить на следующие вопросы в рубриках:  $x_1$  – локализация камня,  $x_2$  – возможность и способ визуализации камня,  $x_3$  – длительность стояния конкремента в мочеточнике, сут.,  $x_4$  – толщина паренхимы почки,  $x_5$  – сократительная способность мочеточника по данным экскреторной урографии,  $x_6$  – стриктура нижележащего отдела мочеточника, рубцовый периуретерит,  $x_7$  – фиксированный С-образный перегиб мочеточника ниже камня, в градусах,  $x_8$  – S-образный перегиб мочеточника ниже камня,  $x_9$  – нижележащий камень мочеточника (множественная обструкция),  $x_{10}$  – уретероцеле,  $x_{11}$  – аденома простаты с субтригональным ростом с девиацией нижних отделов мочеточников (с-м крючков мочеточников),  $x_{12}$  – цистоцеле,  $x_{13}$  – компрессия мочеточника извне фибромиомой матки, объемными образованиями,  $x_{14}$  – количество функционирующих почек,  $x_{15}$  – наличие дренажа,  $x_{16}$  – серозный пиелонефрит,  $x_{17}$  – гнойный пиелонефрит,  $x_{18}$  – некупирующийся болевой синдром,  $x_{19}$  – часто рецидивирующая почечная колика, необходимость вводить инъекционные анальгетики более 4 раз в сутки,  $x_{20}$  – отсутствие эффекта от камнеизгоняющей терапии в течении 2 недель. Для каждого признака группой высококвалифицированных экспертов под руководством инженера по знаниям рассчитывается значение функций принадлежности  $\mu_{\omega}(x_i)$  ( $i=1, \dots, 22$ ) к классам  $\omega_{\text{ЛКТ}+}$ ,  $\omega_{\text{ЛКТ}-}$ . Рассчитывается общий коэффициент уверенности в отнесении обследуемого к классам  $\omega_{\text{ЛКТ}+}$  ( $KU_{\text{ЛКТ}+}$ ),  $\omega_{\text{ЛКТ}-}$  ( $KU_{\text{ЛКТ}-}$ ) с помощью итерационного правила логического вывода[1] вида:  $KU(r+1) = KU(r) + \mu_{\omega}(x_{i+1})[1 - KU(r)]$ , где  $KU(r)$  – коэффициент уверенности в классе  $\omega$  на  $r$ -ом шаге итерации; причем  $KU(r) = \mu_{\omega}(x_i)$ ;  $\mu_{\omega}(x_{i+1})$  – функция принадлежности для вновь вводимого признака с номером  $i+1$ ,  $i=1, \dots, 22$ . На основании сравнения полученного коэффициента уверенности с пороговыми значениями  $KU_{\text{ЛКТ}+}^{\text{П}1} = 0,4$ ,  $KU_{\text{ЛКТ}+}^{\text{П}2} = 0,5$ ,  $KU_{\text{ЛКТ}-}^{\text{П}} = 0,55$  производится дефазификация вывода. Окончательный вывод определяется выражениями: ЕСЛИ ( $KU_{\text{ЛКТ}+} \geq KU_{\text{ЛКТ}+}^{\text{П}2}$ ) И  $KU_{\text{ЛКТ}+} < KU_{\text{ЛКТ}-}^{\text{П}}$ , ТО [«целесообразно назначение литокинетической терапии, ввиду высокой вероятности отхождения конкремента»]. ЕСЛИ ( $KU_{\text{ЛКТ}+} \leq KU_{\text{ЛКТ}+}^{\text{П}1}$  И  $KU_{\text{ЛКТ}+} < KU_{\text{ЛКТ}+}^{\text{П}2}$ ) И  $KU_{\text{ЛКТ}+} < KU_{\text{ЛКТ}-}^{\text{П}}$ , ТО [«возможно назначение литокинетической терапии, однако вероятность отхождения конкремента умеренная (конкремент может не отойти)»]; ИНАЧЕ [«нецелесообразно назначение литокинетической терапии, ввиду низкой вероятности отхождения конкремента или наличия противопоказаний»].

Проверка результатов срабатывания полученных решающих правил на контрольной выборке (500 человек) показала, что диагностическая эффективность предлагаемого метода достигает 95 %, что вполне приемлемо для использования в медицинской практике.

Таким образом, использование предложенной нами методики прогнозирования позволяет точно определять показания, противопоказания и предполагаемую эффективность предстоящей литокинетической терапии при конкрементах мочеточника.

### **Библиографический список**

1. Корневский Н.А., Титов В.С., Чернецкая И.А. Проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: Монография / Курск гос.техн.ун-т. Курск, 2004.180 с.

**Зубарев Д.А.**

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ**

*Юго-Западный государственный университет  
(kstu-bmi@yandex.ru)*

Для совершенствования диагностики, лечения и прогнозирования различных заболеваний в настоящее время широко применяются различные математические методы [1,2,3,4]. Анализ литературных данных и серия специально проведенных исследований позволили установить, что достаточно высокими факторами риска возникновения мочекаменной болезни (МКБ) и ее рецидива являются длительное психоэмоциональное напряжение и повышенный уровень хронического утомления. Это необходимо учитывать

при синтезе комбинированных нечетких правил прогнозирования МКБ, который состоит из следующих основных этапов.

1. Квалифицированная группа экспертов формирует список специфических информативных признаков  $x_i$ , каждый из которых можно рассматривать как фактор риска, повышающий уверенность прогноза возникновения МКБ. Далее эксперты по методу Делфи строят графики функций принадлежности к классу «риск МКБ по задаче  $\ell$ »  $\mu_\ell(x_i)$ , которые агрегируются в частное решающее правило.

2. Выбираются сопутствующие заболевания, которые увеличивают риск МКБ, для них, формируется список специфических признаков  $x_q$ , по которым строятся функции принадлежности к классам сопутствующих заболеваний  $\omega_c$  с базовыми переменными  $x_q$ . Для каждого из выбранных классов  $c(c=1, \dots, C)$  получают систему частных нечетких решающих правил.

3. Полученные математические модели для оценки степени риска МКБ и сопутствующим заболеваниям уточняются путем введения составляющих оценки уровня длительного психоэмоционального напряжения  $YH_\ell$  и хронического утомления  $YU_\ell$ :

$$RO_\ell = TF_\ell + YH_\ell + YU_\ell - TF_\ell YH_\ell - TF_\ell YU_\ell - YH_\ell YU_\ell + TF_\ell YH_\ell YU_\ell; \quad (1)$$

$$FO_c = TF_c + YH_{\ell c} + YU_{\ell c} - TF_c YH_{\ell c} - TF_c YU_{\ell c} - YH_{\ell c} YU_{\ell c} + TF_c YH_{\ell c} YU_{\ell c}; \quad (2)$$

где  $YH_{\ell c}$  и  $YU_{\ell c}$  – вклад составляющих уровня психоэмоционального напряжения в риск влияния сопутствующих патологий  $\omega_c$  при МКБ с реализацией задач  $\omega_\ell$ .

4. С использованием атласов меридиан выбираются списки биологически активных точек «связанных» с патологией почек и сопутствующими заболеваниями. Используя методику синтеза комбинированных нечетких кривых принятых решений по электрическим характеристикам БАТ, разработанную на кафедре БМИ ЮЗГУ, получаем частные решающие правила типа:

$$\text{ЕСЛИ } (\forall \delta R_r \in ДЗТ_{os} \geq \delta R_s^n) \text{ ТО } \{BR_\ell(j+1) = BR_\ell(j) + \mu_{ol}(\delta R_{j+1}) [1 - BR_\ell(j)]\} \text{ ИНАЧЕ } (BR_\ell = 0); \quad (3)$$

где  $\forall$  – квантор общности (для всех);  $\delta R_r$  – относительное отклонение БАТ с номером  $r$  из списка диагностически значимых точек (ДЗТ); ДЗТ – список диагностически значимых точек по классу заболевания  $\omega_s$ ;  $\delta R_s^n$  – пороговое значение превышение которого свидетельствует о патологическом энергетическом разбалансе исследуемой точки по заболеванию  $\omega_s$ ;  $BR(1) = \delta R_\ell$ ;  $j$  – номер информативной БАТ.

5. С учетом информативных БАТ выражения (6 1) и (7 2) модифицируются в выражения:

$$RR_{\ell} = RO_{\ell} + \gamma_{\ell} BR_{\ell} (1 - RO_{\ell}) \quad (4)$$

$$FF_c = FO_c + \gamma_c BR_{\ell} (1 - FO_c) \quad (5)$$

6. Определяется уровень защиты организма  $UZ_{\ell}$  по задаче  $\omega_{\ell}$  и синтезируется решающее правило.

7. Если в результате дополнительных статистических исследований или на экспертном уровне выясняется положительное влияние сопутствующих заболеваний  $\omega_c$  на возникновение или рецидив МКБ, выражение (4) корректируется до модели вида:

$$OR_{\ell} = RR_{\ell} + \theta_{\ell} FF_c (1 - RR_{\ell}), \quad (6)$$

где  $\theta_{\ell}$  – весовой коэффициент согласующий влияние  $\omega_c$  на  $RR_{\ell}$ .

Описанный метод синтеза комбинированных решающих правил может быть адаптирован практически на все урологические заболевания. Однако следует иметь в виду, что для каждого типа операций по каждому из урологических заболеваний необходимо получить «свои» функции принадлежности и весовые коэффициенты.

### Библиографический список

1. Корневский Н.А., Титов В.С., Чернецкая И.А. Проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: Монография / Курск гос.техн.ун-т. Курск, 2004. 180 с.
2. А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, Л.В. Стародубцева Нечеткие решающие правила диагностики клинических форм мочекаменной болезни // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. - 2012. - №2, часть 2. - С. 197-200
3. А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, С.И. Криковцов, М.И. Холименко Математические методы в изучении гендерно-возрастных закономерностей заболеваемости мочекаменной болезнью // Научные ведомости белгородского государственного университета. Серия Медицина. Фармация. – 2013. - № 11(154). – Вып.22/1. – С.149-154.
4. А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков Автоматизированная система поддержки принятия решения уролога по прогнозированию и профилактике камнеобразования при мочекаменной болезни // Урология. – 2013. - № 5 – С.16-20.

**Карпенко Ф.Е.**

### ТОЖДЕСТВЕННОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

*Тамбовский государственный технический университет, fjdork@yandex.ru*

Адекватные физическим процессам (явлениям) математические модели тождественны на различных уровнях операторов исчисления. Это очевидно на примере динамической характеристики осциллографического способа контроля артериального давления. Амплитуда напряжения  $U$  с моментами времени  $t$  связаны алгебраическим оператором экспоненцирования [2 – 4]:

$$U = U_0 \left( e^{\frac{t}{T}} - 1 \right), \quad (1)$$

с предельными параметрами:  $U_0$  – предельное значение амплитуды и  $T$  – постоянная времени (рис.1).

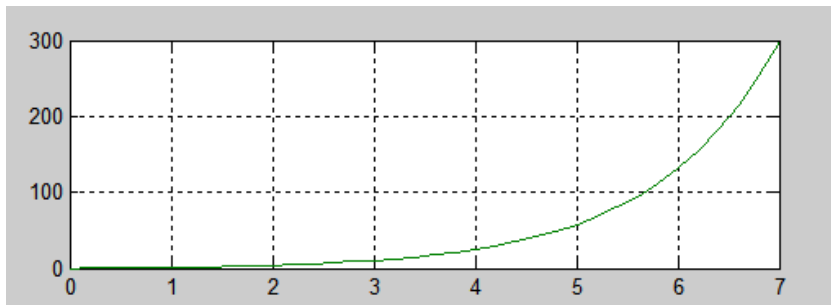


Рис. 1. Характеристика по модели в алгебраической форме

Алгебраическому представлению математической модели (1) тождественен оператор высшей математики в виде дифференциального уравнения [3,4] первого порядка (математической модели в дифференциальной форме):

$$T \cdot \frac{dU}{dt} - U = U_0. \quad (2)$$

Погрешность динамических характеристик в дифференциальной форме относительно алгебраической модели не превышает  $8 \cdot 10^{-10}$ . Следовательно, дифференциальная модель тождественна алгебраической.

Математическая модель в интегральной форме, представленная интегральным уравнением [4]:

$$U = \frac{1}{T} \int_0^t (U_0 - U) dt \quad (3)$$

синтезирует динамическую характеристику контроля давления.

Инверсным оператором экспоненцирования (1), дифференцирования (2) и интегрирования (3) служит алгебраическая модель [1 – 4] логарифмического исчисления:

$$t = -T \ln\left(1 - \frac{U}{U_0}\right), \quad (4)$$

Тождественные математические модели (1 – 4), адекватные физике динамических (соответственно, статических и кинетических) процессов, в отличие от статистических моделей, не отражающих физику явления из-за множества ненормированных переменных, представлены только двумя предельными параметрами, интегрирующими множество переменных и однозначно определяющими форму структуры действительной характеристики натурального эксперимента.

#### ***Библиографический список***

1. Глинкин Е.И., Герасимов Б.И. Микропроцессорные аналитические приборы. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.
2. Глинкин Е.И. Техника творчества. Тамбов: ТГТУ, 2010. 168 с.
3. Патент № 2441581 РФ кл. А 61 В 5/022. Способ измерения артериального давления / Е.И. Глинкин и др. Б.И., 2012. № 4.
4. Глинкин Е.И., Глинкин М.Е. Технология аналого-цифровых преобразователей. Тамбов: ТГТУ, 2008. 140 с.

***Карпенко Ф.Е., Фролова Т.А.***

#### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ В ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(ffodork@yandex.ru)*

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — метод исследования головного мозга, с помощью которого можно «прочитать» его электрическую активность и представить результаты в виде графического изображения.

В ядрах таламуса, который располагается в среднем мозге, есть специальные генераторы потенциалов действия, посылающие по таламокортикальным волокнам импульсы к нейронам коры. Однако ритм активности может определяться и активностью нейронных сетей самой коры.

Импульсы, исходящие от таламуса, принимаются дендритами пирамидных клеток коры и вызывают в них ответную электрическую реакцию в виде постсинаптического потенциала (проще говоря, мембрана «принимающей стороны» возбуждается). Здесь появляются местные внеклеточные токи, которые распространяются и «протекают» в области наложения электродов.

Различия в потенциалах на кожной поверхности головы имеют маленькую амплитуду, в норме — около 100-150 мкВ. После «отлавливания» они подаются на входы усилительно-регистрирующих устройств. Современные усилители весьма чувствительны и позволяют обнаруживать электрические колебания с амплитудой всего в несколько микровольт (1 мкВ = 1/1000000 В).

Основная задача электроэнцефалографии в настоящее время — это оценка именно функциональной активности мозга, в то время как анатомические дефекты можно выявить множеством других методов. Особенно важ-



на роль ЭЭГ — в изучении эпилепсии. Возросла роль ЭЭГ исследований в области функциональных расстройств: эмоциональных, когнитивных, невротических и поведенческих нарушений, психиатрических заболеваний.

Видеомониторинг ЭЭГ (ВЭМ) – синхронная регистрация записи ЭЭГ и видеоизображения пациента, позволяющая выяснить соотношение патологической активности в ЭЭГ с картиной приступа в течение длительного времени с целью уточнения его природы. В специально оборудованной палате пациенту проводится регистрация ЭЭГ, одновременно выполняется видеозапись и аудиозапись происходящих событий. На базе мобильного электроэнцефалографа применяется переносная система, которая может работать в месте нахождения пациента: дома, в больничной палате, в реанимационном отделении или палате интенсивной терапии. ВЭМ – единственный объективный метод диагностики псевдоприступов, с помощью которого можно определить отсутствие специфических нарушений в инициальной фазе «иктальной» записи на ЭЭГ. Система обеспечивает длительный мониторинг и позволяет проводить синхронную запись на жесткий диск следующей информации: записи ЭЭГ на цифровом электроэнцефалографе; физиологических сигналов организма по полиграфическим каналам; видеoinформации от двух видеокамер; аудиoinформации с двух микрофонов; маркеров, отражающих те или иные события, отмеченные врачом в ходе записи.

Полисомнографическое исследование (ПСГ) — одномоментная регистрация большого количества физиологических параметров организма во время сна — проводится в течение ночи и предназначено для получения информации о процессе сна и состоянии жизненно важных систем (дыхательной, сердечно-сосудистой). Для выполнения исследования используются компьютерные полисомнографические полиграфы. Обследование включает регистрацию электроэнцефалограммы, деятельности сердца (ЭКГ), активности мышц (электромиограмма), движений глаз (электроокулограмма), измерение ороназального воздушного потока, грудного и дыхательного усилий, сатурации кислорода и пр. При анализе записи ее разбивают на эпохи и определяют стадии сна для каждой эпохи. Результаты построения профиля сна представляют в виде гипнограммы, где можно видеть динамику стадий сна. Результаты статистической обработки фаз сна по данным гипнограммы представляют в виде диаграммы распределения фаз сна, что дает дополнительную информацию об изменениях физиологических систем организма на разных стадиях сна.

Новейшие способы обработки данных ЭЭГ позволяют создавать совсем уж фантастические способы применения ЭЭГ — так называемые «интерфейсы мозг-компьютер». В будущем этот метод позволит управлять различными приборами буквально «силой мысли».

#### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

***Качкынчиев Р.Р.***

#### **МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: shahmatist.ruslan@gmail.com).*

Известно, что опухолевая ткань как зона выраженной пролиферативной активности благодаря интенсивному метаболизму имеет более высокую температуру, чем окружающие ткани, что и лежит в основе методов регистрации инфракрасного излучения, в частности диагностической инфракрасной термографии в клинической онкологии. Температура над злокачественной опухолью, как правило, выше на 1,5 - 3. °С, а температура над доброкачественной опухолью – на 1,4 - 2,5 °С ниже по сравнению с окружающими тканями. Изменение структуры тканей влияет на кровоснабжение участка тела, что в свою очередь влечет изменение температуры поверхности кожи.

Для распознавания опухолей молочной железы используют *метод сравнения симметричных участков* изображения (молочная железа – симметричный орган), основанный на математической морфологии, которая заключается в поиске на изображении шаблонных форм. При таком подходе предлагается измерять “двусторонний коэффициент”, который включает в себя такие статистические параметры термограммы как крутизна изменения температуры, вариативность значений и перекося значений.

На основе статистических параметров предложенных для подсчета при поиске опухолей молочной железы, таких как среднее значение, медиана, стандартное отклонение, асимметрия, минимальная и максимальная температура для каждой груди, был предложен *метод с выделением областей интереса*. Такой подход дает правдоподобность диагноза в пределах 70 %. Этот метод позволяет отличать злокачественные образования от схожих патологий.

Существует подход оценки внутренней температуры (Inside Thermal Estimation, ITE) для нахождения очага (в данном случае злокачественной опухоли) на *основе уравнения Пеннеса*, которое описывает модель распространения тепла в биологическом теле, опираясь на теплопередачу с помощью кровотока. Модель Пеннеса использовалась так же в экспериментах по обнаружению подкожных опухолей. Для более эффективного исследования в рассматриваемой работе предлагается контрастирование температур с помощью нанесения на кожу раствора этилового спирта.

Анализ статистических параметров изображения входит во все методы автоматической диагностики на основе термограмм. В различных классификаторах рассчитываются средние и максимальные значения, стандартные отклонения, абсолютная разница температур между регионами интереса (левая и правая молочные железы). Следующим этапом выступает обработка и анализ гистограмм для зон интереса, составление матрицы смежности и расчет ее параметров (однородность, симметрия, энергия, контрастность), а так же расчет взаимной информации. Завершающим этапом стоит построение классификатора на основе нечеткой логики или анализа чувствительности к затратам и генетического алгоритма. Спектральный анализ так же может быть использован в качестве одного из этапов алгоритмов классификации. Для рассчитанного спектра по Фурье сравнивают разницу между максимумами и расстояние этих максимумов от центра.

При своей универсальности в медицинской диагностике термография носит рекомендательный характер и имеет недостаток в объективности анализа данных, что является поводом для прохождения дальнейшего обследования традиционными методами. Для решения этой проблемы необходимо расширять практику применения автоматического анализа термограмм в клинической практике.

#### ***Библиографический список***

1. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы. Техника. Применение. / М.: - Мир, 1988. – 416с.
2. Заяц Г.А., Коваль В.Т. Медицинское тепловидение — современный метод функциональной диагностики. Здоровье. Медицинская экология. Наука 2010; 3(43)
3. Иваницкий Г.Р. Возможности термографии в современной медицине: исследование пространственного изменения температуры кожи человека при введении перфторана / ДАН.- 2003.- Т. 393.- №3

***Косарева А.А.***

#### **ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИИ НА ВНУТРИУТРОБНОЕ ЗДОРОВЬЕ ПЛОДА**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)  
(kosareva\_anastacia@mail.ru)*

**Актуальность:** С целью уменьшения перинатальной и неонатальной заболеваемости большое значение имеет предупреждение и лечение гипоксии плода. В РФ данная патология занимает первое место по заболеваемости и входит в первую пятёрку причин смерти новорождённых детей.

**Цель:** исследовать и изучить влияние гипоксии у беременных женщин на состояние здоровья плода в динамике.

В акушерской и педиатрической практике термины «гипоксия плода» и «асфиксия новорожденного» включают патологические состояния, проявляющиеся расстройствами деятельности жизненно важных систем (ЦНС, кровообращение, дыхание), формирующиеся вследствие острой или хронической кислородной недостаточности [1].

Наиболее обширную группу факторов риска, составляют состояния, приводящие к нарушению плодово - материнского кровообращения, среди них основное значение имеет плацентарная недостаточность, при которой внутриутробная гипоксия наблюдается у 75-90% плодов.

А также к факторам возникновения гипоксии плода относят такие заболевания у беременной женщины как: анемия, хронические заболевания легких, врожденные пороки сердца, массивное кровотечение в период

беременности и в родах. Например, если у матери есть такое заболевание, как артериальная гипертония, то как следствие оно ведет к задержке внутриутробного развития плода и антенатальной гибели. Развитию гипоксии у беременной может спровоцировать неполноценное питание, курение, неблагоприятная экологическая обстановка [3].

Рассмотрим влияние недостатка эмбрионального кислородонасыщения на состояние плода. Кратковременная умеренная внутриутробная гипоксия вызывает включение механизмов компенсации, нацеленных на поддержание и сохранение адекватной оксигенации тканей плода. Возрастает выброс глюкокортикоидов, количество циркулирующих эритроцитов в объеме циркулирующей крови. Появляется тахикардия, некоторое повышение систолического давления без увеличения сердечного выброса. Увеличивается двигательная активность плода и частота «дыхательных» движений грудной клетки при закрытой голосовой щели, что также способствует компенсации гемодинамических нарушений.

Продолжающаяся гипоксия приводит к активации анаэробного гликолиза. Прогрессирующий дефицит кислорода вынуждает организм снизить оксигенацию кишечного тракта, кожи, печени, почек; происходит перераспределение кровообращения с преимущественным кровоснабжением жизненно важных органов (головной мозг, сердце, надпочечники). Развивается снижение двигательной активности плода, частотной активности на ЭЭГ, количества «дыхательных» движений грудной клетки, появляется брадикардия [2].

Поражения головного мозга обусловлены не только изменениями его в период гипоксии, но и могут проявляться в процессе реанимации ребенка, в постгипоксическом периоде, что объясняют накоплением в крови и тканях избытка свободных радикалов и продуктов перекисного окисления липидов («кислородный парадокс» – токсичность избытка кислорода после периода длительной гипоксии), протеолитических ферментов, ионов кальция, и др. Отсюда возникает опасность чрезмерно активной, неконтролируемой оксигенотерапии в неонатологии [4].

#### ***Библиографический список***

1. Володина Н.Н. Неонатология: национальное руководство – М., 2007. – 848 с.
2. Быков В.О., Водовозова Э.В., Душко С.А., Губарева Г.Н., Кузнецова И.Г., Кулакова Е.В., Леденева Л.Н., Миронова Э.В., Попова Т.А., Стременкова И.А., Щетинин Е.В. Неонатология //Учебное пособие – Ставрополь: Изд-во СтГМА, 2011 –214 с.
3. Быкова В.О. Справочник педиатра: учебное пособие – 3-е изд., Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 573 с.
4. Baschat A.A. Neurodevelopment following fetal growth restriction and its relationship with antepartum parameters of placental dysfunction/ Baschat A.A.//Ultrasound Obstet Gynecol 2011; 37:501-514.

***Кузнецов А.А.,***

#### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СВЯЗЬ ОРГАНИЗМА С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ**

*Владимирский государственный университет  
artemi-k@mail.ru*

По принципу частотного кодирования фазовая составляющая внешних воздействий захватывается организмом без изменений, поэтому процессы волнового воздействия и импульсаций генераторного потенциала синхронизированы. А так как амплитуда внешнего волнового воздействия кодирована также частотой импульсаций, то принятый организмом внешний амплитудный сигнал, кодирован частотой импульсаций и модулирован собственной фазовой составляющей.

По мнению автора, биоритмы имеют форму модулированных гармоник. С одной стороны гармоника, сопутствующие и генерируемые основной (управляющей) частотой внешнего устойчивого длинноволнового процесса, определенной организмом в качестве экзогенного ритма, являются соизмеримыми на частотной оси. Если принять за исходный тезис о соответствии выстраиваемой структуры под заданный ритм или их совокупность, то такие структуры для соизмеримых интервалов времени могут обрести признак геометрически инвариантных. Таким образом, один устойчивый длинноволновый процесс посредством многочисленных собственных гармоник способен построить структуру по типу «матрешка в матрешке».

С другой стороны фрактальная размерность реализаций таких сигналов связана с количеством воспринятых организмом гармоник, а, следовательно, определяется числом псевдо-источников. Рост фрактальной размерности свидетельствует о непрерывном изменении качества ритма – смене или сложном взаимодействии источников детерминант. Качество ритма в интервале записи ЭКГ меняется непрерывно, т.е. многократно. От-

сюда следует, что при росте превалирования хаотической составляющей эта величина должна расти, приближаясь к насыщению для виртуального ритма конечной записи и имея максимальное предельное значение для бесконечной записи случайных чисел, распределенных по нормальному закону. Если величина фрактальности ДРС превышает предельное значение, соответствующее ДРС нормального закона распределения, то это означает, что качество ритма в интервале записи ЭКГ менялось дискретно и подтверждает наличие последовательностей длинноволновых стационарных участков разного качества реакции.

Низкочастотная модуляция, генерирующая фрактальную компоненту генераторного потенциала, создает условия низкочастотной импульсации, а, следовательно, непрерывного поступления ритмической информации в определенную онтогенезом локальную область. В этом случае адаптационные механизмы не могут повлиять на проводимый сигнал из-за ограниченности собственных частотных характеристик.

Если мозг теряет по каким-либо причинам способность принимать необходимые ему гармоники из длинноволнового диапазона, то, вероятно, можно восполнить потерю этой способности прямой стимуляцией переменным низкочастотным электрическим или магнитным полем, соответственно. Если характеристики «потерянной» гармоники известны, то стимуляция проводится заданной частотой, если не известны, но известен частотный диапазон, то стимуляция проводится сканированием по всему этому диапазону поиском отсутствующей гармоники биоритма. В этом случае проблемным становится определение амплитуды сигнала стимуляции.

Чаще идут иным путем, подменяя потерю физической волновой связи внешней среды с мозгом, биохимическим направленным действием препаратов с обеспечением лечебного эффекта с определенной периодичностью, задаваемым латентностью и отложенным действием гуморального механизма проведения и соответствующим диапазоном очень низких (VLF) и ультранизких (ULF) частот в принятой классификации метода вариабельности ритма сердца.

*Кузнецов А.А.*

## **СИСТЕМНАЯ РОЛЬ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ СТИМУЛА**

*Владимирский государственный университет  
artemi-k@mail.ru*

Для описания относительно простых балансных (равновесных или стационарных) причинно-следственных структурно-функциональных отношений применяется детерминистская логика алгоритмической структуры последовательности событий по равномерной «шкале времени» с приданием времени свойств: непрерывности, направленности и однородности. Поэтому ее издавна связывают лишь с риторикой. Вдали от балансного состояния указанные отношения характеризуются понятием «сложного». Более того «...живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия...».

Информационная составляющая жизнедеятельности обеспечивается в значительной мере амплитудно-частотными характеристиками ритмических процессов внешней среды влияния, включающей физические поля и социум. Естественные вариации внешних физических полей являются экзогенным фактором для ритма сердца, а низкочастотная генерация в ответ на внешний сигнал считается установленным фактом.

Превалирование фазовой составляющей приводит к неоднозначности промежуточных результатов первичных реакций и сильному ветвлению алгоритмической структуры последовательности событий. Появление понятий «набора вариантов» и «моментного выбора» переводит логику в мнимую область анализа событий. Причинно-следственные отношения осложнены понятием выбора на малых интервалах времени и выстраиваются «по результату» на больших интервалах времени, чем объясняется их гибкость, пластичность и устойчивость. Собственные интервалы времени эндогенных и экзогенных ритмов становятся управляющими параметрами для реактивных систем организма человека, к которым, прежде всего, относится система кровообращения. Таким образом, реактивные системы организма человека являются функциональными звеньями ноосферы с превалированием хаотической динамики ритмических компонент на коротких интервалах времени и детерминистских компонент – на значительно более длинных интервалах времени. Чем многограннее и общее ритмическая связь организма с внешней средой влияния, тем хаотичнее и богаче мнимая реакционная область отклика, богаче моментный выбор, многограннее набор потенциальных эволюционных направлений и, следовательно, тем сложнее прогнозирование при большей вероятности принятия эффективной детерминистской логики событий.

При взаимодействии с социумом детерминистская логика может быть характеризована посредством результирующего мотивационного поведения одного человека, групп людей и крупных естественных ассоциа-

ций людей на исторически коротких интервалах времени. Системный баланс хаотических и детерминистских влияний сдвигается условно «влево» – в направлении более коротких ритмических процессов. Механизм формирования естественной алгоритмической последовательности событий теряет свойства гибкости и пластичности, что в конечном итоге, приводит к потере локальной устойчивости глобального эволюционного процесса. Для отдельно взятого человека это означает развитие стрессовой ситуации. А так как «левый» балансный сдвиг постоянен, то стрессовая ситуация определена постоянным привычным состоянием вне физиологической нормы – вне онтогенеза (стрессовым состоянием). В таком случае норма функционального состояния непрерывно определена депрессорным уровнем с устойчивым сдвигом баланса регуляторных влияний в сторону парасимпатического.

В рамках принятой логики возникает несколько вопросов и утверждений:

- являются ли обозначенные выше длинноволновые ритмы автономными;
- является ли ритмическая совокупность (набор) гармоник универсальной;
- резонируют в готовых к приему структурах, выстроенных ими и под них;
- роль спектральных диапазонов VLF и ULF в системной регуляции ритма.

**Куликов Р.А., Фролов С.В.**

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

*Тамбовский государственный технический университет  
(KulikovRoman.68.ru@yandex.ru)*

С каждым годом разработчики ультразвуковых сканеров разрабатывают новые алгоритмы обработки изображений и исследуют различные новые методы сканирования, для принципиально нового изучения тканей человека.

Одна из самых последних разработок, которую производители начали предлагать, как дополнительную опцию к ультразвуковым сканерам экспертного и премиум класса является “Эластография”.

Сама технология эластографии появилась не так давно, но уже пользуется большим спросом, особенно при обследовании молочных желез.

Эластография – метод качественного и количественного анализа упругих свойств тканей. Основным методом, который используется в большинстве ультразвуковых сканеров, это “Компрессионная эластография”.

Данный метод используется для исследования поверхностно расположенных органов (молочной железы, щитовидной железы, предстательной железы, матки, мочевого пузыря). Исследование проводят линейным датчиком с применением компрессии, способствующей деформации тканей. Более упругий, твердый объект (опухоль), уменьшается в объеме меньше (рис. 1), чем менее упругий, мягкий.

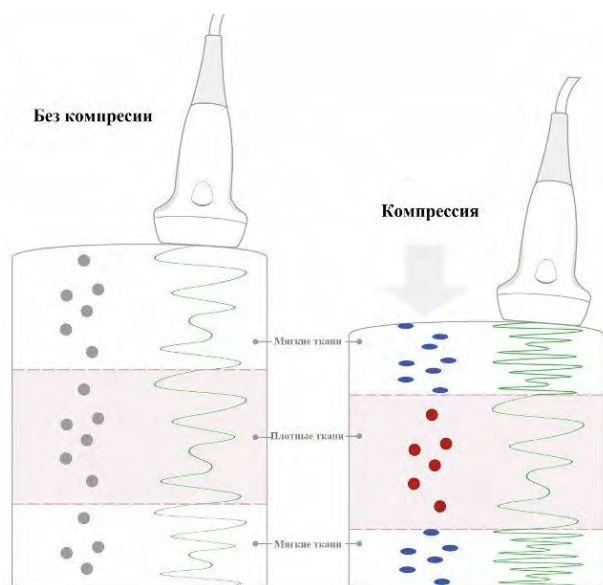


Рис. 1 Принцип технологии эластографии

Компрессионная эластография позволяет сравнить упругости различных участков ткани, что особенно полезно при определении подозрительных структур в мягких тканях.

В некоторых новых аппаратах премиум класса применяют новый метод, так называемый “ Эластография сдвиговой волны”.

Принцип этой технологии состоит в том, что датчик генерирует очень сильные УЗ колебания, фокусируя радиационное давление ультразвуковой волны в заданных точках на нужной глубине, от которых они будут распространяться в поперечном направлении со скоростью, определяемой сдвиговой упругостью ткани.

В плотных тканях скорость будет увеличиваться, так как скорость ультразвука в них выше, а в более мягких скорость будет падать.

Измерив скорости во всём диапазоне исследуемых глубин можно сопоставить количественные показатели сдвиговой упругости тканей и создать их двухмерное серошальное или цветное изображение.

Одним из главных преимуществ этого метода, по сравнению с компрессионной эластографией, это отсутствие требования компрессии тканей датчиком, что обеспечивает хорошую воспроизводимость результатов, объективность и более качественную визуализацию.

Также данный метод позволяет получить количественные характеристики. Для этого врач выбирает на серошальном изображении контрольный объем, в котором числовые значения показателя упругости выдаются в метрах в секунду или пересчитываются в кило Паскали.

Но при наличии такого большого количество плюсов, есть и свои минусы, а именно большие требования к производительности оборудования, а также очень высокое качество датчика и платы усилителя сигналов, так как сигналы, отразившиеся от тканей, имеют очень слабую амплитуду.

#### ***Библиографический список***

1. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation //Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
2. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58).С.139-145.

***Лаврентьев Б.Ф.***

#### **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ЗРЕНИЯ**

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, Россия  
Lavrentevbf@marstu.net*

Работа посвящена созданию простого многофункционального прибора для научных медицинских центров с целью проведения клинических исследований при лечении различных заболеваний человека с использованием элементов светового воздействия на зрительный анализатор человека .

Основными задачами работы являются: информационный поиск по теме, проектирование прибора в соответствии с техническим заданием, разработка технической документации, изготовление и настройка опытного образца прибора и передача его в медицинский центр для клинических исследований.

В приборе заложены широкие функциональные возможности воздействия на организм человека через зрение световыми сигналами различной цветности, частотной модуляции, яркости, формы, скорости движения с возможностью оперативного изменения их параметров во время проведения одного сеанса. За основу предлагаемого прибора взята приставка «Амблио-1» к аппарату «Амо-Атос», в которой телескопическая труба заменена сферическим экраном. Внутри сферического экрана расположен диск с источниками световых стимулов. При работе световые сигналы вращаются с заданной частотой вокруг оптической оси или перемещаются по радиусам. Функциональных возможностей прибора значительно возрастают за счет модуляции светового потока сигналами низкой частоты и введения элементов цветотерапии. Созданный прибор имеет более высокие функциональных возможностей и лучшие эксплуатационных характеристики по сравнению с прибором «Амблио-1. Указанный технический результат достигается тем, что в приборе вместо двух

режимов движения световых сигналов используются восемь режимов работы, включая движение световых сигналов по окружности влево и вправо, по радиусам, влево и вправо от центра, вверх и вниз от центра и т.д. Движение возможно с различной скоростью, яркостью и длительностью каждого режима. Возможна также модуляция светового потока сигналами различной формы и изменение цвета световых сигналов. В одном сеансе можно задать любое количество режимов от одного до восьми со своими параметрами с помощью органов управления, расположенных на передней панели прибора.

Функциональные возможности прибора значительно возрастают за счет использования полноцветных светодиодов и введенной модуляции светового потока частотой, которая может задаваться потенциометром, расположенным на передней панели прибора.

#### **Основные технические характеристики прибора**

|                                                 |                                            |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| - количество режимов работы .....               | 8 (64 )                                    |
| - формы световых мельканий .....                | 8                                          |
| - время одного цикла, сек .....                 | 25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0                     |
| - количество циклов в одном сеансе .....        | 12; 32; 64; 128                            |
| - количество цветов .....                       | 7                                          |
| - цвета: .....                                  | красный, зеленый, синий, белый, меняющийся |
| - частота модуляции светового сигнала, Гц ..... | 0 – 20                                     |
| - изменение яркости .....                       | 0 - макс                                   |
| - питание, в .....                              | 12                                         |
| - потребляемая мощность, Вт .....               | не более 15                                |

**Прибор работает следующим образом:** на пульте управления задается программа работы устройства, состоящая из заданного количества режимов работы, продолжительности каждого режима, а также скорости и формы движения световых сигналов, количество циклов в каждом режиме, вида и формы, цветности и частоты модуляции свечения светодиодов.

Конструкция прибора включает в себя блок управления и сферический экран, который подключается к блоку управления с помощью кабеля. Прибор имеет прямоугольную форму, на передней панели которой размещаются органы управления и индикации. С помощью органов управления, расположенных на панели управления, можно задать режим работы прибора и контролировать его работу.

#### **Библиографический список**

1. Лаврентьев Б.Ф. Прибор для тренировки и коррекции зрения. Патент на изобретение RU № 2013130647 А. Опубликовано 10.01.2015
2. Лаврентьев Б.Ф., Богатов М.С. Устройство для светового воздействия на зрительный анализатор человека. Патент RU №1555584 U1 Опубликовано 10.10.2015
3. Лаврентьев Б.Ф., Богатов М.С. Прибор для светового воздействия на зрительный анализатор человека//Научный журнал «GLOBUS» № 2 2016 стр. 20 – 23.

**Лавринов А.В., Недосекин В.В.**

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(lavr.95.alex@gmail.com, vladislavnedosekin@yandex.ru)*

Малоинвазивными процедурами называются любые процедуры, которые обеспечивают меньшее вмешательство в организм, чем применяемые для той же цели открытые операции. Малоинвазивная процедура, как правило, подразумевает использование эндоскопических инструментов и дистанционное управление инструментами при непрямом наблюдении хирургического поля через эндоскоп или другой подобный прибор; доступ при таких операциях осуществляется через кожу, через полость тела, через анатомическое отверстие. Таким образом, можно сократить время пребывания пациента в больнице или проводить лечение амбулаторно. Однако безопасность и эффективность каждой процедуры необходимо подтвердить посредством контролируемых испытаний.

Эндоскоп – это миниатюрная камера, соединенная с монитором длинным кабелем. Она вводится через естественные пути во внутренние полости организма и позволяет врачу получить очень отчетливые снимки

слизистых оболочек или даже взять пробу тканей для исследования. Термин «эндоскопия» происходит от двух греческих слов: endon – внутри и skopeo – смотрю. И действительно, эндоскоп позволяет доктору осмотреть то, что обычно скрыто от глаз при обычном осмотре.

Эндоскопию широко применяют в диагностических целях в хирургии, пульмонологии, урологии, гинекологии, гастроэнтерологии. Метод позволяет исследовать пищевод, желудок, двенадцатиперстную и толстую кишку. Современные эндоскопы не только дают четкое изображение, но и применяются для взятия на анализ образцов ткани.

Эндоскопы используются не только в диагностике. Они также позволяют осуществлять врачебные манипуляции. В последние годы стремительно развивается эндохирургия – проведение хирургических операций с использованием эндоскопической техники. Инструменты вводятся в тело через едва заметный разрез, что значительно сокращает период реабилитации и способствует скорейшему выздоровлению. Набор инструментов, которые можно вводить посредством эндоскопа, очень велик – метод хирургической эндоскопии позволяет удалить инородное тело или новообразование, сделать инъекцию прямо в пораженную область внутренних органов или остановить кровотечение из язвы. В наши дни почти 80% операций на органах ЖКТ проводится при помощи этого метода.

Таким образом, эндоскопия предоставляет данные, которые невозможно получить никаким иным способом. Это малоинвазивный и в основном безболезненный метод обследования, не требующий восстановительного периода.

Метод эндоскопии позволяет решать самые разные диагностические и лечебные задачи. Малоинвазивная хирургия и все остальные воздействия на организм, стараются сделать максимально атравматическими.

Развитие данного направления является максимально востребованным: улучшение качества изображения, создание новых методов обработки оцифрованного изображения, увеличение углов обзора объектива, уменьшение времени проведения диагностических мероприятий, уменьшение габаритов, увеличение комфортности использования, увеличение точности цветопередачи, улучшение качества света, упрощение методики дезинфекции и стерилизации без потери качества очистки, увеличение степеней свободы эндоскопа.

#### ***Библиографический список***

1. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.
2. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 3 (53). – С. 68-80.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

***Лебедева А.А. Лаврентьев Б.Ф.***

#### **ПОВЫШЕНИЕ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ В ПЧЕЛОВОДСТВЕ**

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, Россия  
([Lavrentevbf@marstu.net](mailto:Lavrentevbf@marstu.net))

Пчеловодство является одной из важнейших отраслей нашего сельского хозяйства, однако из-за низкой рентабельности и отсутствия программы развития оно не может конкурировать с зарубежными производителями пчелопродуктов. Следовательно, важнейшей задачей современности является восстановление пчеловодства как высокоэффективной отрасли народного хозяйства за счет создания и внедрения специализированных приборов для пчеловодов и методик их использования.

Как показывает опыт отечественного и зарубежного пчеловодства, выход из этого положения, т.е. повышение эффективности и получение достаточной прибыли, возможно обеспечить только при комплексном ис-



пользовании пчелиных семей на производстве не только мёда, но и воска, пакетов пчёл, маток, биологически активной продукции (маточного молока, пыльцы, прополиса, пчелиного яда). Для получения сильных пчелосемей необходимо обеспечить пасеки высокоэффективными приборами для диагностики состояния пчел на различных этапах их развития, универсальными приборами для пчеловода, приборами для получения «серебряной воды» для питания пчел, дезинфекции ульев и борьбы с основными болезнями пчел. Практика показала, что с одной пчелосемьи, помимо меда, можно за сезон дополнительно получить: пчелиного яда 1–3,0 гр., цветочной пыльцы до 6 кг, прополиса до 2 кг; маточного молочка до 500 гр. Что касается меда, то его количество, при использовании передвижных пасек, можно увеличить в 3–5 раз.

Таким образом, используя все продукты пчеловодства, можно сделать пчеловодство достаточно доходной отраслью народного хозяйства.

Система сбора пчелиного яда «Мукш – 5» разработана в Поволжском государственном технологическом университете в 2014 году для получения пчелиного яда на коллективных и индивидуальных пасеках. Её отличительной особенностью является введение режима автоматического изменения программы работы прибора с изменением параметров окружающей среды и защита от коротких замыканий в ядоприемниках, что позволяет исключить привыкание пчел к раздражающим воздействиям и тем самым повысить производительность процесса получения яда. Экономические расчеты показали, что одна система «Мукш 5» за сезон способна собрать до 1 – 2 кг пчелиного яда и все расходы по ее изготовлению и эксплуатации окупятся за один сезон.

Приборы для получения «серебряной» воды относятся к электрохимическим производствам, в частности, к приборам для получения «серебряной» воды для нужд пчеловодства. Особенностью таких приборов является необходимость получения серебряной воды различной концентрации в условиях пасек. Концентрация ионов серебра должна составлять: для поения пчел – 0,5–1,2 мкг/л., для приготовления сиропа – 3,5–10 мкг/л, для промывки ульев и дезинфекции – 18–60 мкг/л и для лечения варикоза – 60 – 80 мкг/л. Второй особенностью таких приборов является его работа в полевых условиях, что требует высокой надежности прибора, хороших эксплуатационных характеристик, удобства эксплуатации и защиты от пыли, влаги и механических воздействий среды, а также удобства переноски и транспортировки.

В Поволжском государственном технологическом университете разработаны два прибора для получения серебряной воды «Эрвий 2» и «Эрвий 3», на которые получены патенты РФ.

В настоящее время создается установка для непрерывного получения серебряной воды с высокой точностью заданной концентрации ионов серебра в воде, которая по своим параметрам превосходит все существующие приборы подобного типа. Большое внимание уделяется созданию приборов для диагностики состояния пчелосемей.

#### ***Библиографический список***

1. Красильникова Э.М. Лаврентьев Б.Ф., Лебедева А.А., « Пчелиный яд. Получение. Стандартизация. Применение.» //НАУ № 3, 2014 год, г. Екатеринбург, стр.120- 122.
2. Лаврентьев Б.Ф. « Создание комплекса средств для повышения рентабельности пчеловодства в России» // Сборнике трудов Поволжского государственного технологического университета за 2014 год, Йошкар-Ола, 2014. стр. 98 – 111
3. Лаврентьев Б.Ф. «Устройство для сбора пчелиного яда». Патент РФ № 148852. Опубликовано 20. 12. 2014.
4. Лаврентьев Б.Ф., Петухов И.В., Белов Д.А. «Устройство для сбора пчелиного яда.» Патент RU № 128962 U1 Опубликовано 20.06. 2013.

*Леньшин С.Г.*

#### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПО НЕВЕРБАЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: Stas.Lenshin@mail.ru).*

Картина о состоянии психофизиологических показателей исследуемого объекта, полученная путем исследования на полиграфе, порой бывает не полной. Полиграф регистрирует только факт появления стрессового состояния, но не его причину. Поэтому рационально создание дополнительной программной части, которая регистрирует и распознает невербальные признаки, что увеличит процент выявления лжи. Программное обес-

печение представляет собой метод обработки визуальной информации, полученной во время обследования, а так же анализ и сравнение полученных данных.

Учеными в области психологии эмоций Полом Экманом и Кэрроллом Изардом доказано, что у людей, независимо от пола, происхождения и патологий (например: слепоты), проявление эмоций – универсально, поэтому выявлен набор характерных точек на лице, по которым можно определить невербальный признак.

Предлагается метод выявления коротких (от 0,04 до 0,2 секунд) изменений в мимике - микровыражений, основанный на алгоритме обнаружения Виолы и Джонса.

Метод реализован в программе Matlab, с использованием библиотеки функций Computer Vision System Toolbox. Метод Виолы-Джонса является основополагающим для поиска объектов на изображении в реальном времени, используются изображения в интегральном представлении, что позволяет вычислять быстро необходимые объекты. В самом методе используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск лица и его черт.

В стандартном методе Виолы – Джонса используются прямоугольные признаки, изображенные на рисунке 1, они называются примитивами Хаара:

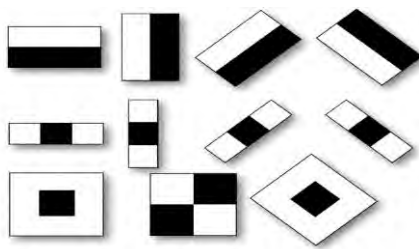


Рис. 1 Примитивы Хаара в методе Виолы – Джонса.

Вычисляемым значением такого признака будет:  $F = X - Y$

где  $X$  – сумма значений яркостей точек закрываемых светлой частью признака, а  $Y$  – сумма значений яркостей точек закрываемых темной частью признака.

Основная идея в том, что определив точки, которые характерны для каждой из эмоций, можно производить сравнение с различным родом ситуаций. Покадрово ведется наблюдение за точками, функция к ним привязывается, но сравнение происходит только в случаях, когда изменение положения точек изменяется в малый промежуток времени - происходит обнаружение микровыражений. Обнаружение и анализ микровыражений и есть основная цель метода. На рисунке 2, представлены 3 последовательных кадра, с выделенной областью лица и отмечены характерные точки.

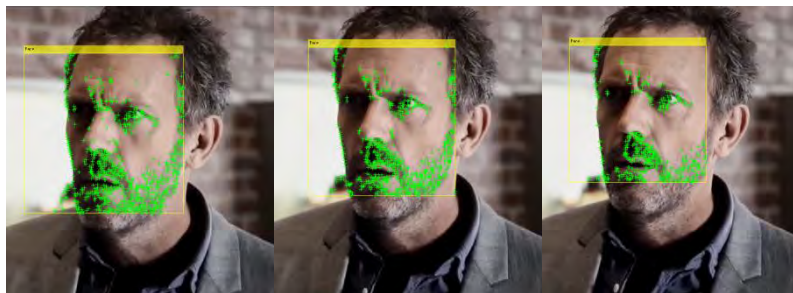


Рис. 2 Выделение лица и характерных точек.

Создание указанного программного обеспечения полезно будет использовать в психиатрии и в судебно-медицинской экспертизе, для получения полной информации об эмоциональном состоянии человека в определенный момент времени.

#### **Библиографический список**

1. Хайкин С. Нейронные сети. М., 2006. 1105 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. М., 2005. 618 с
3. MathWorks URL: <https://www.mathworks.com/help/vision> (дата обращения 30.03.17).

## **СПОСОБ ИНФРАКРАСНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОДКОЖНЫХ ВЕН**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: lisitsyn.andryushka@mail.ru, katrinlexus2@mail.ru, stroev2006@yandex.ru)*

Предполагаем способ относится к людям страдающим избыточным весом, так как вены располагаются под жировой прослойкой.

Способ инфракрасной визуализации подкожных вен конечности, включающий укладку пациента, подготовку исследуемой поверхности, предварительное механическое воздействие в виде циркулярного сдавливания до прекращения оттока крови от исследуемого участка, последующее прекращении механического сдавливания и регистрацию тепловизором усиления кровотока в инфракрасном диапазоне спектра излучения при достижении максимального термоконтрастирования вен, отличающийся тем, что предварительное механическое воздействие в виде сдавливания осуществляют до прекращения кровотока в исследуемом участке, дополнительно регистрируют тепловизором инфракрасное излучение от исследуемой поверхности при окончании механического воздействия, формируют разность тепловизионных изображений, полученных в моменты времени максимального термоконтрастирования вен и окончания механического воздействия, с последующей нормировкой разностного изображения [1].

Техническая сущность предлагаемого способа заключается в повышении контраста вен за счет учета контраста не только после этапа сжатия, но и на этапе сжатия, а также подавления ложных температурных перепадов, вызванных произвольными микродвижениями исследуемой поверхности, за счет учета обязательности спада температуры на этапе сжатия и возрастания – после сжатия [2].

Медико-технический результат достигается тем, что в способе инфракрасной визуализации подкожных вен конечности, включающем укладку пациента, подготовку исследуемой поверхности, механическое воздействие в виде циркулярного сдавливания до прекращения оттока крови от исследуемого участка, последующее прекращении механического сдавливания и регистрацию тепловизором инфракрасного излучения от исследуемой поверхности, формирование первой разности тепловизионных изображений, полученных в моменты времени максимального термоконтрастирования вен и окончания механического воздействия и последующую нормировку изображения [2], вводятся регистрация тепловизором инфракрасного излучения от исследуемой поверхности уже с момента начала сдавливания манжеты и непрерывное формирование межкадровой разности тепловизионных изображений, а также дополнительно до нормировки формируется вторая разность тепловизионных изображений, полученных в моменты начала и окончания сдавливания, которая вычитается из первой разности изображений, после чего производится обнуление точек изображения, для которых на этапе механического сжатия хотя бы одно значение межкадровой разности тепловизионных изображений будет положительной или для которых на этапе после механического сжатия хотя бы одно значение межкадровой разности тепловизионных изображений будет отрицательной.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

Пациент располагается в комнате с регулируемой температурой 21-22°C. Проходит период адаптации в течении 10 мин. Оголяется левая рука пациента, накладывается на левое плечо манжета от аппарата ручного измерения артериального давления, измеряется давление и производится накачка манжеты до давления на 50 мм.рт.ст. выше измеренного артериального давления. Этим обеспечивается прекращение кровотока в руке. Включается съемка руки тепловизором. Производится регистрация тепловизором инфракрасного излучения от исследуемой поверхности и непрерывно формируется межкадровая разность тепловизионных изображений. Через 120 сек спускается воздух из манжеты. Регистрация и формирование межкадровой разности производятся до момента максимального термоконтрастирования вен [2].

### **Библиографический список**

1. Уракова Н.А., Касаткин А.А. фармакологическое термоконтрастирование живых тканей как метод повышения качества их визуализации при инфракрасной термоскопии и термографии/ Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9-1. – С. 89-92;
2. Касаткин А.А. инфракрасная термография подкожных вен человека / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Москва, 2017. С. 36-38;

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ ВИБРИРУЮЩИМ ДАТЧИКОМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(alena-lungina@rambler.ru, cadam@mail.ru)*

В настоящее время глаукома как результат высокого глазного давления с большим отрывом лидирует среди всех форм данного заболевания. Таким образом, своевременное выявление повышенного внутриглазного давления способно не только помочь человеку вылечиться, но и иногда просто спасти зрение пациента.

Основной принцип методов определения внутриглазного давления - измерение путем определения силы, необходимой для вдавления роговицы. Поэтому все существующие способы измерения офтальмотонуса объединяет воздействие на глаз каким-либо образом. При этом регистрируется реакция глаза на воздействие, по которой могут судить о величине глазного давления.

В ходе исследования проведён информационный анализ методов определения глазного давления с помощью вибрирующего электромеханического датчика, выявлены их недостатки.

Цель исследования: рассмотреть известные методы определения глазного давления с помощью электро-механического вибрирующего датчика для повышения эффективности диагностики.

Задачи: 1) провести информационный анализ известных способов определения внутриглазного давления с использованием вибрационного датчика; 2) выявить недостатки приведённых методов;

3) сформулировать выводы о направлении исследований в данной области для возможности устранения недостатков аналогов в инновационных способах.

Известен способ [А.С. 18233788 (СССР), Способ тонометрии глаза и устройство для его осуществления/В.А.Пашков, Л.П.Чередниченко и В.К.Полторак. - А61В 3/16, 1993, бюл. № 23.], согласно которому приближают вибрирующий датчик к глазу до наступления контакта с ним и действуют на глаз до момента исчезновения сигнала на выходе вибрирующего датчика, отводят вибрирующий датчик от глаза и при этом измеряют максимальную амплитуду сигнала на выходе вибрирующего датчика, по значению которого судят об офтальмотонусе.

Способу свойственны недостатки: максимальное значение амплитуды будет на частоте механического резонанса, а также резонансные явления появляются при совпадении частот звуковых (ультразвуковых) колебаний с частотами мод колеблющихся оболочек клеток и составляющих цитоплазмы клеток, а также молекул и других элементов и структур.

Известен способ [Патент РФ № 2361506 - Способ тонометрии глаза / Соколова Т.С., Иванова Л.Ю., Калинина Е.В., Леонтьев Е.А. - А61В3/16, 2007], согласно которому приближают вибрирующий датчик к глазу до наступления контакта с ним и действуют на глаз до момента исчезновения сигнала на выходе вибрирующего датчика, отводят вибрирующий датчик от глаза и при этом измеряют максимальную амплитуду сигнала на выходе вибрирующего датчика, по значению которого судят об офтальмотонусе, вводят стабильную меру в виде костной ткани лобной части лица, для чего вначале приближают вибрирующий датчик к средней точке лобной части лица до наступления контакта с этой точкой и действуют на нее до момента исчезновения сигнала на выходе вибрирующего датчика, отводят вибрирующий датчик от средней точки лобной части лица и при этом измеряют максимальную амплитуду сигнала на выходе вибрирующего датчика, значение которой принимают за опорный сигнал, который сравнивают с измерительным сигналом.

К недостаткам способа относится низкая метрологическая эффективность из-за субъективного анализа статистической амплитудно-временной характеристики, снижающая точность за счет наличия методической и динамической погрешности.

Введение калибровочной амплитудно-временной характеристики, которая служит нормируемым эквивалентом [Патент РФ № 2601178 - Способ тонометрии глаза / А.А. Лунгина, А.В. Курганский, Е.И. Глинкин. - А61В3/16, от 27.10.2016, Бюл. №30], в отличие от известных решений устраняет методическую и уменьшает на два порядка динамическую погрешности измерения. Это приводит к повышению точности измерения внутриглазного давления, что в свою очередь позволяет поставить более точный диагноз заболевания и провести соответствующее лечение.

Выводы: 1) проведён информационный анализ известных способов определения внутриглазного давления с использованием вибрационного датчика; 2) выявлены недостатки приведённых методов из-за отсутствия стабильной меры; 3) введение калибровочной амплитудно-временной характеристики, как нормируемого эквивалента, устраняет методическую и уменьшает на два порядка динамическую погрешности измерения.

*Руководитель: д.т.н., профессор Е.И. Глинкин.*

## СИСТЕМА ДОМАШНЕГО МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

(e-mail: katya.1296@mail.ru, nsutyagina@gmail.com, aanisimov@etu.ru)

В настоящее время артериальная гипертензия является самым распространенным заболеванием сердечно-сосудистой системы, и пациентам, имеющим такой диагноз, крайне важно проводить мониторинг показателей артериального давления (АД) в течение дня с целью оценки состояния организма, выявления динамики изменения АД и прогнозирования возможных обострений [1,2]. Однако современные тонометры не поддерживают удаленное управление со смартфона, а функция передачи на него регистрируемых сигналов реализована крайне неэффективно, дневник пациента при этом ведётся в бумажном виде. Решение данной проблемы обеспечивает интеллектуальная система домашнего мониторинга АД, производящая измерения в фазе компрессии и управляемая со смартфона по каналу Bluetooth. Очевидно, что такая система должна иметь многоуровневую иерархическую структуру [3,4], и каждый уровень должен обеспечивать оптимальное решение конкретной задачи (рис.1).



Рис. 1. Структура интеллектуальной системы мониторинга АД

Первым уровнем является осциллометрический тонометр (работающий в фазе компрессии, что значительно повышает удобство его использования) с Bluetooth управлением, обеспечивающий регистрацию АД и дополнительных значимых показателей, необходимых для оценки величины АД. Второй уровень системы – приемник сигналов с носимого устройства (смартфон пациента), обеспечивающий обработку принимаемых с тонометра данных, анализ состояния пациента, управление режимами работы тонометра и передачу полученной информации на третий уровень с целью осуществления мониторинга и прогнозирования возможности возникновения осложнений. Третьим уровнем системы является сервер и точки доступа медицинского учреждения, объединенные в локальную сеть, обеспечивающие хранение приходящей со второго уровня системы информации и предоставляющие возможность непосредственного контроля динамики изменения АД и комплекса взаимосвязанных показателей со стороны лечащего врача за счёт применения облачных технологий. Четвертый уровень системы организуется с помощью специализированного программного обеспечения, установленного, например, на планшете лечащего врача.

Второй, третий и четвертый уровни системы мониторинга взаимодействуют путем мобильного канала передачи данных. На сервер лечебного учреждения со второго уровня поступает информация о текущем значении АД и других параметров, а на смартфон пациента – обновления режимов работы программного обеспечения, скорректированные критерии оценки границ нормального состояния пациента, полученные на основе результатов длительного мониторинга.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №16-07-00599 «Модели, методы и система интеллектуального телемедицинского мониторинга состояния здоровья человека и прогнозирования обострения заболеваний».

### Библиографический список

1. Анисимов А.А., Юлдашев З.М., Бибичева Ю.Г. Безокклюзионная оценка динамики артериального давления по времени распространения пульсовой волны. Медицинская техника, 2014. – № 2. – С. 8-12.
2. А.А. Анисимов, Т.В. Сергеев. Алгоритм оценки артериального давления по времени распространения пульсовой волны. Биотехносфера, 2015. – №4(40). – С. 57-61.
3. З.М. Юлдашев, Е.А. Пустозеров, А.А. Анисимов. Многоуровневая интеллектуальная система удаленного мониторинга состояния здоровья людей с хроническими заболеваниями. Биотехносфера, 2016. – №5(47). – С. 2-8
4. З.М. Юлдашев, А.А. Анисимов. Система удаленного интеллектуального мониторинга состояния здоровья людей. Медицинская техника, 2017. – №1. – С. 45-48

Макеева Ю.А.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВОТОКА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ЦВЕТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВОСНАБЖЕНИЯ

Южный федеральный университет  
Инженерно-технологическая академия  
Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения  
(yuliya.beneruk@mail.ru)

В современном мире сосудистые заболевания являются одной из основных причин смертности. Для моделирования кровотока необходимо принять граничные условия, определяемые вязкостью крови, нелинейностью её перемещения по сосудам, параметры сосудов и изменение их во времени.

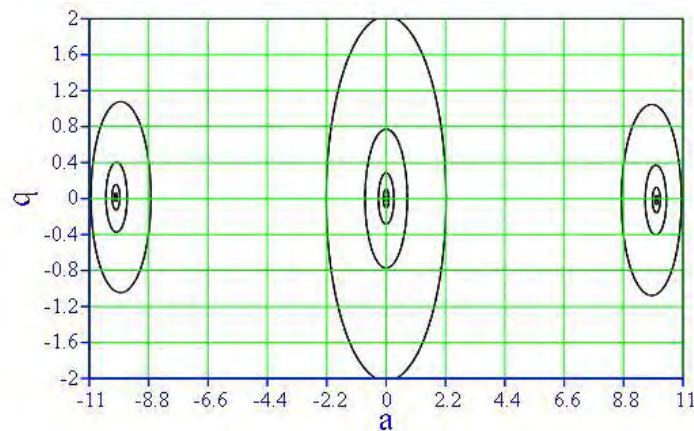


Рис.1. Начальные точки дисперсионных кривых в случае малой вязкости

Динамика кровотока в гибких цилиндрических сосудах описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial V_x}{\partial t} &= -\frac{\partial p}{\partial X} + \mu \left( \frac{\partial^2 V_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_x}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial X^2} \right), \quad \rho \frac{\partial V_r}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left( -\frac{\partial^2 V_x}{\partial r \partial X} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial X^2} \right), \\ \frac{\partial^2 p}{\partial X^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial^2 p}{\partial r^2} &= 0, \\ \rho_0 h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= \frac{\partial S'}{\partial x} + \frac{S_0 - T_0}{R} \frac{\partial w}{\partial X} + \frac{S_0 - T_0}{R} \frac{\partial w_0}{\partial X} - \rho_0 h \frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2} - \tau, \\ \rho_0 h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= \frac{T_0}{R^2} w + \frac{T_0}{R^2} w_0 - \frac{T'}{R} + S_0 \frac{\partial^2 w}{\partial X^2} + S_0 \frac{\partial^2 w_0}{\partial X^2} - \rho_0 h \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2} - \sigma, \\ S' &= \frac{Eh}{1-v^2} \left( v \frac{\partial u}{\partial X} + \frac{w}{R} \right), \quad T' = \frac{Eh}{1-v^2} \left( v \frac{\partial u}{\partial X} + \frac{w}{R} \right), \end{aligned}$$



где  $p$  - давление;  $\rho$  - плотность крови;  $\mu$  - вязкость крови;  $v_x, v_r$  - осевая и радиальная компонента скорости крови;  $R$  - радиус сосуда;  $t$  - время;  $u, w$  - перемещения стенки в продольном и поперечном направлениях;  $S', T'$  - силы натяжения в окружном и продольном направлениях соответственно;  $S_0, T_0$  - начальные значения сил натяжения в окружном и продольном направлениях;  $h$  - толщина стенки сосуда;  $\rho_0$  - массовая плотность материала стенки сосуда.[1]

Результатом построения модели становится решение дисперсионных уравнений и построение дисперсионных кривых кровотока. В условиях различной вязкости крови результаты резко разнятся. В случае пренебрежимо малой вязкости:

Для относительно больших коэффициентов вязкости ( $\mu \sim 0.1$ ) число дисперсионных кривых образует бесконечное счетное множество (рисунок 2).

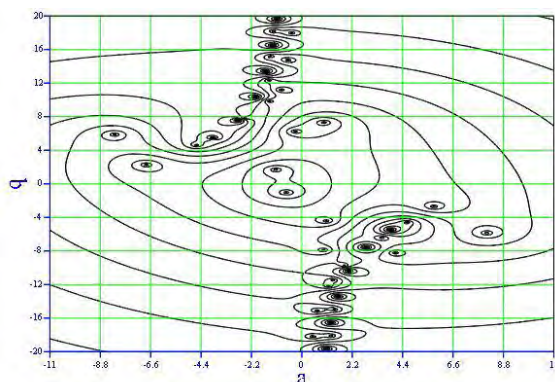


Рис.2. Начальные точки дисперсионных кривых в случае большой вязкости

Данные дисперсионные кривые, по сути, связывают энергию кровотока с частотой пульсовой волны и её обратной длиной волны, то есть, следуя динамике изменения дисперсионных кривых в условиях течения времени можно производить моделирование кровотока на любом участке кровеносного сосуда, предварительно окрасив тот или иной процесс модели программно.

### *Библиографический список*

1. Доль, А.В. Математические модели гемодинамики кровотока с учетом работы распределенного сердца / А.В. Доль, Ю.П. Гуляев // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2011. С. 423-425.

*Маслов А.А.*

### **ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ ЗРЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(maslov5525@mail.ru)*

Стремление человека получить хорошее зрение, способствовало развитию хирургических методов коррекции зрения в офтальмологии, позволяющих навсегда избавиться от очков и контактных линз. **В наше время существует более 20 методов коррекции близорукости, дальнозоркости и астигматизма.** Однако самым эффективным офтальмологи всего мира признают **метод эксимер-лазерной коррекции зрения.**

При эксимер-лазерной коррекции воздействие происходит только на одну из преломляющих сред - роговицу. В силу того, что форма "естественной линзы" глаза изменяется, лучи после лазерной коррекции фокусируются именно на сетчатке. То есть у человека улучшается зрение.

Эксимерный лазер применяется в офтальмологии с 1980-х годов. Лазерные лучи не имеют опасного радиационного воздействия, как, например, рентгеновские или гамма лучи. Луч эксимерного лазера воздействует на ткань только в той точке, в которой он сфокусирован, не оказывая воздействия на соседние ткани глаза. Благодаря высокой мощности и кратковременности лазерного воздействия удастся испарять молекулы с по-

верхности роговицы практически без нагрева. Это свойство, так называемого, «холодного» лазерного луча успешно используется в рефракционной хирургии.

**Суть эксимер-лазерной коррекции** заключается в том, что, в результате «шлифовки» роговицы лучом, ее передней поверхности придается форма, позволяющая сфокусировать изображение предметов на сетчатке. Следуя из этого, возвращается хорошее зрение, и можно забыть об очках и контактных линзах, функцию которых возьмет на себя роговица. Высокий уровень безопасности и совершенные лазерные установки последнего поколения сделали процедуру лазерной коррекции достаточно простой.

Рассмотрим три метода лазерной коррекции зрения: по методике **фоторефракционной кератэктомии** (ФРК) и метод ЛАСИК – лазерный специализированный кератомилез, а также Фемто-Ласик.

При проведении коррекции зрения по методике ФРК лазер изменяет внешние слои роговицы. В результате поверхностный слой – эпителий и боуменова мембрана, на которой он расположен, повреждается. То есть, после лазерного воздействия остается открытая раненая поверхность, которая постепенно покрывается эпителием. Применение этого метода при миопии и астигматизме высокой степени сопряжено с риском остаточной миопии (до 10% случаев) и астигматизма, кроме того, возможно развитие помутнения роговицы, которое постепенно рассасывается, но остаточная миопия сохраняется.

С появлением данных осложнений сформировалась необходимость разработки нового метода, позволяющего корректировать миопию и астигматизм высокой степени (свыше 6.0 Д). Таким методом стал ЛАСИК, впервые примененный в 1989 г. В отличие от ФРК при ЛАСИК фотоабляция проводится с сохранением поверхностного слоя роговицы, который способен регенерировать. Таким образом, ЛАСИК может применяться при коррекции миопии и астигматизма высокой степени без риска развития помутнения и остаточной миопии.

Фемто-Ласик (или ИнтраЛасик) — модификация самой популярной на сегодняшний день методики ЛАСИК. Первое клиническое использование эксимер-лазерной коррекции по методике ФемтоЛасик было в 2003 году. Суть Фемто-Ласика состоит в том, что роговичный лоскут формируется с помощью фемтосекундного лазера, а не механического микрокератома, как в методике ЛАСИК, в котором используется стальное лезвие. Эту методику иначе называют "полностью лазерный ЛАСИК".

С каждым годом аппаратура, применяемая для проведения операций, совершенствуется, количество осложнений также уменьшается. Лазерная коррекция считается безопасной. Такое оперативное вмешательство имеет минимум противопоказаний. Коррекция проводится компьютеризированной техникой, при этом обрабатываются индивидуальные данные человека. Это позволяет исключить врачебные ошибки и осложнения. С помощью эксимер-лазера возможно избавиться сразу от нескольких проблем с глазами, при этом лазерные лучи не травмируют окружающие ткани.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений//Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

***Медведева А.В.***

### **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(schiki666@mail.ru)*

Для удаленного контроля сердечно-сосудистой системы кардиологических больных медицинские учреждения используют аппарат под названием «кардиорегистратор». Особенно важен этот прибор для больных с ишемической болезнью сердца, для больных с фибрилляцией предсердий, с эпизодами пароксизмальной тахикардии, с частой экстрасистолией и другими серьезными нарушениями ритма и проводимости.

Например, кардиорегистратор Н-100 «ГНОМ». Прибор предназначен для регистрации пациентом своей электрокардиограммы (ЭКГ) в электронную память и последующего воспроизведения на любом электрокардиографе IBM (программное обеспечение) совместимой персональным компьютером. Может применяться в качестве дополнения к традиционным холтеровским системам в лечебных и лечебно-профилактических учреждениях кардиологического профиля, как "монитор событий" частно практикующими врачами, а также в бы-



товых условиях для уточнения генеза эпизодов загрудинных болей, внезапных тахикардии и других предположительно кардиогенных проявлений.

Принцип работы таков: с помощью двух электродов, жестко закрепленных на противоположных сторонах корпуса, можно снять ЭКГ между ладонями левой и правой руки, а также ладонью правой руки и другим участком тела получая таким путем разные типы отведений. При записи ЭКГ каждое сердечное сокращение сопровождается звуковым сигналом. Кардиорегистратор обеспечивает хранение записанной информации в течение 30 суток.

Его аналог «МИОКАРД-3» работает под управлением телефона или компьютера, по радиоканалу Bluetooth. Короткие фрагменты ЭКГ регистрируются от 10 до 60 секунд, длительные фрагменты ЭКГ - до 72 часов.

Во время регистрации короткого фрагмента, ЭКГ выводится на экран телефона или компьютера по кольцу, тем самым позволяет проконтролировать качество сигнала, дожидаться хорошей записи. Короткие ЭКГ можно отправлять на компьютерную диагностику или врачу на консультацию. Все отправляемые ЭКГ сохраняются на сервере в архиве.

Длительные (суточные) фрагменты ЭКГ регистрируются с помощью кабеля отведений и 5 одноразовых электродов. Они записываются на micro SD-карту. Записанные фрагменты считываются через картридер. В случае выявленной патологии или ухудшения самочувствия, пациент может отправить длительную ЭКГ на консультацию врачу.

Существует масса аналогов, как зарубежных, так и российского производства. Отличительные особенности «МИОКАРД-3»: высокое качество ЭКГ-сигнала; оптимальная система отведений (4-х канальной ЭКГ охватываются все стенки левого желудочка миокарда); передача по цифровому каналу связи; распознавание ЭКГ с достоверностью 99,99%.

Томская компания JK Medical ("Джей Кей Медикал") разработала устройство –электрокардиограф для мониторинга работы сердца и сосудов размером с флешку. Прибор намного дешевле импортных аналогов, обеспечивает точную диагностику и при этом является самым маленьким в мире.

"ЭЛСКАН" – это самый маленький компактный кардиорегистратор в мире. Он может проводить мониторинг сердечно-сосудистой деятельности на протяжении семи суток, используя одну маленькую батарейку весом четыре грамма.

Это считается поистине прорывом в медицине и медицинской технике. Аппараты становятся не только меньше, но и точнее. При этом их стоимость не увеличивается, а наоборот, заметно дешевле предыдущих моделей. Помимо всего этого, каждый последующий созданный аппарат обладает все более высоким показателем эргономичности, что позволяет кардиологически больному человеку пользоваться данной техникой с большим удобством [1].

#### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

***Мещеряков А.Г.***

#### **ОЧИСТКА БИОТОПЛИВА ОТ ОСТАТКОВ КАТАЛИЗАТОРА**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники  
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»  
(alex\_mec@bk.ru)*

Анализ литературных источников показал, что из-за загрязнения окружающей среды продуктами, образующимися при сгорании моторных топлив, а также уменьшения сырьевых ресурсов для их производства нужно искать альтернативную замену светлым нефтепродуктам, использование которых в настоящее время официально признано угрозой существованию человеческой цивилизации. Установлено, что альтернативное топливо должно иметь возобновляемую сырьевую базу, не уступать нефтяным топливам по энергетическим показателям, иметь более высокие экологические свойства. Указанным требованиям отвечают биодизельные топлива, получаемые из растительных масел. Существенным недостатком традиционных технологий являются нерешенные проблемы удаления катализатора из продуктов его взаимодействия после синтеза.

В основе создания эффективных методов синтеза биодизельного топлива заложено использование реакторов вихревого слоя, удельная энергетическая насыщенность рабочей зоны которых существенно превышает показатели аппаратов с механическим перемешиванием [1]. Синтез биодизельного топлива с последующей его очисткой осуществляли на экспериментальной установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1 (обозначения приведены в тексте).

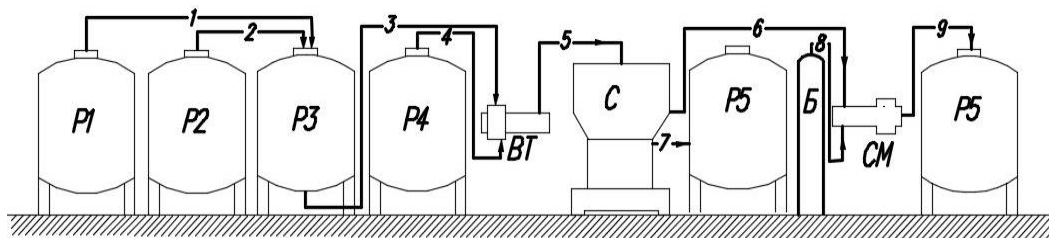


Рис.1 – Схема получения биодизельного топлива

Описание процесса. Метиловый спирт 1 из резервуара (P1) и катализатор (гидроксид калия) 2 из резервуара (P2) подаются в резервуар (P3) для приготовления алкоголята. Полученный алкогольат 3 и исходное растительное масло 4 направляются в вихревую трубу (BT) для синтеза биодизельного топлива. Полученную реакционную массу 5 отделяют от глицерина 7 в сепараторе (C). Синтезируемое топливо 6 очищают от остатков катализатора в газожидкостном смесителе (CM) под действием углекислого газа 8 и направляют в резервуар для его хранения (P6). Полученный метиловый эфир направляют на смешение с дизельным топливом (смесевое топливо). Биодизельное топливо получали по реакции переэтерификации в присутствии щелочного катализатора - гидроксида калия. Затем промывали водой и его качество оценивали по показателю pH водной вытяжки.

В традиционном варианте щелочной катализатор удаляют путем нейтрализации ортофосфорной кислотой с последующей промывкой топлива водой и ее выпариванием [2]. В результате исследований установлены значения pH водных вытяжек неочищенного (10,2), очищенного биотоплива углекислым газом (6,8) и ортофосфорной кислотой (2,5). При использовании биотоплива, очищенного ортофосфорной кислотой, pH повышается до 6,8 после многократной промывки; при использовании биотоплива, очищенного углекислотой, pH достигает значения 6,8 уже после первой промывки.

Таким образом, выявлен эффективный способ очистки биотоплива углекислым газом, который исключает из технологической схемы аппарат с дополнительной промывкой водой, аппарат с традиционной промывкой биотоплива ортофосфорной кислотой, существенно сокращает время синтеза, а также позволяет экономить материальные, энергетические и финансовые ресурсы.

### Библиографический список

1. Нагорнов С.А., Корнев А.Ю., Мещерякова Ю.В. Основные этапы получения биодизельного топлива из микроводорослей // А.Ю. Корнев, Ю.В. Мещерякова, С.А. Нагорнов / «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства»: XVIII Международная научно-практическая конференция Тамбов, -2015. С.243-246.
2. Нагорнов С.А., Мещерякова Ю.В. Получение биодизельного топлива из микроводорослей // Тракторы и сельхозмашины. - 2015.-№ 10.-с. 3-5

*Мещеряков А.А.*

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЕНТГЕНОЛОГИИ

*Тамбовский государственный технический университет  
(19a28137e46x50@mail.ru)*

В настоящее время лучевая диагностика переживает переходный период, обусловленный бурным техническим ростом.

Основными тенденциями развития рентгенологии являются:

- совершенствование средств визуализации;
- внедрение современных компьютерных технологий, систем обработки данных и изображений;
- виртуальная медицина и телерадиология;
- интервенционная радиология и малоинвазивная хирургическая техника под контролем лучевых методов диагностики.

Взаимопроникающая эволюция медицинских технологий, основанная на новых перспективных методах обучения методам и оборудованию, на рубеже тысячелетий изменившая представление о средствах интроскопии. Судя по современной тенденции развития лучевой диагностики, ближайшее будущее принадлежит цифровым средствам визуализации. Благодаря широкому внедрению микропроцессорных систем и компьютеризации происходит радикальное изменение их способов получения рентгеновского вида изображений. Создаются принципиально новые возможности регистрации сигналов, записи их в память стандартных микросхем, компьютерной обработки, покадровой съемки с длительным хранением изображений на видеоконтроллерах и ремонте интересующего органа.

Оцифрованными изображениями можно свободно манипулировать как обычными электронными данными:

- накапливать и хранить неограниченное время без потери качества;
- пересылать на любые расстояния;
- изображения можно обрабатывать, изменять, улучшать;
- создавать в любое время жесткие копии на бумаге и пленке;
- решить систему архивирования документов.

С новым цифровым технологическим процессом, который вступает в силу с момента его получения. Возможное сокращение расхода рентгеновской пленки составит до 70%.

Одной из особенностей современной рентгенологии является создание новых рентгеновских аппаратов, оснащенных высокочастотным питательным оборудованием и телеуправляемыми рентгеновскими штативами. Создание таких аппаратов обеспечивает материалоемкость и энергоемкость оборудования, требует меньше площади для размещения. В последнее время успешно развивается новое направление клинической медицины - интервенционная радиология - частный раздел лучевой диагностики. Под этим понимается выполнение под контролем рентгенотелевидения, ультразвуковой биолокации или рентгеновской компьютерной томографии экономных, щадящих, но весьма эффективных лечебно-диагностических процедур.

Преимуществом интервенционных вмешательств является:

- отсутствие традиционного разреза;
- исключение общего обезболивания;
- высокая точность;
- безопасность;
- легкая повторяемость процедур;
- возможность выполнения ряда из них в амбулаторных условиях.

Продолжающееся совершенствование медицинских технологий требует подготовки специалистов для подготовки и переподготовки специалистов в области лучевых, хирургических и др. систем.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2013. №2(46). С.66-75.
2. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. 2013. Том 19. № 3. С. 553-561.
3. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врачи и информационные технологии. 2014. №3. С. 35-45.
4. М.С. Фролова, И.А. Толстухин, С.В. Фролов Regulation on medical devices in different countries // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Том 20. № 4. С.726-733.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДА ГЕМОДИАЛИЗА**

*Тамбовский государственный технический университет  
(milyutin1998@mail.ru)*

В наши дни гемодиализ является основным методом внепочечной очистки крови при почечной недостаточности. Во время процедуры гемодиализа из организма удаляются токсические продукты обмена веществ, и происходит восстановление нарушений водного и электролитного балансов [1-4].

В этой работе рассмотрены перспективы развития метода гемодиализа, а именно физические свойства диализных мембран и улучшение их характеристик.

Физическая основа метода была заложена в 1854 году шотландским учёным Томасом Грэхэмом в его работе «Осмотическая сила», в которой он впервые описал способ изготовления полупроницаемых мембран.

Улучшение фильтрующих свойств и биологических характеристик мембран может стать перспективным направлением развития метода гемодиализа.

Необходимо рассмотреть за счет каких физических процессов происходит очистка крови. Во время гемодиализа происходит удаление вредных веществ путём диффузии и конвекции. Эти процессы напрямую зависят от давления, концентрации и температуры молекулы или растворённых веществ с обеих сторон, а также свойств гемодиализной мембраны, которые делают из коллодия, целлофана и других синтетических веществ.

Раньше в диализе использовались исключительно целлюлозные мембраны. Однако вновь разработанные синтетические мембраны для обратного осмоса и ультрафильтрации также могут использоваться для диализа. Например, амфотерные мембраны для ультрафильтрации можно эффективно использовать для отделения макромолекул растворенного вещества из водных растворов, которые содержат электролиты. Катионо- и анионообменные мембраны могут также с успехом использоваться для разделения органических веществ с малой молекулярной массой и растворов электролитов.

Мембраны для диализа имеют малую толщину и обеспечивают высокую производительность и селективность по целевому компоненту. Эти параметры важны для диализных мембран, т.к. диализ по своей сути – процесс достаточно медленный. Кроме того, толщина мембраны определяет сопротивление массопереносу, т.к. диализ – диффузионный процесс. Одна процедура гемодиализа длится около четырёх часов.

Во время диализа молекулы низкомолекулярного вещества без каких-либо препятствий проходят через мембрану, в то время как коллоидные частицы, которые неспособны диализировать (то есть проходить через мембрану) остаются за ней. Одна процедура гемодиализа длится около четырёх часов.

Для увеличения пропускной способности и скорости диализа можно использовать арамидное нановолокно. Оно является относительно гидрофильным веществом, полностью стабильным и нерастворимым в воде, что делает его идеальным модификатором для создания гидрофильных композитных мембран. После добавления арамидного нановолокна мембраны проявляют более пористые структуры и повышают гидрофильность поверхности, что позволяет ускорить процесс диализа.

Коэффициент извлечения флуора, адсорбция белка и тесты на адгезию бактерий подтверждают, что модифицированные арамидным волокном мембраны обладают улучшенными противообрастающими свойствами. Кроме того, добавление арамидного волокна обеспечивает более эффективную адсорбцию малых молекулярных токсинов креатинина. В общем, этот гидрофильный, недорогой и нановолокнистый модификатор будет иметь многообещающий потенциал для модификации ультрафильтрационных мембран и использовать их для очистки воды и гемодиализа.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(alenka132009@yandex.ru)*

Электротерапия - метод воздействия на организм электрическим током и полем, который широко применяется в медицинской практике благодаря практически полному отсутствию противопоказаний и побочных эффектов.

В настоящее время существует огромное количество аппаратов для данного метода воздействия на организм. Одним из них является МЕТА-1 -аппарат малогабаритный электротерапевтический. Данный аппарат является многофункциональным и может быть использован для проведения электрофореза в сочетании с последующим импульсным током для усиления лечебного эффекта, гальванизации, электросна, осуществлять электронаркоз и электроанальгезию.

В аппарате МЕТА-1 четыре выходных канала, работающих по заданным циклическим программам, обеспечивающих возможность воздействия сразу на несколько точек во время одной процедуры. Аппарат предназначен для применения в помещениях лечебных учреждений для обслуживания одного пациента. Небольшие габариты и малый вес, простота в обращении, большая энергоёмкость, полный набор известных типов электротерапевтического воздействия позволяет использовать аппарат Мета-1 в хирургии, гинекологии, травматологии, анестезиологии и других областях медицины, как в стационарных, так и в амбулаторных условиях.

Аналогами аппарата МЕТА-1 являются: МЕДКОМБИ Мустанг-Физио-МЭЛТ-2К, BTL-4625 Puls Topline.

Аппарат МЕДКОМБИ имеет 2 независимых канала, каждый из которых имеет 4 подканала с возможностью одноканального и кольцевого режима работы. Это даёт возможность воздействовать сразу на несколько терапевтических зон, либо проводить одновременно 3 независимые процедуры. У МЕДКОМБИ есть большой жидкокристаллический экран с сенсорным интерфейсом, на котором отображается весь ряд функциональных возможностей аппарата и параметры программ в простой и удобной форме.

Мустанг-Физио-МЭЛТ-2К является двухканальным многофункциональным электротерапевтическим аппаратом. Он может быть использован для: гальванизации и электрофореза, электросна, флюктуаризации, амплипульс-терапии. Панель управления имеет крупный дисплей для каждого канала, на которых отображаются все параметры воздействия, включая графическое изображение формы импульсов.

BTL-4625 Puls Topline – это портативный аппарат, предназначенный для процедур электротерапии, с двумя независимыми каналами, дополнительными токами и 4.3 дюймовым цветным сенсорным экраном. Особенностью данного аппарата является возможность модернизация магнитной, ультразвуковой и лазерной терапией, а также подключение к вакуумному устройству для проведения одновременно процедур электротерапии и вакуумного массажа. BTL-4625 Puls Topline нашёл применение в неврологии, дерматологии, ортопедии, гинекологии, спортивной медицине.

Перспективами развития аппаратов для электротерапии являются: уменьшение габаритов и веса, что делает их более мобильными, увеличение функциональных возможностей, что делает их универсальными в терапевтических целях, модернизация магнитной, ультразвуковой и лазерной терапией, возможность программирования режимов [1-5].

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
2. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.
3. Фролов С.В., Фролова М.С. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. С. 112-117.
4. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.
5. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. –2014. –№ 3 (53). – С. 68-80.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ЛЖИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(Andrey.05.03.ru@mail.ru)*

В настоящее время развивающимся и перспективным направлением в биомедицинской инженерии является создание технических аппаратов для выявления лжи. На данный момент ученые пытаются усовершенствовать уже существующие технологии, а также использовать отдельные медицинские измерительные приборы вместе с детектором лжи.

На сегодняшний день сенсорный блок полиграфа соединен со своими модулями проводами, что неприемлемо для пациентов и влияет на правильный сбор их физиологических данных.

Для решения этой проблемы был разработан полиграф с датчиками и сенсорным блоком. Традиционный полиграф был улучшен с помощью технологии пикосети Bluetooth. В нем используется модуль беспроводной связи Bluetooth с радиоволнами ближнего радиуса вместо кабелей проводного полиграфа.

Детектор лжи является гибким в работе и может собирать физиологические данные обследуемых, не влияя на их покой, что в свою очередь повышает достоверность снимаемых физиологических показаний.

Также многие исследователи полагают, что определение лжи может стать более точной, если будут найдены, выделены и измерены нейронные изменения, происходящие во время процесса обмана.

Сейчас проводятся исследования, связанные с использованием функциональной ближней инфракрасной спектроскопии (фБИКС) на префронтальной коре головного мозга для исследования гемодинамического ответа.

Измеренные показания изменений физиологических сигналов, снятых с помощью полиграфа, и выявленные фБИКС изменения концентрации гемоглобина распределяются линейным дискриминантным анализом на «ложные» и «истинные». Результаты показывают, что точность детекции лжи оказалось больше в случае с совместным использованием полиграфа и фБИКС, чем без последнего.

Также идентификация мыслительных процессов головного мозга является одной из мер для обнаружения обмана.

Электроэнцефалография выступает как один из способов понять когнитивные реакции, такие как мышление мозга человека, и этот метод может быть расширен для выявления лжецов среди людей.

Такие три статистические характеристики как мощность(энергия), дисперсия и среднее квадратическое значение могут быть рассчитаны для паттернов сигнала электроэнцефалографа во время проведения ЭЭГ для исследования процесса мышления и выявления лжи.

Дальнейшая интеграция с обычным современным полиграфом разрабатываемых технических устройств, описанных в данной статье, позволит практически безошибочно оценивать достоверность получаемой информации [1-7], что крайне полезно следственным структурам и работодателям.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. - 2014. - №3. - С. 35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. - 2010. - Т.16. - №2. - С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. - 2013. - Том 19. - № 3. - С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. - 2013. - №11. - С.50-61.
5. Wu. Z.-A.a, Cheng. T.c, Mao. J.c, Wang. F.b. Research of separable polygraph based on bluetooth transmission // Lecture Notes in Electrical Engineering(LNEE). - 2014. - Volume 269. - Pages 2643-2648.
6. Bhuvaneswari. P, Satheesh Kumar. J. A note on methods used for deception analysis and influence of thinking stimulus in deception detection // International Journal of Engineering and Technology. - 2015. - Volume 7. - Issue 1. - Pages 109-116.
7. Raheel Bhutta. M.a, Hong. K.-S.ab, Hong. M.J.c, Kim. Y.-H.d. Classification performance analysis of combined fNIRS-polygraph system using different temporal windows // 15th International Conference on Control, Automation and Systems. - 2015. - Article number 7364650. - Pages 1795-1800.

# ДИНАМИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БИОИМПЕДАНСА НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В БИОМАТЕРИАЛАХ

Юго-Западный государственный университет  
(SFilist@gmail.com)

Под динамической характеристикой биоматериала понимаем эволюцию его пассивных электрических свойств в процессе воздействия на него зондирующим током произвольной формы. Биоматериал будем представлять эквивалентной схемой в виде многоэлементного  $RC$ -двухполосника, представленной на рис. 1.

Задача заключается в том, чтобы определить модель переходной характеристики на выходе измерительной схемы, представленной на рис. 1.

Сопротивление токового резистора  $R_T$  в измерительной цепи  $R_T \ll R_1$ , где  $R_1$  – активное сопротивление биоматериала. Для выходного напряжения  $U_{вых}(t)$  можем записать:

$$U_{вых}(t) = U_{вх}(t) \cdot \frac{R_T}{Z_1}, \quad (1)$$

где комплексное сопротивление двухполосника рис. 1

$$Z_1(s) = \frac{R_1 + R_T + sR_1R_TC_1}{1 + sR_1C_1}. \quad (2)$$

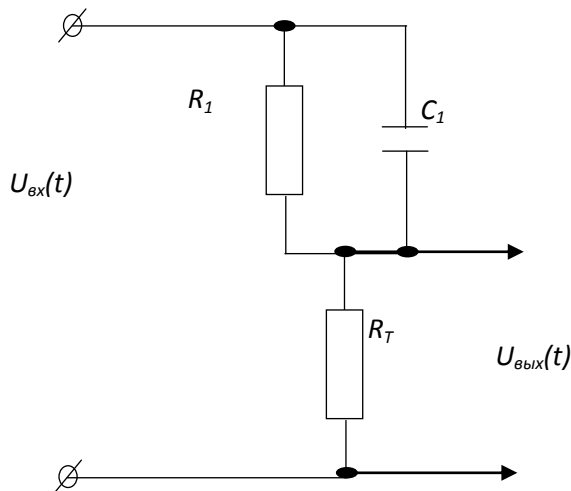


Рис. 1 – Схема многоэлементного  $RC$ -двухполосника, эквивалентного полному электрическому сопротивлению биоматериала

С учетом, что  $R_1 \gg R_T$ , (2) можем представить в виде

$$Z_1(s) = \frac{R_1}{1 + sR_1C_1} + \frac{sR_1R_TC_1}{1 + sR_1C_1}. \quad (3)$$

В операторной форме напряжение на выходе измерительной схемы рис. 1 запишется как

$$U_{вых}(s) = U_{вх}(s) * \frac{R_T}{Z_1(s)}, \quad (4)$$

где \* - значок операции свертки,  $U_{вых}(s) = \frac{1}{s}$ , при учете, что на входе ступенчатая функция Хэвисайда.

Для передаточной функции измерительной цепи согласно (4)

$$W(s) = \frac{R_T}{R_1} \frac{(1 + sR_1C_1)}{(1 + sR_TC_1)} . \quad (5)$$

Представим (5) в виде суммы простейших дробей:

$$W(s) = \frac{R_T}{R_1} (W_1(s) + W_2(s)) , \quad (6)$$

где  $W_1(s) = \frac{1}{1 + sR_TC_1}$  и  $W_2(s) = \frac{sR_1C_1}{1 + sR_TC_1}$  соответствуют переходные характеристики

$$y_1(t) = (1 - \exp(-t / R_TC_1)) , \quad y_2(t) = \exp(-t / R_TC_1) .$$

Суммируя правые и левые части последних уравнений, окончательно получим модель для напряжения на выходе  $U_{вых}(t)$ :

$$y(t) = \frac{R_T}{R_1} (1 - \exp(-t / R_TC_1)) + \exp(-t / R_TC_1) . \quad (7)$$

Параметры полученной параметрической модели (7) электрического сопротивления биоматериала определяем посредством построения уравнения нелинейной регрессии общего вида по точкам экспериментально полученной переходной характеристики биоматериала. Данная модель дает возможность построить пространство информативных признаков в виде двух временных рядов: первый ряд - это изменения емкости  $C_1$  с течением времени переходного процесса, второй ряд – изменение электрического сопротивления  $R_1$  с течением времени переходного процесса. Предполагается возможность строить параметрическую динамическую модель для серии переходных процессов, наблюдая эволюцию параметров модели от процесса к процессу.

*Нагайцева Я.А.*

## ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ С АДАПТИВНЫМ ШУМОПОДАВЛЕНИЕМ

*Тамбовский государственный технический университет  
(pierietochkina@mail.ru)*

Данные Всемирной организации здравоохранения сообщают о том, что более 350 миллионов людей имеют проблемы со слухом и являются инвалидами из-за этого.

Ученые считают, что половина случаев потери слуха – это минимальное количество возможных случаев, которые можно было бы предотвратить. Количество людей, которые имеют проблемы со слухом и здоровьем уха, растет с каждым годом. С 2004 года общее количество глухих людей и людей с плохим слухом в мире возросло практически на 100 миллионов (в 2004 году было зафиксировано около 270 миллионов людей с плохим слухом, в 2012 цифра увеличилась до 360 миллионов).

Самым эффективным решением проблемы тугоухости является слуховой аппарат, представляющий собой электронный звукоусиливающий прибор, применяющийся по медицинским показаниям при различных формах стойких нарушений слуха.

Современные слуховые аппараты являются электроакустическими устройствами и состоят из трех основных частей: микрофона, усилителя и ресивера.

Поступающий извне звуковой сигнал улавливается слуховым аппаратом с помощью микрофона. Далее сигнал поступает на усилитель, который представляет собой миниатюрное электронное устройство, преобразующее электрический сигнал и увеличивающее его мощность. На заключительном этапе, сигнал с усилителя передается на телефон — маленький, но мощный источник звука. Он осуществляет преобразование усиленных и обработанных усилителем электрических сигналов в звуковые волны.

Одной из основных проблем слуховых аппаратов является проблема адаптивного шумоподавления. Принцип работы шумоподавителя заключается в удалении уже имеющегося в фонограмме шума и предотвращения накопления шумов при передаче сигнала. Основная задача функции шумоподавления - обеспечить комфортные условия слушания в шуме путем снижения усиления в том частотном диапазоне, в котором уровень шума



превышает уровень речи. Реализация этой задачи возможна благодаря использованию технологии распознавания речи и шума. Степень подавления шума зависит от акустической обстановки.

Функция шумоподавления предназначена для улучшения отношения сигнал/шум на выходе канала передачи сигнала. Адаптивные шумоподавители изменяют свои параметры под воздействием проходящего через них сигнала, а их коэффициент передачи является функцией времени.

На сегодняшний день, ведущие инженеры и врачи-аудиологи стараются сделать все возможное, чтобы люди с различными формами нарушений слуха, могли спокойно адаптироваться к окружающей их обстановке, наполненной различными звуками. Последние разработки слуховых аппаратов с различными функциями, в том числе адаптивного шумоподавления, позволяют пациентам не только комфортно слышать человеческую речь при невысоком уровне громкости, но и снижают уровень нежелательного внешнего шума.

#### ***Библиографический список***

1. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
2. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58). С.139-145.
3. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. –2014. –№ 3 (53). – С. 68-80.
4. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
5. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
6. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.

***Нгуен Ч.Т.***

#### **СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОНЛАЙН ВЫЯВЛЕНИЯ ЭПИЗОДОВ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(nguyentuyen1988@gmail.com)*

Фибрилляция предсердий (ФП) относится к числу функциональных нарушений сердца, недостаточное лечение которого приводит к серьезным заболеваниям сердечно-сосудистой системы. Поэтому проблема своевременной диагностики и повышения эффективности лечения ФП относится к числу актуальных проблем кардиологии.

Методы диагностики ФП в настоящее время хорошо отработаны и широко применяется в клинической практике. Это, прежде всего длительное холтеровское мониторирование сердечной деятельности, выявление эпизодов ФП, скрупулезные кардиологические исследования пациента в клинических условиях. Однако остается часть пациентов, которая в силу разных причин вынуждена продолжать вести активный образ жизни, находится вне лечебного учреждения.

Цель исследования – разработка метода и носимой системы удаленного мониторинга для онлайн выявления эпизодов фибрилляции предсердий, оперативного информирования врача и поддержки принятия решения врачом по медицинскому сопровождению пациента.

Для онлайн удаленного мониторинга состояния здоровья пациента и прогнозирования обострения заболевания, система должна иметь многоуровневую структуру [1, 2]. На каждом уровне системы решаются конкретные задачи: регистрация биомедицинских сигналов (на первом уровне), предварительная обработка сигналов, оценка диагностически значимых показателей и текущего состояния здоровья пациента, формирование тревожной сигнализации для пациентов (на втором уровне), осуществление мониторинга состояния пациента на сервере лечебного учреждения (на третьем уровне) и контроль состояния здоровья пациента и принятие решения лечащим врачом, медицинского сопровождения пациента врачом (на четвертом уровне).

Предлагаемая носимая система предназначена для регистрации электрокардиографического сигнала грудного отведения, так как, это позволяет снизить влияние различных миографических помех и двигательных артефактов. Сигнал далее передается на смартфон пациента для дальнейшей обработки [3].

Для выявления эпизодов фибрилляции предсердий, был сформирован комплекс диагностически значимых показателей для оценки текущего состояния пациента – размах частот сердечных сокращений, дисперсия частот сокращений и хаотичность  $f$  волн на TQ сегментах ЭКГ сигнала [3]. При превышении установленных значений порогов, событие фибрилляции предсердий подтверждается. Для повышения точности диагностики в алгоритме осуществляются предварительная фильтрация, сглаживание ЭКГ сигналов, устранение дрейфа изолинии и удаление эктопических систол. В алгоритме используется скользящее окно с продолжительностью 10 секунд, которое дает возможность выявления коротких эпизодов фибрилляции предсердий и повысит эффективность диагностики при сокращении интервалов времени анализа ЭКГ до 10 секунд. Для принятия решения врачом об оказании медицинской помощи формируется гистограмма распределения продолжительности эпизодов фибрилляции. Диагностически значимые показатели периодически передаются на сервер лечебного учреждения, через который, лечащий врач получает информацию о частоте и продолжительности фибрилляции предсердия наблюдаемого пациента, проводит их детальный анализ и формирует рекомендации для медицинского сопровождения пациента.

**Выводы.** Для повышения надежности и достоверности диагностики эпизод фибрилляции предсердия необходимо использовать комплекс диагностически значимых показателей, на основе которых формируется диагностическое правило. Предложена система для on-line удаленного мониторинга состояния здоровья пациента в условиях активной жизнедеятельности.

#### ***Библиографический список***

1. Юлдашев З.М., Пустозеров Е.А., Анисимов А.А. Многоуровневая интеллектуальная система удаленного мониторинга состояния здоровья людей с хроническими заболеваниями. Биотехносфера. 2016. № 5 (47). С. 2-8.
2. Нгуен Ч.Т., Юлдашев З.М. Система удаленного мониторинга для прогнозирования мерцательной аритмии. Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. №8. С. 26-30.

***Нгуен Мау Тхач***

#### **ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА НА БАЗЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ АЛГОРИТМОВ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(thachnguyen@mail.ru)*

Известно, что исследования, по совершенствованию электронных средств, методов и алгоритмов в области кардиологии, для автоматической фрагментации (АФ) электрокардиосигналов (ЭКС) является актуальными в связи с поиском достоверных, эффективных и надёжных алгоритмов АФ ЭКС, подавляющее большинство из которых выполняют функцию обнаружения *QRS*-комплексов, выделения *R*-зубцов и измерения *RR*-интервалов. Актуальность данной проблемы подтверждается большим разнообразием различных методов и алгоритмов, что существенно затрудняет их анализ с целью выбора наиболее подходящего из них для использования в конкретной аппаратуре. Это затруднение связано с разнообразием предложенных алгоритмов и с разработкой критериев, в соответствии с которыми можно было бы отдать предпочтение тому или иному алгоритму. Один из способов, способствующих выполнению сравнительного анализа предложенных алгоритмов в соответствии с подходящим критерием, например, критерием сложности реализации выбранного алгоритма и надёжности выделения соответствующего фрагмента, базируется на методе их компактного описания на основе логической схемы алгоритмов (ЛСА) [1]. Метод ЛСА позволяет получить наглядное и компактное представление о реализации соответствующего алгоритма и осуществить сравнение между собой различные алгоритмы АФ ЭКС любой сложности с учётом веса установленных операторов, посредством которых реализуется алгоритмы, принадлежащие к тому или иному классу алгоритмов.



**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ  
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ,  
СОЗДАВАЕМЫХ СЕРДЦЕМ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(bendghappy@gmail.com)*

Сердце является одним из ключевых органов в теле человека, поэтому изучение принципов и правильно-сти его работы – важная задача, поставленная перед медициной. Ценным методом электрофизической диагно-стики в кардиологии считается электрокардиография. Электрокардиография- методика регистрации и исследо-вания электрических полей, образующихся при работе сердца.

Существует множество различных электрокардиографов, у каждого имеются свои преимущества и отли-чия в принципе работы. Например, электрокардиограф ЭК1Т-03М2, который представляет собой одноканаль-ный прибор с перьевой записью на теплочувствительной диаграммной ленте. Предназначен данный прибор для измерения и графической регистрации биоэлектрических потенциалов сердца преимущественно в меди-цинских учреждениях, но также и в условиях "скорой помощи".

Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 обеспечивает регистрацию отведений: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V. Пита-ние - от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50-60 Гц. Рабочий режим устанавливается при-мерно за одну минуту. Преимущество данного аппарата в простоте использования, обусловленная высокой эргономичностью, его можно назвать «проверенная классика».

Небольшые габариты (275 x 208 x 102мм) и малый вес (с учетом аккумулятора 4,5кг) делают данный аппа-рат крайне мобильным, что является немаловажным качеством для электрокардиографа.

Существует масса аналогов: ELI 150с, "БИОМЕД" BE 1200В, ЭКЗТ-01 "РД", каждый из которых имеет некоторые преимущества.

ЭКЗТ -01-«Р-Д» - это одно/ трехканальный электрокардиограф, позволяющий одновременно регистриро-вать 1 или 3 отведений ЭКГ в ручном и автоматическом режимах. Производителем является компания «НПП Монитор», страна Россия.

Множество вариаций питания данного аппарата является очевидным достоинством, перечень источников питания таков: сеть переменного тока частотой 50 Гц и напряжением от 198 до 242В, бортовая сеть автомобиля скорой помощи напряжением от 10 до 15В, внутреннего источника питания – аккумуляторной батареи 7,2В (от 6 до 8В).

Возможность выбора скорости печати на стандартной термобумаге шириной 58 мм (5, 10, 25 или 50 мм/сек) считается так же важным фактором. Также его масса позволяет использовать данный аппарат не толь-ко в медицинских учреждениях, но и в машине «скорой помощи».

"БИОМЕД" BE1200В - двенадцатиканальный электрокардиограф, предназначенный для применения в от-делениях функциональной диагностики, кардиологических отделениях и отделениях интенсивной терапии больниц и поликлиник.

Данный аппарат имеет на корпусе цветной ЖК дисплей (разрешение 640x480) с возможностью одновремен-ным отображением до 15 каналов ЭКГ на экране прибора, т.е. 12 стандартных отведений и 3 отвода ритма). Отоб-ражение графической информационной схемы подключения электродов к пациенту и надежности контактов отво-дов на экране прибора. Так же электрокардиограф поддерживает несколько языков: английский, русский и др.

Прибор позволяет сохранять в памяти для последующего просмотра и печати данные 300 записей ЭКГ па-циентов. Он также поддерживает увеличение памяти за счет USB-накопителя, что является крайне важной функцией для диагностики.

Следовательно, с течением времени электрокардиографы усвершенствуются по мере появления новых инноваций в мире техники. Так же развитие медицины откладывает положительный отпечаток на улучшение качества приборов для регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Тенденция исключительно положительная не только в плане точностей исследования, но и видны заметные упрощения эксплуатации оборудования и повышение его эргономичности [1,2].

***Библиографический список***

1. Синдеев С.В., Фролов С.В. Моделирование гемодинамики сердечно-сосудистой системы при церебраль-ной аневризме // Математическое моделирование. – 2016. – №28(6). – С.98-114
2. Синдеев С.В., Фролов С.В. Многомасштабное моделирование сердечно-сосудистой системы для оценки церебрального кровообращения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12(5). – С.950-954.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(vladislavnedosekin@yandex.ru, lavr.95.alex@gmail.com)*

Компьютерная томография - это вид рентгенологического исследования. Но отличается от рентгенографии тем, что при рентгенографии мы имеем дело с проекционным изображением области исследования, а при КТ мы имеем дело с набором изображений-срезов. Из имеющейся серии изображений можно построить трёхмерное изображение или получить срезы, сделанные в произвольных плоскостях, отличных от плоскости исходного сканирования. Компьютерные томографы развивались следующим образом.

Аппарат 1-го поколения появился в 1973 году. КТ-аппараты первого поколения были пошаговыми. Была одна трубка, направленная на один детектор. Сканирование производилось по одному обороту на слой. Каждый слой обрабатывался около 4 минут.

Во 2-м поколении КТ-аппаратов использовался веерный тип конструкции. На кольце вращения напротив рентгеновской трубки устанавливалось несколько детекторов. Время обработки изображения составило 20 секунд.

3-е поколение компьютерных томографов ввело понятие спиральной компьютерной томографии. Трубка и детекторы за один шаг стола синхронно осуществляли полное вращение по часовой стрелке. Увеличилось и количество детекторов. Время обработки и реконструкций заметно уменьшилось.

4-е поколение имеет 1088 люминесцентных датчиков, расположенных по всему кольцу гентри. Вращается лишь рентгеновская трубка. Благодаря этому методу время вращения сократилось до 0,7 секунд.

Спиральная КТ. Спиральное сканирование заключается в одновременном выполнении двух действий: непрерывного вращения источника — рентгеновской трубки, генерирующей излучение, вокруг тела пациента, и непрерывного поступательного движения стола с пациентом.

Многослойная КТ. Принципиальное отличие МСКТ от спиральных томографов предыдущих поколений в том, что по окружности гентри расположены не один, а два и более ряда детекторов. Для того чтобы рентгеновское излучение могло одновременно приниматься детекторами, расположенными на разных рядах, была разработана новая — объёмная геометрическая форма пучка. Особенностью подобной системы является возможность сканирования целого органа за один оборот рентгеновской трубки, что значительно сокращает время обследования.

На данный момент существует четыре перспективных направления в развитие компьютерной томографии:

Снижение лучевой нагрузки. Увеличение беспокойства по поводу высоких уровней лучевой нагрузки стимулировало производителей сосредоточиться на производстве технологий снижения дозы. Например, технология Philips, примененная в сканере Ingenuity позволяет снизить нагрузку на 80 % по сравнению с традиционными методами.

Гибридные сканеры. Гибридные сканеры подразумевают комбинирование КТ с ПЭТ или ОФЭКТ. Таким образом, ПЭТ/КТ сканер предлагает точную пространственную локализацию функциональных изменений, а также их функциональной оценки.

КТ с двумя источниками энергии. Такие сканеры используют два источника энергии – высокомоощный и маломощный. Данные, полученные при помощи маломощного источника, имеют высокую контрастность и высокий уровень шума. Для получения изображений требуется меньшее число сканирований.

Мультидетекторные системы. В таких системах используется многомерный массив детекторов вместо линейного массива, как у обычных КТ. Данный метод позволяет увеличить качество изображения при увеличении скорости сканирования.

Таким образом, перспективы использования компьютерной томографии связаны с совершенствованием аппаратной части КТ-сканера, разработкой новых конструкций.

### ***Библиографический список***

1. Коновалова К.Н., Фролова Т.А. Использование методов радионуклидной диагностики для выявления отклонений на ранних стадиях заболеваний// Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах. Тезисы 3-ой междун. конференции с элементами научной школы. Тамбов, 2016. С.444-445.
2. Коновалова К.Н., Фролова Т.А. Современные средства обработки информации в ядерной медицине// Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II междун. н-п конференции. – ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. II.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЕМКОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Тамбовский государственный технический университет  
(alexhome16@mail.ru, alexey.gorbunov@mail.ru)

Химические источники тока (ХИТ) давно и прочно вошли в повседневную жизнь человечества. Общий мировой рынок химических источников тока в 2005 г. составил 38 млрд. долл. (рис.1). При этом существенная доля (13 млрд. долл.) приходится на первичные, то есть не перезаряжаемые элементы и батареи [1].

Среди первичных систем широкое распространение получили щелочные марганцево-цинковые элементы (рис. 1), в которых в качестве электролита используется паста на основе гидроксида калия, обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами первичных источников тока (в частности, существенно большей ёмкостью, лучшей работой при низких температурах и при больших токах нагрузки).

Щелочные элементы применяются для питания мобильных медицинских диагностических устройств, измерительной и контрольной аппаратуры и других портативных электронных устройств.

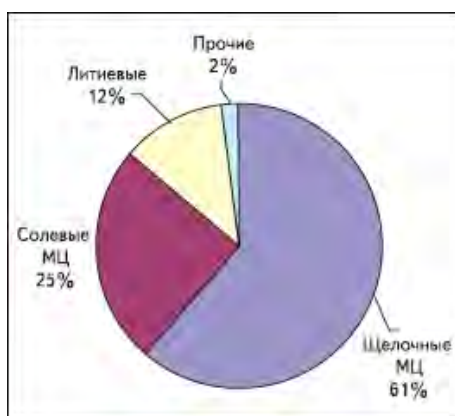


Рис. 1 - Распределение рынка первичных элементов и батарей

Преждевременный выход из строя элемента питания может привести к потере данных и другим нежелательным последствиям. В связи с этим возникает необходимость в получении оперативной и достоверной информации о текущем состоянии элементов питания.

Несмотря на столь длительную историю существования, лишь некоторые параметры ХИТ можно измерить с достаточной точностью: разность потенциалов на электродах или протекающий ток в электрической цепи при подключении нагрузки к нему [1-5].

Оценка электрической емкости ХИТ - наиболее важного и значимого параметра, характеризующую его электрическую потенциальную энергию и возможность совершать определенную работу - представляет определенные сложности. Точность существующих методов оценки емкости в значительной степени зависит от типа ХИТ и ряда других факторов [2].

Таким образом, проблема контроля емкости гальванических элементов является актуальной, поскольку повсеместное их использование создает множество проблем для экологии. Прежде всего, это относится к загрязнению окружающей среды высокотоксичными веществами и металлами при производстве и утилизации источников питания. Точная оценка емкости гальванических элементов позволит определять их пригодность к использованию, снизить частоту замены элементов питания, сократив расходы на данные мероприятия.

### Библиографический список

1. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106-111.
2. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 3 (53). – С. 68-80.

3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

*Позин А.О.*

## МЕТОД СИНТЕЗА ТРЕХУРОВНЕВОЙ НЕЧЕТКОЙ СЕТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

*Юго-Западный государственный университет  
(SFilist@gmail.com)*

Анализ профессиональных заболеваний работников животноводческого комплекса (ЖК) показал, что к наиболее распространенным из них относятся болезни органов дыхания (БОД). Экспертами было выделено четыре сегмента информативных признаков: социально-экономический сегмент, микроклимат, производственно-поведенческий сегмент, сегмент индивидуальных факторов риска. По каждому из выбранных классов заболеваний и сегментам признаков эксперты определили списки признаков, для которых на следующем этапе исследований проверялась их информативность.

Для прогнозирования БОД выбраны словарь из девятнадцати признаков. Полученные информативные признаки были использованы для синтеза соответствующих решающих правил. Сгруппированные по сегментам информативные признаки могут в каждом из сегментов решать практические задачи, однако, «раздельное» решение прогностических задач дает низкое, не приемлемое для практики качество принимаемых решений. В качестве основного математического аппарата была выбрана гибридные нечеткие сетевые модели. Базовыми элементами таких моделей являются функции принадлежности  $\mu_{\omega_i}(x_i)$  к исследуемым классам состояний с базовыми переменными  $x_i$ , определяемыми по сегментам информативных признаков. Синтезируемые решающие правила имеют иерархическую структуру, на нижнем уровне которой работают классификаторы, агрегирующие признаки внутри сегментов, работающие с ограниченным количеством информации, а на верхнем уровне финальные классификаторы обеспечивают требуемый для практики уровень уверенности в принимаемых решениях.

Для качественного решения поставленной практической задачи предлагается метод синтеза трехуровневой нечеткой сети прогнозирования профессиональных заболеваний работников животноводческого комплекса, состоящий из следующих основных этапов.

1. Формируется группа высококвалифицированных экспертов с проверкой согласованности их действий по коэффициенту конкордации, которая осуществляет выбор информативных признаков.

2. Синтезируются наборы «слабых» классификаторов, работающих по схеме продукционных решающих правил (ПП) типа

if Антецедент then Гипотеза with CF, (1)

где *if, then, with* – ключевые слова-разделители; *Антецедент* – формула, построенная из факторов или гипотез с помощью операций конъюнкции, дизъюнкции или отрицания, при этом операнды в этой формуле лежат в диапазоне 0...1; конструкция «Гипотеза with CF» – консеквент ПП R; *Гипотеза* ПП R – одна из гипотез решающего модуля; *CF* – коэффициент уверенности ПП R.

Пример слабого классификатора представлен выражением

$$\mu_{\omega_{ки}}(x_1) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_1 = 1; \\ 0,01 & \text{если } x_1 = 2; \\ 0,02 & \text{если } x_1 = 3. \end{cases}$$

3. По схеме Е. Шортлифа «слабые» классификаторы агрегируются в «сильные» классификаторы, «собирая» признаки и ПП одного сегмента с использованием нечетких операций:  $\min(a, b)$ ;  $\max(a, b)$ ;  $\text{рге}(a) \stackrel{\text{def}}{=} \text{пор} \leq a$ ;  $\text{tms}(a, b) \stackrel{\text{def}}{=} a \times b$ ;  $\text{cmb}(a, b) \stackrel{\text{def}}{=} a + b - a \times b$ ;

В используемой модели Шортлифа набор операций и отношений над операциями фиксирован и ограничен двумя операндами.

В примере п.2 выбран сегмент, в котором четыре признака и исключается возможность отсутствия какого-либо из них, поэтому используются три ПП:

$R1: \text{if } \mu_{\omega_{кл}}(x_1) \text{ and } \mu_{\omega_{кл}}(x_2) \text{ then } H \text{ with } 0.5;$

$R2: \text{if tms}(R1) \text{ and } \mu_{\omega_{кл}}(x_3) \text{ then } H \text{ with } 0.7;$

$R3: \text{if tms}(R2) \text{ and } \mu_{\omega_{кл}}(x_4) \text{ then } H \text{ with } 1.$

4. «Сильные» классификаторы агрегируются нечеткой нейронной сетью, обучаемой на репрезентативной контрольной выборке, формируемой по заболеваниям, характерным для работников ЖК. На выходе этой нейронной сети имеем финальное решение по прогнозу заболевания.

*Пустозеров Е.А.*

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет,  
Россия, Санкт-Петербург,  
Институт Эндокринологии, Федеральный медицинский  
исследовательский центр им. В.А. Алмазова  
(e-mail: pustozero.e@gmail.com)*

Для обеспечения поддержки принятия решения пациентов с сахарным диабетом необходимо осуществление прогнозирования уровня сахара в крови на основе индивидуальных характеристик пациента и данных индивидуального электронного дневника наблюдения [1]. Для прогнозирования постпрандиальной гликемии нами используется регрессионная модель с применением правил добавленной коррекции на примерах [2].

При построении модели используются данные электронных дневников наблюдения всех пациентов и дневника конкретного пациента, для которого осуществляется прогнозирование. При этом, проводится дополнительное переобучение модели с поступлением новой информации от пациентов для повышения точности прогнозирования. Процесс переобучения является трудоемким и энергозатратным и осуществляется на удаленном сервере. На индивидуальном мобильном устройстве пациента, на котором установлено разработанное нами приложение для ведения дневников наблюдения DiaCompanion [3], находится копия модели, применяемая для прогнозирования гликемии конкретного пациента, которая может осуществлять прогноз уровня сахара в крови при автономной работе устройства. Обновление индивидуальной модели пациента на мобильном устройстве осуществляется при наличии новых моделей на сервере и Интернет-соединения. Таким образом, реализована энергоэффективная структура для системы поддержки принятия решения, основанной на больших данных (Big data), не требующая производительных вычислений на стороне мобильного устройства пациента. Структура разработанной системы представлена на рис. 1.

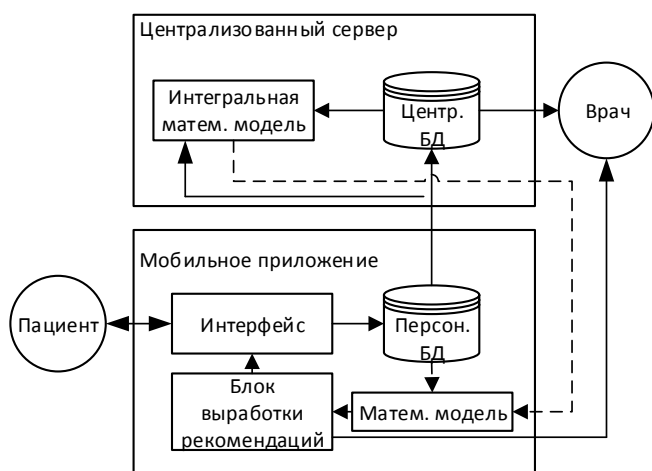


Рис. 1 – Структурная схема системы поддержки принятия решения



Разработанная система поддержки принятия решений позволяет проводить оценку различных прогностических моделей в ходе испытаний на группе пациентов вне лечебного учреждения.

Данное исследование проводится при поддержке гранта РФФИ № 16-07-00599.

### Библиографический список

1. Пустозеров Е.А., Юлдашев З.М. Метод и система для информационной поддержки пациента – больного сахарным диабетом. Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 11. С. 16-20.
2. Quinlan R. Combining instance-based and model-based learning. Proceedings of the Tenth International Conference on Machine Learning (1993). P. 236-243.
3. Пустозеров Е.А., Попова П.В., Ткачук А.С., Болотько Я.А., Герасимов А.С. Применение мобильного приложения с дневником наблюдения в клинической практике лечения гестационного сахарного диабета. Проблемы эндокринологии. 2016. Т. 62. № 5. С. 32-33.

*Рухлова Е.А., Глинкин Е.И.*

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИБРОВКИ ИМПЕДАНСА БИООБЪЕКТОВ

*Тамбовский государственный технический университет  
(eugeniya.ruhlova2011@yandex.ru, glinkinei@rambler.ru)*

Определение импеданса биологических объектов является актуальной темой, так как многие способы не в состоянии дать точные результаты измерений [1, 2].

Цель работы: повышение точности измерения составляющих комплексного сопротивления биообъекта.

Задачей является определение составляющих импеданса биообъекта при одном неизвестном информативном параметре.

Способ определения составляющих импеданса биологического объекта заключается в том, что на биообъект подается импульс стабилизированного тока, и в определенный момент времени после начала импульса измеряется напряжение. В качестве составляющих импеданса биообъекта определяют активное сопротивление и эквивалентную емкость тканей биообъекта [1]. Максимальное значение одного из информативных параметров определяют по калибровочной характеристике, калибровку проводят для измеренного и известного значений напряжения в два момента времени. Калибровочной характеристикой служит функция максимального значения одного из информативных параметров, компенсирующая неопределенность другого информативного параметра, выбранного произвольно. По калибровочной характеристике находят действительные значения информативных параметров, по которым последовательно строят калибровочную характеристику и действительную характеристику определения импеданса.

Проводят оценку адекватности полученных зависимостей по динамической погрешности [2].

В прототипе [1] динамическая погрешность  $\delta$  (рис. 1) измеренной характеристики  $U_i$  относительно эквивалента экспериментальной характеристики  $U_o$  увеличивается с течением времени с 0 до 85%

$$\delta = \frac{|U_o - U_i|}{U_o}.$$

Динамическая погрешность  $\delta$  действительной характеристики  $U_o$  не превышает 0,01%

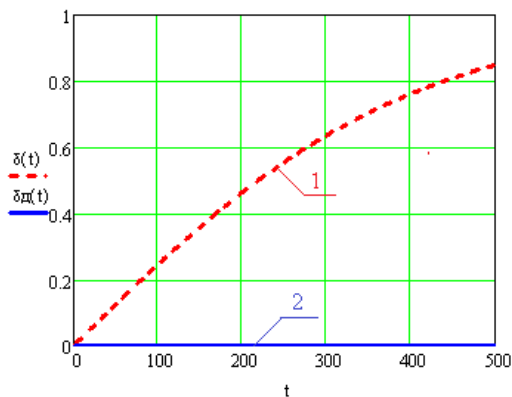


Рис.1 Оценка динамической погрешности предлагаемого способа

Отклонения измеренных характеристик прототипа приводят к большой динамической погрешности относительно 0,01% погрешности действительного значений, что доказывает эффективность предлагаемого способа калибровки импеданса биообъектов.

Таким образом, определение составляющих импеданса биообъекта по калибровочной характеристике, компенсирующей неопределенность одного из информативных параметров, выбранного произвольно, по которой определяют действительные значения информативных параметров, действительную характеристику определения составляющих импеданса, в отличие от известных решений, повышает эффективность в несколько раз.

### ***Библиографический список***

1. Пат. 2509531 РФ, МПК8 А 61 В5/053. Способ определения составляющих импеданса биообъекта / А.В. Наумова, Е.И. Глинкин. – 2014, Бюл. № 8.
2. Глинкин Е.И., Рухлова Е. А. Определения составляющих импеданса биообъекта / Вестник ТУ. – Тамбов: ТГУ, 2017, т. 22, вып.1. – С. 104 – 108.
3. Коновалова К.Н., Фролова Т.А Современные средства обработки информации в ядерной медицине // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы II международной научно-практической конференции. –Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. II.

***Ряшенцева А.Н.***

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКГ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(sasha-rashenceva@yandex.ru)*

Электрокардиография (ЭКГ) – метод диагностики, результатом которого является регистрация и исследование электрических полей, образующихся при работе сердца [1]. Важной особенностью современных кардиографов является реализация такого метода, как автоматическая обработка электрокардиограмм.

Актуальность вопроса автоматизации обработки ЭКГ в настоящее время определена тем, что основной причиной смертности людей являются сердечно-сосудистые заболевания. Ранняя диагностика сердечно-сосудистой системы человека позволит отследить нарушения и отклонения на ранних стадиях развития. И именно электрокардиография является наиболее быстрым и точным методом диагностики в кардиологии. А важным этапом ЭКГ является именно верная интерпретация результатов ЭКГ.

В настоящее время все современные кардиографы реализуют метод автоматической обработки ЭКГ. Автоматическая обработка может включать в себя автоматический анализ электрокардиограммы и ее автоматическую интерпретацию. Здесь стоит отметить, что речь идет об электрокардиографии покоя, то есть без нагрузок пациента.

Кардиограф с автоматическим анализом ЭКГ реализует регистрацию ЭКГ, измерение диагностически значимых амплитудно-временных параметров комплексов ЭКГ и вывод на печать графика сигнала и измеряемых параметров, то есть врач получает качественный и количественный результат.

Преимуществом автоматического анализа является экономия времени врача на вычислении временных интервалов, амплитудных параметров. Это облегчает работу и дает возможность сделать «чтение» электрокардиограммы более доступной и быстрой.

Тем не менее, автоматический анализ как вид автоматической обработки ЭКГ не дает полной информации о результате исследования. Для расширения возможностей в получении диагностически важной информации был разработан метод компьютерной интерпретации ЭКГ в покое.

Компьютерная интерпретация представляет собой совокупность алгоритмов и программного обеспечения, которые определяют функциональные возможности данного вида диагностики, а так же правильность постановки диагноза[2].

Во-первых, врач имеет в этом случае полноценные графики сигнала ЭКГ, которые записываются синхронно с 12 отведений. Это позволяет получить наиболее полную информацию о работе сердца.

Во-вторых, существует возможность реализации выделения и разметки кардиокомплексов со значимыми интервалами. Это позволяет более точно интерпретировать и проанализировать полученные результаты.

В-третьих, реализуется автоматическое измерение амплитудно-временных параметров (вольтаж, длительность) и получение ряда данных по результатам исследования в удобной для врача форме (таблица).

В-четвертых, компьютерная интерпретация позволяет сохранять ранее полученные результаты ЭКГ в базе данных. Это необходимо для изучения динамики и сравнения результатов с течением времени (например, до и после медикаментозной терапии).

В-пятых, главной особенностью является то, что компьютерная интерпретация по результатам исследования дает автоматическое заключение, в котором определяются основные синдромальные заключения, которыми может оперировать врач при постановке диагноза.

Таким образом, компьютерная интерпретация может значительно облегчить работу врача, увеличить объем получаемой информации из результатов ЭКГ, помочь в анализе результатов, предоставить дополнительные возможности в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. Однако при получении результатов необходима оценка врача, проверка на отсутствие ошибок и достоверность результата [1-3].

#### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Газизова Д. Ш., Лишук В.А. Модель сердечно-сосудистой системы, ориентированная на интенсивную терапию // Вестник ТГТУ. 2008. Т.14. №4. С. 892-902.
2. Синдеев С.В., Фролов С.В. Моделирование гемодинамики сердечно-сосудистой системы при церебральной аневризме // Математическое моделирование. – 2016. – №28(6). – С.98-114.
3. Синдеев С.В., Фролов С.В. Многомасштабное моделирование сердечно-сосудистой системы для оценки церебрального кровообращения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12(5). – С.950-954.

***Савинова К.С., Чиквето Ф.***

#### **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: savinova.k94@mail.ru)*

Одной из главных причин детской заболеваемости и смертности, а в частности и новорожденных детей во всем мире является недоношенность. По данным экспертов ВОЗ в мире ежегодно около 15 млн. детей рождаются преждевременно - это более 10% всех детей, рожденных в странах мира. Все новорожденные уязвимы, но преждевременно рожденные уязвимы особенно. Именно поэтому многим из них нужен специальный уход. Смертность новорожденных (в первый месяц жизни) составляет 40% всей смертности детей в возрасте до пяти лет.

Целью работы является оптимизация контроля температурного режима в инкубаторах для новорожденных [1].

Для реализации цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить основные проблемы выхаживания недоношенных детей.
2. Исследовать вектор развития методов поддержания температуры в кувезах.

Риск заболеваемости и смертности новорожденных повышается при гипотермии, когда температура тела падает ниже нормы. [1]

Для выхаживания недоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела используют инкубаторы (кувезы) с двойными стенками, оборудованные сервоконтролем температуры воздуха, температуры тела, влажности тела, концентрации кислорода и встроенными весами. [2]

Существует два варианта закрытых инкубаторов с разной система нагрева – радиантно-обогреваемые с использованием лучистого тепла и конвективно-обогреваемые с помощью теплового вентилятора. Последующие исследования показали температурные преимущества для новорождённых закрытого радиантно-обогреваемого кувеза.

В устаревших моделях нагревание воздуха инкубатора контролируется термостатом, имеющим отношение либо к температуре базы под камерой, либо к температуре внутри камеры инкубатора. Чем ближе расположен термисторный датчик к нагревательному элементу и чем более чувствителен этот датчик к изменениям генерируемого тепла (наименьшее время регистрации увеличения температуры), тем более стабильной будет термосистема кувеза. Однако гарантировать стабильный и достаточно точный нагрев и безопасность работы данного типа нагрева, вне зависимости от способа циркуляции воздуха, может не всегда.

В последующих поколениях кувезов в цепь нагрева было добавлено дополнительное контрольное устройство – сервопетля. Оно представляло из себя дополнительный воздушный температурный датчик камеры инкубатора, а так же сервоконтроль температуры кожи ребёнка – кожный термодатчик, контролирующие и регулирующие нагрев в более узком диапазоне температур воздуха в инкубаторе и с кожи ребёнка, работающих по

принципу обратной связи. Нагревательный элемент включается, если температура кожи падает ниже определенного показателя, и выключается, если температура кожи становится выше заданной.[2]

В современных кувезах стали применять пропорциональный контроль температуры. При этом нагревательный элемент не выключался или включался полностью, изменялась лишь его мощность (уменьшение или увеличение производимого им тепла) в зависимости от величины различия между заданным показателем температуры кожи (установленной специалистом) и истинной температурой кожи, измеренной термистором. Этот способ нагрева и термоконтроля повышает качество работы инкубаторов и позволяет обеспечивать стабильные показатели температуры кувеза, особенно, при использовании в сочетании с сервоконтролем температуры кожи. В большинстве современных инкубаторах используется комбинация этих видов нагрева и её регуляции.[1]

Таким образом, кувезы обеспечивают оптимальные условия для недоношенных детей. В процессе совершенствования оборудования для неонатологии будет совершенствоваться и контроль температуры. А это означает то, что в разы повысится выживаемость новорожденных.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. 2014. № 3. С. 35-45.
2. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А. Требования, предъявляемые к медицинским изделиям в разных странах // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 4. С. 726-733.

***Скворцов Н.А.***

### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СТОМАТОЛОГИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(nikola-2552@mail.ru)*

Стоматология как одна из самых молодых отраслей медицины сформировалась в 20-х годах прошлого столетия в результате слияния зубоврачевания и челюстно-лицевой хирургии. В то время как челюстно-лицевая хирургия развивалась в рамках общей хирургии, зубоврачевание вплоть до XVII века не было связано с общей медициной.

На заре человеческой цивилизации кариес не встречался из-за иного рациона питания. С развитием культуры и техники начала появляться необходимость в проведении простейших хирургических операций, в том числе и в зубной полости рта. Первые стоматологические инструменты имели мало общего с современными и представляли собой различные металлические крючки и ножи. Известно, что первые попытки лечения зубов предпринимались 8-9 веков назад. Но как специальность стоматология возникла в XVII-XVIII веках в Европе.

Прототип бормашины - это шестидюймовой длины сверло, прикрепленное к наконечнику, который вращал стоматолог. Конец XVIII века – в качестве первой бормашины стали применяться ручные дрели. 1790 г – изготовление первой бормашины с ножным приводом. 1871 г – получен патент на бормашину. 1840 г – изобретение зубных щипцов. 1848 г – получен патент на первое зубохирургическое кресло. В России развитие стоматологического инструмента началось с заимствования врачебных практик в Германии и Голландии придворными врачами Петра I.

Стоматология сегодня уже имеет более совершенствованное оборудование, чем в прошлом столетии. За последние 15 лет стоматологические инструменты приобрели много новых характеристик, благодаря которым достигается максимальный эффект при минимальной затрате времени и сил. Материалы, используемые в производстве инструментов, обладают высокой безопасностью и биохимической нейтральностью. Изменения касаются в основном увеличения эргономичности ручек и модернизации формы его рабочих поверхностей. Появляются инструменты с особыми технологическими качествами, позволяющими эффективнее применять современные методики лечения.

Современная медицина предлагает своим пациентам безболезненное и качественное обслуживание, поэтому люди на сегодняшний день посещают зубных врачей не только с целью лечения, но и для профилактики. Ведь в наше время перед каждым стоматологом на рабочем столе должен быть необходимый набор инструментов. Это стоматологическое зеркало, зонд, пинцет, крючки, экскаватор, гладилки, десневые ножницы, кю-

ретажные ложки, микромоторы, а также одноразовые шприцы, иглы. В каждом стоматологическом кабинете должен обязательно быть холодильник для хранения лекарственных средств. Не обойтись и без автоклава — он служит для антибактериальной обработки инструмента.

В то же время, медицинской инженерии есть куда стремиться. Уже разрабатываются аппараты, инструменты и прочее оборудование, которые упростят и ускорят операции и обследования в стоматологической сфере медицины. Со временем исчезнут такие заведения как зуботехнические лаборатории с толпой зубных техников. Один, максимум два человека будут управляться с несколькими станками с ЧПУ, на которых будут изготавливаться все виды зубных протезов. Исчезнут оттиски и слепки зубных рядов, вся информация о пациенте придет в лабораторию в виде файлов с данными.

Количество работ, изготавливаемых в лаборатории, уменьшится, поскольку многие мелкие протезы и субпротезы начнут изготавливать непосредственно в клинике на трехмерных принтерах.

Доля металлических каркасов для протезов будет уменьшаться в пользу керамики и материалов на основе оксида циркония, стекловолокна и т. д. Хотя, полностью металлы полностью из протезирования не уйдут — останутся сплавы благородных металлов и титан. Вполне возможно, что будут разработаны новые, более удобные в работе биоинертные сплавы. Нержавейка и хром-кобальт покинут нас навсегда, как это сделали бронза и кость.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. — 2014. — №3. — С.35-45.

***Скоробогатова А.И., Анисимов А.А.***

### **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(e-mail: alena\_969696@bk.ru, aaanisimov@etu.ru)*

Артериальное давление (АД) является важным физиологическим параметром, характеризующим работу и состояние сердечно-сосудистой системы [1]. На современном рынке представлено большое количество приборов для неинвазивного измерения АД. В большинстве автоматических тонометров измерения проводятся с помощью осциллометрического метода, так как при использовании таких приборов пациент может измерять давление вне лечебного учреждения и без помощи врача [2,3]. При измерении АД осциллометрическим методом исследуемой характеристикой является кривая пульсаций давления в манжете (Рис.1), эти пульсации (осцилляции) возникают в результате нарушения тока крови в сосуде.

Практически единственным существующим методом расчета систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления по кривой осцилляций в современных тонометрах является алгоритм максимальной амплитуды (АМА). Суть данного метода заключается в нахождении локальных максимумов кривой пульсаций, построении по ним огибающей функции и определении ее максимума. С помощью специальных коэффициентов вычисляются пороговые значения, пересечение которых с огибающей функцией и соответствует значениям САД и ДАД (АМА проиллюстрирован на рис.1).

Однако, из-за чувствительности АМА к изменениям пульсаций АД и артериальных коэффициентов САД и ДАД не могут быть найдены достаточно точно. Таким образом, АМА способен определять значения АД лишь при нормальной форме сигнала пульсаций (Рис.1,1). Получение сигнала, отличного от нормы (Рис.1, 2), может быть при аритмиях или резких поударных изменениях значений АД, такие симптомы наблюдаются у пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Так как мониторинг АД необходим в основном именно таким пациентам, возникает вопрос о целесообразности применения АМА для определения значений АД в современных тонометрах. Поэтому возникает необходимость поиска альтернативного метода определения параметров АД по сигналу осцилляций.

Возможным решением данных проблем АМА является применение нейронных сетей (НС). НС не требуют явной математической модели, и, следовательно, пригодны для физиологических систем, которые не поддаются

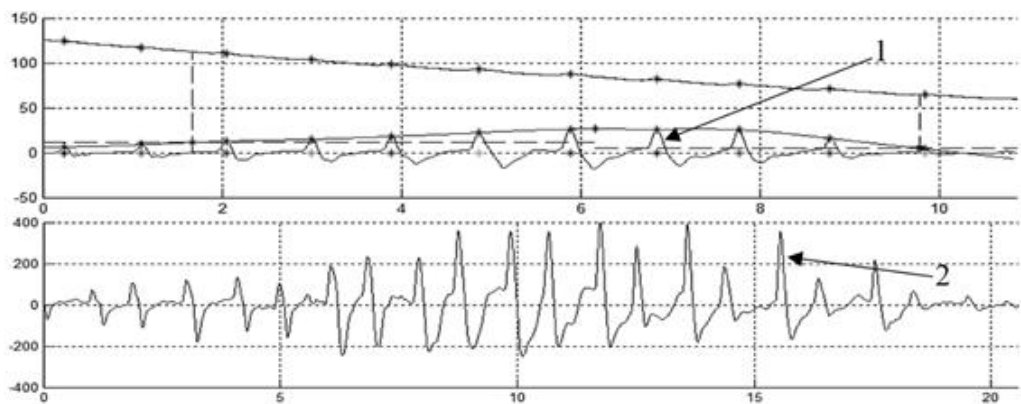


Рис. 1. Кривые осцилляций нормальной и патологической формы

простому моделированию из-за их нелинейного характера. Однако, при использовании НС необходимо избегать возникновения избыточных данных на входе сети, так как это может привести к неэффективности ее работы. Для получения значений АД была создана трехслойная НС обратного распространения с переходной функцией типа гиперболический тангенс для каждого слоя. Средняя погрешность для значений АД нормальных сигналов, полученных с помощью АМА составила  $\pm 3$  мм. рт. ст. для САД и  $\pm 4$  мм. рт. ст. для ДАД. НС дала результаты с одинаковой средней погрешностью  $\pm 4$  мм. рт. ст. для САД и ДАД.

Таким образом, можно сделать вывод, что НС способны давать результат, соотносимый по точности с АМА в норме, и определять значения АД при искаженной форме исходного сигнала, что доказывает возможность их использования для определения параметров АД.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №16-07-00599 «Модели, методы и система интеллектуального телемедицинского мониторинга состояния здоровья человека и прогнозирования обострения заболеваний».

#### **Библиографический список**

1. А.А. Анисимов, Т.В. Сергеев. Алгоритм оценки артериального давления по времени распространения пульсовой волны. Биотехносфера, 2015. – №4(40). – С. 57-61.
2. З.М. Юлдашев, Е.А. Пустозеров, А.А. Анисимов. Многоуровневая интеллектуальная система удаленного мониторинга состояния здоровья людей с хроническими заболеваниями. Биотехносфера, 2016. – №5(47). – С. 2-8
3. З.М. Юлдашев, А.А. Анисимов. Система удаленного интеллектуального мониторинга состояния здоровья людей. Медицинская техника, 2017. – №1. – С. 45-48

**Сладкова И.А.**

#### **УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ АППАРАТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(iren68rus@gmail.com)*

До 1970-х годов медицинская наука была одной из самых консервативных дисциплин, и казалось, что старые методы обследования и лечения просуществуют большое количество времени. В скором времени технический прогресс ворвался в медицину. Среди современных методов обследования особо выделился метод ультразвуковой диагностики. Быстрый прогресс в области ультразвуковой диагностики является результатом непрерывного совершенствования оборудования и появления новых методик и следствием расширения диагностических возможностей.

Цель моей работы заключается в том, чтобы привлечь внимание к данному виду исследования, изучить недостатки ультразвуковых аппаратов и на основе изученного изложить свое виденье о дальнейших перспективах развития.

Ежегодное УЗ обследование во всем мире проходят примерно 30 – 50 млн. человек, и их число увеличивается каждый год приблизительно на 20%. На сегодняшний день нельзя представить полное обследование человека без ультразвуковых аппаратов. Ультразвук используют во многих областях медицины. Без него сложно представить обследование в сфере акушерства, офтальмологии, исследовании внутренних органов, кардиологии, неврологии и хирургии.

Изучая материал по устройству ультразвукового аппарата и по проведению исследования с помощью данного аппарата выявилось несколько недостатков. Среди недостатков следует отметить сложность выделения сигнала из шума и ограниченные размеры исследуемой области. Кроме того, изображение тканей при УЗИ неспецифично, а точность результатов зависит от опыта врача и телосложения больного. К минусам стоит отнести большие размеры аппарата.

По количеству положительных характеристик ультразвуковое исследование трудно сравнить с каким-либо другим методом, так как, вероятно, ни один не имеет такого сочетания достоинств.

О перспективах развития данного аппарата существует множество мнений.

Прежде всего, в усовершенствовании нуждается пространственное разрешение аппарата. Есть возможность приблизить пространственное разрешение к разрешению используемому в аппаратах КТ и МРТ. Стоит уделить внимание размерам аппарата, сделать его более компактным для упрощения транспортировки аппарата, так же усовершенствовать датчики аппарата для того, чтобы телосложение пациента не влияло на результаты исследования.

В заключении стоит сказать о том, что ультразвуковой метод диагностики является одним из современных методов в диагностировании болезни.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
6. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58). С.139-145.

***Созинова А.М.***

### **ЭЛЕКТРОФОРЕЗ НАНОЧАСТИЦ**

*Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Инженерно-технологическая академия южного федерального университета  
(sozinovaam@mail.ru)*

Электрофорез - это электрокинетическое явление перемещения частиц в данном случае лекарственного вещества в среде под действием внешнего электрического поля. В процессе этого явления формируется двойной электрический слой (ДЭС) у поверхности раздела фаз, при этом внешнее электрическое поле направлено вдоль его границы. Происходит смещение одного ионного слоя, то есть перемещение фаз. Ионы диффузной части ДЭС переносятся при движении частиц в электролите. Двойной слой поляризуется, частицы приобретают дипольный момент. В системе возникает однородное электрическое поле, направленное параллельно скорости движения частиц.

Проведение лекарственного электрофореза возможно с помощью наночастиц, которые помогают в адресной доставке лекарственного вещества. Предполагается использование дендримеров – полимеров с разветвленной структурой. Они обладают благоприятным свойством биосовместимости, самоорганизации и хорошо

распадаются при определённых условиях. Такие наночастицы могут заключать в себя лекарственное вещество, которое доставляют непосредственно к цели.

Произведение анализа распределения наночастиц в дисперсной жидкости под воздействием электрического поля, определяется заданными параметрами при электрофорезе. Для получения наглядной картины зададим функцию с двумя переменными  $f(x,y) = \sin(x)\cos(y)$ , как определяющую закономерность распределения частиц. После того, как заданы градиентные параметры, происходит построение векторных графиков и градиентных полей для функции распределения частиц при электрофорезе, которые показаны ниже на рисунках.

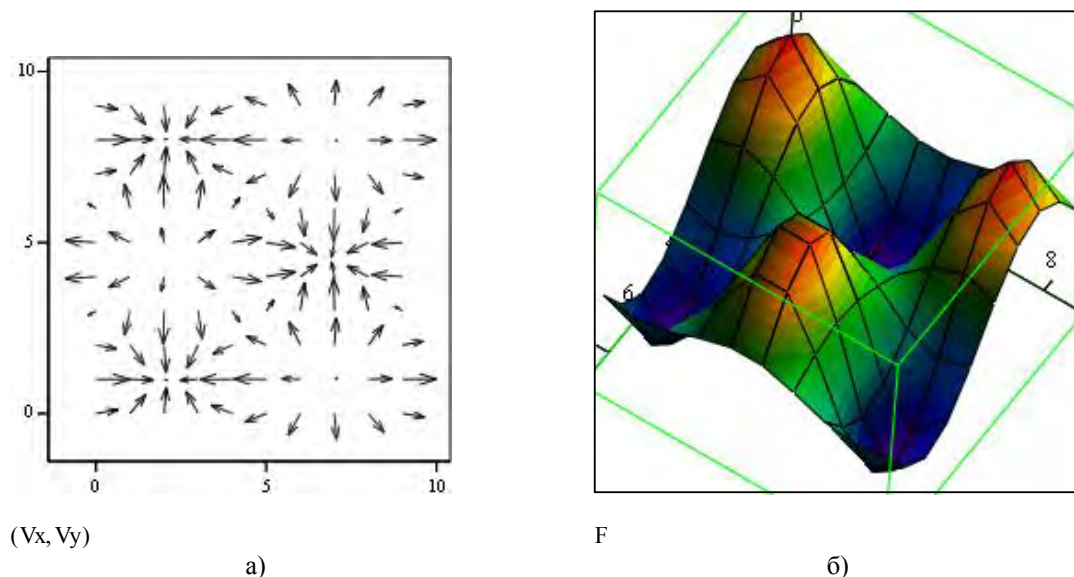


Рис. 1 Векторный график (а) и градиентное поле (б) распределения наночастиц в жидкости при электрофорезе

Из построенных графиков видим, что наночастицы при заданной функции располагаются упорядоченно в соответствии с линиями векторов напряжённости электрического поля при электрофорезе.

#### *Библиографический список*

1. Улащик, В.С. Общая физиотерапия. [Текст] /В.С. Улащик, И.В. Лукомский; Г.Е. Багель. – 3е изд., стереотип. – Мн.: Книжный Дом, 2008. – 512с.
2. Направленный транспорт лекарственных препаратов: современное состояние вопроса и перспективы / А.Г. Ивонин, Е.В. Пименов, В.А. Оборин, Д.А. Дев-Ришов, С.Н. Копытов // Известия Коми научного центра УРО РАН. – 2012. – № 1 (9). –С. 46-55.

*Соловьев М.Н.*

#### **АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ДВУХЧАСТОТНОЙ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ**

*Санкт-Петербургский электротехнический университет  
(solovyev.michael@gmail.com)*

Современный метод импедансного анализа состава тела имеет широкое распространение в областях профилактической и спортивной медицины, косметологии и диетологии. Однако, он не является показательным в ряде случаев измерений людей с сильными отклонениями от среднестатистической структуры строения тела человека. Требуется разработка новых алгоритмов биоимпедансных исследований для оценки состава тела человека для всех возможных групп обследуемых.



Предлагается в алгоритм проведения обследования ввести новый подготовительный этап проведения обследования в целях оптимизации процедуры обследования и увеличения точности путем уточнения входных данных о пациенте.

После наложения электродов на тело пациента начинается сбор и накопление информации о проводимостях сегментов тела человека, несмотря на продолжающееся перераспределение жидкостей в теле человека. Производится предварительная оценка значения импедансов для каждого сегмента, динамике перераспределения жидкости в организме, верификация конституции тела и его антропометрических параметров.

Затем производится анализ полученных на предварительном этапе данных и запускается процедура верификации исходных данных и параметров модели путем получения обратной связи от врача с помощью автоматизированного аппаратно-программного клиент-серверного комплекса.

По окончании перераспределения жидкостей в теле обследуемого согласно разрабатываемой методике двухчастотного биоимпедансного анализа состава тела человека начинается основной этап проведения обследования.

Сначала происходит измерение импедансов всего тела интегрально и каждого из сегментов на двух частотах, производится проверка плотности прилегания электродов.

Потому как существующая методика двухчастотной интегральной импедансометрии дает высокую точность результатов для некоего среднестатистического пациента, она используется как условно эталонная и с введением корректировочных коэффициентов, основанных на строении тела конкретного человека. Предлагается итерационный алгоритм оценки состава тела, в котором на каждой итерации проводится вычисление показателей по отдельно взятому сегменту и интегрально по всему телу.

В результате работы алгоритма рассчитываются три набора данных: антропометрические и импедансометрические данные об обследуемом, верифицированные врачом на предварительном этапе; данные сегментарного анализа с корректирующими коэффициентами для конкретного пациента; данные расчета по условно-эталонной модели интегральной биоимпедансометрии.

На конечном этапе выполнения разрабатываемого алгоритма выполняется оценочное сопоставление полученных результатов каждого из наборов по всем рассчитываемым параметрам с составлением допустимых интервалов отклонения для каждого показателя с учетом отклонений импедансометрических и антропометрических показателей от нормы для конкретного обследуемого, производится проверка на адекватность полученных результатов.

Изучение и накопление результатов исследований по предлагаемому алгоритму в будущем позволит как сократить время и упростить процедуру проведения обследования, так и способствовать дальнейшему повышению точности результатов измерений путем совершенствования физической и математической модели.

### ***Библиографический список***

1. Юлдашев З.М., Соловьев М.Н. Усовершенствованная методика исследования состава тела человека с помощью двухчастотной биоимпедансометрии // Биомедицинская Радиоэлектроника – 2016 – №8 – с.69-73
2. Соловьев М.Н., Юлдашев З.М., Волков Н.Ю., Илларионов В.В. Метод и система для анализа состава тела // Биотехносфера – 2015 – №4 – с.28-31

***Соловьев М.Н.***

### **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

*Санкт-Петербургский электротехнический университет  
(solovyev.michael@gmail.com)*

Метод двухчастотной интегральной биоимпедансометрии имеет широкое распространения в диагностике ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний, спортивной медицине. Однако, существующие аппаратно-программные комплексы и используемые ими методики имеют ряд существенных недостатков, влияющих на точность оценки состава тела у отдельных групп населения. К таким группам относятся люди с ярко выраженными и локализованными отеками, некоторые группы спортсменов, пациенты с нетипичным телосложением.

Предлагается распределенный аппаратно-программный комплекс, который производит измерение импедансов, расчет показателей состава тела, работу с результатами обследования. Структура такого комплекса разделена на три уровня получения, хранения и обработки: локальный, серверный и исследовательский.

Локальный уровень представляет собой рабочее место врача в диагностическом кабинете. Аппаратное обеспечение на этом уровне представляет собой непосредственно биоимпедансный анализатор и персональный компьютер с установленным на нем специализированным программным обеспечением.

Прибор обладает специальной системой коммутации отведений, с помощью которой обеспечивается измерение сегментов тела с помощью стандартного тетраполярного способа наложения электродов на человека. Через измерительные цепи анализатора измерительный сигнал усиливается, оцифровывается и обрабатывается микроконтроллером. Соединение с ПК осуществляется с помощью USB-интерфейса в режиме виртуального COM-порта.

Локальное программное обеспечение предназначено для ведения карты пациента и отслеживания динамики его обследований; получения и обработки сигнала с прибора; расчета показателей по условно-эталонной интегральной методике, по предлагаемым сегментарной методике и итерационному алгоритму [1]; отображения результатов в текстовом, табличном и графическом виде; взаимодействия с удаленными ПК и сервером при работе с более «высоким» уровнем клиент-серверного приложения. Сегментарные исследования позволяют уточнять параметры физической модели обследуемого пациента и повысить точность результатов измерений.

Серверный уровень аппаратно-программного комплекса предназначен для накопления и обработки статистических обезличенных данных, взаимодействия с локальным и исследовательским уровнями комплекса.

Аппаратным обеспечением является серверный компьютер и специализированное сетевое оборудование. Программное обеспечение на данном уровне предназначено для сбора и обработки верифицированных врачами данных о результатах проводимых ими исследований. Также при запросе от локального или исследовательского уровня производится расчет уточняющих статистических коэффициентов математической модели предлагаемого метода по данным уникальной выборки достоверных исследований, релевантной конкретному обследованию.

Исследовательский уровень представляет собой набор разнообразного аппаратного и программного обеспечения, взаимодействующего с локальным и серверным уровнями в целях анализа полученных результатов, повышения точности и эффективности исследований, развития и улучшения методики. Специалист-исследователь вручную управляет процессом сбора и анализа результатов.

Разрабатываемый аппаратно-программный комплекс представляет собой эффективную автоматизированную систему оценки состава тела человека, выполняющую коррекцию результатов условно-эталонной методики интегральной биоимпедансометрии сразу на трех технических уровнях.

#### ***Библиографический список***

1. Юлдашев З.М., Соловьев М.Н. Усовершенствованная методика исследования состава тела человека с помощью двухчастотной биоимпедансометрии // Биомедицинская Радиоэлектроника – 2016 – №8 – с.69-73
2. Соловьев М.Н., Юлдашев З.М., Волков Н.Ю., Илларионов В.В. Метод и система для анализа состава тела // Биотехносфера – 2015 – №4 – с.28-31

***Старовойтова А.С., Оницук С.А.***

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРДИОИМПУЛЬСА ПАЦИЕНТА С БЛОКАДОЙ ЛЕВОЙ НОЖКИ ПУЧКА ГИСА**

*Кубанский государственный университет, Россия, Краснодар  
(e-mail: alinasabba@gmail.com)*

В настоящее время среди причин смертности населения в России, как и в большинстве развитых стран, ведущее место занимают болезни системы кровообращения и, в частности, различные заболевания сердца [1]. Именно поэтому крайне важна своевременная диагностика. Наиболее распространённым методом инструментальной диагностики в кардиологии является электрокардиография. Широкое распространение именно этого метода обусловлено тем, что он является наиболее надежным среди неинвазивных. Прямым результатом электрокардиографии является кардиограмма, позволяющая врачу визуально, по форме кривой, определить наличие отклонений и патологий работы сердца.

Для аппроксимации кардиоимпульсов разрабатываются различные функции. Основная цель исследователей – подобрать такую, которая могла бы наиболее точно описать реально полученные данные. Время от вре-

мени публикуются различные статьи, в которых описывается разработка математических моделей для описания электрической активности сердца [2]. Однако, большинство из них довольно громоздки в расчетах и сложны для понимания и использования. Поэтому главной задачей моей работы была разработка такой модели кардиоимпульса, которая была бы понятна и проста в использовании. При создании модели я использовала набор  $S$ -функций [3].

В проделанной работе была использована именно эта функция, так как она описывает экспериментальные данные с достаточно большой точностью, но при этом не требует сложных расчетов. Знание основных параметров  $S$ -функции позволяет описать кардиоимпульс без графического представления, а также вычислить различные его параметры (высоты, изгибы), т.е. цифровую информацию, обработав которую, можно получить диагностические данные.

Целью проделанной работы было рассмотрение и аппроксимация с помощью набора  $S$ -функций кардиограмм здорового человека и человека с блокадой левой ножки пучка Гиса – довольно распространенным нарушением проводящей системы сердца.

Для аппроксимации каждого пика кардиограммы (Р, Q, R, S и Т) параметры  $S$ -функции рассчитывались отдельно.

Сравнив параметры  $S$ -функций, описывающих кардиоимпульс здорового пациента и пациента с блокадой левой ножки пучка Гиса, можно заключить, что у пациента с блокадой Р-пик имеет меньшую амплитуду и меньшую длительность. Об этом говорят меньшие значения параметра  $H$ . Q-пик у пациента с патологией выражен очень слабо, что видно из близости к 0 значения  $H$ . Амплитуда S-пика значительно больше, а Т-пика – наоборот, меньше нормы.

Таким образом, полученная модель полностью подтверждает теоретические данные, а, следовательно, может быть использована в диагностических целях.

#### ***Библиографический список:***

1. Шальнова С.А. Анализ смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в 12 регионах Российской Федерации, участвующих в исследовании «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России»/ С.А.Шальнова, А.О.Конради, Ю.А. Карпов и др.// Российский кардиологический журнал – 2012 - №5(97) – С. 6-11
2. A Dynamical Model for Generating Synthetic Electrocardiogram Signals./ Patrick E. McSharry, Gari D. Clifford, Lionel Tarassenko, Leonard A. Smith// IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING. – 2003. - Vol. 50, № 3. – P. 289-294
3. Барановская И.Б., Онищук С.А., Скирда Д.М. Моделирование динамики показателей крови при лечении анемий универсальной математической функцией // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 2 – С. 28-29

***Старцев Е.А.***

### **СИНТЕЗ КЛАССИФИКАТОРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТА И НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Юго-Западный государственный университет  
(SFilist@gmail.com)*

Исследования показали, что при построении решающих модулей по принятию решений по риску профессиональных заболеваний целесообразно вводить дополнительные информативные признаки, которые несут информации о скрытых связях между исходными признаками. Основным требованием к этим связям является то, что они должны отличаться у исследуемых альтернативных классов.

Таким образом, необходимо решить задачу, состоящую в обнаружении и моделировании некоторой закономерности

$$y=F(X), \quad (1)$$

связывающей множество информативных признаков  $X=(x_1, x_2, \dots, x_N)$ , используемых модулями классификации.

Поиск закономерностей осуществляется согласно обучающей выборке. При этом  $X$  – вектор экспериментальных данных,  $x_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ) – компоненты вектора  $X$ , определяемые посредством экспериментальных исследований и характеризующие каждое значение скаляра  $y_j$  ( $j = \overline{1, M}$ ).

Особенность восстановления функциональных зависимостей состоит в том, что величина  $y_j$  является неизвестной величиной и определяется после выбора функциональной зависимости (1). Процесс моделирования включает два этапа: выбор подходящей модели и проверка адекватности модели на основе показателей качества классификации классификатора с дополнительным информативным признаком, формируемым посредством этой модели.

Эта особенность заставляет сосредоточить внимание на правильном соотношении сложности приближающей функции с объемом обучающей выборки, так как имеющейся информации может не хватить для восстановления функции в точках  $y_j$ .

Предложено на входе классификатора использовать дополнительный информативный признак, который формируется из исходного вектора информативных признаков на основе метода группового учета аргумента (МГУА). Представим полином, аппроксимирующий функцию (1), в общем виде

$$y = F(x_1, \dots, x_m). \quad (2)$$

Представим (2) в виде комбинации простых зависимостей, связывающие только две переменные. Параметры этих зависимостей можно определить по МНК. Среди моделей выбираются несколько, наилучших, показавших хорошие результаты на проверочной выборке. Среди отобранных моделей остаются только те, которые «впитали» в себя нечто большее, чем хорошая аппроксимация в узлах интерполяции; они «угадывают» поведение функции (1) в области, не охваченной экспериментом.

Среди множества МГУА - моделей выбираем  $L$  наилучших, которые могут быть представлены в виде множества

$$\{f_\ell(X_k) = \tilde{y}\}, \quad (3)$$

где  $X_k \subseteq X$ ,  $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  – множество информативных признаков используемых решающими модулями;  $\ell = \overline{1, L}$ .

Нейронная сеть *NET* настраивается по исходной обучающей выборке. После этого формируется совокупность моделей согласно алгоритму МГУ, реализующих скрытые связи между информативными признаками пространства  $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  [1]. Модели ранжируются по адекватности описываемых ими связей. Выбирается наиболее адекватная модель, которая формирует дополнительный информативный признак  $x_{N+1}$ , то есть на основе исходной, формируется новая обучающая выборка с дополнительным информативным признаком  $x_{N+1} = \Psi(x_1, \dots, x_m)$ . Выборка формируется таким образом, чтобы дополнительный информативный признак  $x_{N+1}$  не ухудшал качество классификации нейронной сети *NET*.

Процесс формирования моделей (дополнительных признаков) может продолжаться до тех пор, пока ведение очередного дополнительного признака не приведет к улучшению качества классификации.

### **Библиографический список**

1. Пидошва, Е.А. Основные принципы метода группового учета аргументов и его перспективы/ Е.А. Пидошва, А.Б. Иващенко// Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг: материалы II Всеукр. науч.-техн. конф. студентов и мол. ученых, г. Донецк, 11-13 апр. 2011.- Донецк, 2011. - Т.1. - С. 129 -132.

**Степина А.Ю.**

### **ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ В МИРЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(alya.rodionova.00@mail.ru)*

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), на сегодняшний день, является одним из самых перспективных направлений в ядерной медицине. Это развивающийся диагностический и исследовательский метод. В основе него лежит возможность, которая с помощью специального детектирующего оборудования (ПЭТ-сканера) поможет отслеживать в организме распределение биологически активных соединений, меченных позитрон-излучающими радиоизотопами. Метод ПЭТ чаще всего используют, чтобы определить стадии рака, исследовать контроль тока крови или посмотреть функционирование внутренних органов.

Позитронно-эмиссионная томография исследует:

- Мозговое кровообращение и обмен веществ
- Выявление некоторых видов рака, в том числе, лимфомы или рака головы и шеи, мозга, легких, кишечника и простаты.
- Степени развития рака и его распространение на другие органы тела
- Болезнь Альцгеймера.
- Выявление слабого притока крови к сердцу, который может быть признаком заболевания коронарных артерий.
- Выявление поврежденных тканей сердца, в том числе, после сердечной атаки.
- Выбор оптимального вида лечения, к примеру, операции аортокоронарного шунтирования, для тех, кто страдает болезнями сердца.

Свое начало история ядерной медицины в целом и ПЭТ в том числе, — берет с открытия явления радиоактивности, которое было сделано в 1896 г. и с открытия  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения им в 1898 г. После чего, венгерский ученый, который стал отцом радиоизотопной диагностики, в 1913 году предложил использовать метод меченых атомов в биологических исследованиях. Далее, в 1951 году, был создан прямолинейный сканер, для целей радионуклидной диагностики, который становится главным инструментом ядерной медицины. Вскоре, в 1953, был создан первый прототип ПЭТ-сканера в Массачусетском технологическом институте. Главным событием становится создание ПЭТ-томографа современного типа, которое произошло в 1961 году. После чего, в клиниках стали появляться первые установки ОФЭКТ и ПЭТ.

Закон сохранения зарядовой четности, аннигиляция и рождение пар являются физическими основами метода ПЭТ. Возможность аннигиляции и рождение пар, в 1930 была предположена П. Дираком, и нашла подтверждение в 1933 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри. Термин аннигиляция, который означает исчезновение или уничтожение, говорит о процессе, в котором частица и античастица превращаются в излучение. В современном мире толкование аннигиляции и рождения пар дает квантовая теория поля. Рождение пары-это процесс, при котором одновременно возникает частица и античастица, в результате взаимодействия электромагнитных или других полей. Ученые нашли применение этим процессам в ядерной медицине, используя экспериментальные знания и опираясь на закон сохранения зарядовой четности. Он лежит в основе методов лечения и диагностики.

Высокая стоимость и ресурсоемкость метода, не позволяют некоторым странам обеспечить себя методами ядерной медицины.

Россия, на данный момент, относительно обеспечена методами ядерной медицины. Но она входит в число 5 крупнейших производителей сырьевых медицинских изотопов в мире. Более 20 наименований радиофармпрепаратов производится в России.

Большие перспективы в ПЭТ связаны с созданием конструкции сканера, который будет представлять собой гибрид МРТ и ПЭТ. Это позволит улучшить уровень диагностики заболеваний.

### ***Библиографический список***

1. Коновалова К.Н., Фролова Т.А. Современные средства обработки информации в ядерной медицине// Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы II междунаучно-практической конференции. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. II.
2. Коновалова К.Н., Фролова Т.А. Использование методов радионуклидной диагностики для выявления отклонений на ранних стадиях заболеваний// Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах. Тезисы 3-ой международной конференции с элементами научной школы. Тамбов, 2016. С.444-445.

***Судаков Д.Е. Дубровин В.В.***

### **МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

*Тамбовский государственный технический университет,  
(sudakov.dima1702@yandex.ru)*

Модель относится к медицине и затрагивает не строение и функции отдельно глаза человека как такового, а работу глаза в совокупности со зрительной корой головного мозга.

Современные успехи в биометрических измерениях глаза и в области компьютерных технологий дают возможность создавать модели глаза, анатомически точно воспроизводящие его оптические характеристики.

Существуют две тенденции развития этой модели. Первая тенденция состоит в том, что необходимо строить модели редуцированного (упрощенного) глаза, которые хорошо предсказывают свойства глаза.

Вторая тенденция состоит в том, чтобы следуя анатомической точности, моделировать структуру хрусталика, зрачка и другие особенности глаза.

Все эти модели имеют ряд недостатков, которые можно устранить, если при моделировании использовать искусственную нейронную сеть (ИНС) [1].

Существует множество алгоритмов для распознавания зрительных образов с помощью ИНС. Например алгоритмы, в основу которых положены идеи разделения при классификации пространства признаков с помощью секущих гиперплоскостей, алгоритмы, формирующие меру близости признаковых описаний распознаваемого и эталонного образов и алгоритмы, которые базируются на формировании структурно-логических описаний, чаще всего выражаемых в виде графов, вершинам которых ставятся в соответствие некоторые признаки, а ребра графов отображают инвариантные пространственные отношения между признаками или объектами сцены [2].

Сейчас практически все алгоритмы обучения нейронных сетей с традиционной топологией страдают разобучением старого при обучении новому. Решение этой проблемы позволит говорить об адекватных моделях механизмов зрительного восприятия живых систем.

Описание модели строится на процедуре «рассматривания» сцены визуальным сенсором с запоминанием вектора входных признаков в определенных точках фиксации взгляда.

На первичном уровне преобразования зрительной информации осуществляется переход от яркостного изображения к градиентному. В качестве элементарных зрительных признаков система выделяет кодированные направления градиентов изображений.

ИНС может состоять из двух модулей. Первый модуль выполняет роль преднастраиваемого фильтра зрительных признаков,

второй - отображает пространственные отношения выделенных фрагментов изображения в поле зрения в некоторое множество значений выходного вектора сети (сеть преднастройки или сеть пространственных отношений).

Схематически это можно изобразить как:

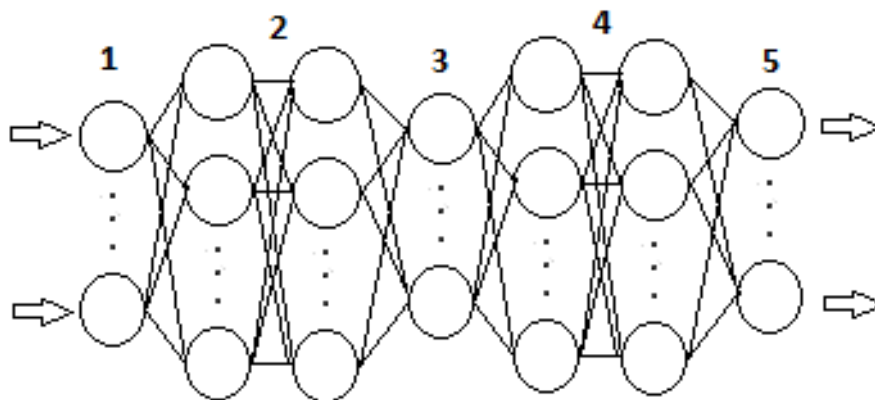


Рис.1 Схема ИНС: 1 - входной слой нейронов. 2 – внутренние слои первой НС. 3 – выходной слой первой НС и входной слой второй НС. 4 –внутренние слои второй НС. 5 – Выходной слой второй НС.

#### **Библиографический список**

1. Толкова Е.И., Чернышев А.В. Рационалистическая модель механизма цветоразличения человека. И Оптика и спектроскопия. 2000. -89, №4, с. 647 - 650.
2. Дубровин В.В., Рязанов И.С., Голубятников О.О. Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей. Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27. 2014.№3 (62). С. 131-132.

## **ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОСКОПИИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(aksyutka.shvyreva@mail.ru, popova21.04@mail.ru)*

Рентгеноскопия и рентгенография составляют группу общих рентгенологических методов. Они также лежат в основе частных и специальных рентгенологических методов, основанных на применении особых приемов и технических средств, к которым прибегают с целью получения дополнительной информации о функции и структуре исследуемого органа. К частным методам относятся рентгенотелевизионное просвечивание, телерентгенография и электрорентгенография, томография, флюорография [1].

Рентгеноскопия – это метод рентгенодиагностики, заключающийся в формировании изображения исследуемого объекта на флуоресцентном экране или телевизионном экране рентгеновской установки.

Рентгеноскопия обладает высокой информативностью, поэтому врачи назначают это исследование своим пациентам очень часто. Однако как и у большинства методов диагностики, рентгеноскопия имеет свои недостатки, а именно, относительно высокую дозу облучения и низкое пространственное разрешение.

В случаях частых операций рентгеноскопии необходимо наряду со слабой дозой облучения уменьшать площадь облучаемой поверхности тела пациента. Информацию о минимально необходимой площади облучения может дать термографическая картина тела пациента. Известно, что температурная аномалия поверхностных покровов обязательно возникает при большинстве внутренних патологий [2], причем еще до того, как это может быть зарегистрировано, например, рентгеновским методом.

Предлагается одновременно с проведением рентгеновского исследования получать тепловую картину назначенной области облучения. Идея заключается в том, что по анализу области температурной аномалии возникает реальная возможность сузить зону рентгеновского облучения до этих пределов. Помимо этого, чтобы устранить излишнюю информацию тепловой картины, полезным будет выделять фрагмент соответствующей зоны температурной аномалии относительно нормального распределения температур по поверхности тела пациента.

При подготовке к рентгеновскому обследованию зона температурной аномалии оптически накладывается на соответствующий участок тела пациента. Кроме того, для более точной фиксации выделенного фрагмента инфракрасной картины, этот фрагмент можно совмещать с оптическим изображением тела пациента [2], которое также проецируется на обследуемого.

Таким образом, аппаратно совмещаются три разнодиапазонных устройства формирования изображений, при этом совмещаются изображения оптического диапазона и инфракрасного. Однако следует отметить, что использование видеокамеры является не обязательным, а только лишь вспомогательным средством.

В конечном итоге, применение термографии при рентгеновских обследованиях значительно уменьшит дозу облучения больного.

### ***Библиографический список***

1. Медицинская энциклопедия / Рентгенологическое исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_medicine/26588/Рентгенологическое](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/26588/Рентгенологическое)
2. Ветров А.Н. Совмещение инфракрасных и телевизионных изображений при медицинской диагностике / А.Н. Ветров, А.А. Осипова, М.А. Гахзар, А.В. Макарова, В.И. Романовский, Н.И. Беляев // Вестник Тамбовского Государственного Технического Университета. – 2014. Т. 20. – №3. С. 474 – 480.
3. Термография в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.likar.info/medic/termografiya-v-medicine/>.
4. Рентгеноскопическое исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://likonplus.ru/rentgenoskopicheskoe-issledovanie>.

## СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОСКОПИИ

Тамбовский государственный технический университет  
(popova21.04@mail.ru, aksyutka.shvyreva@mail.ru)

Рентгеноскопия – метод рентгенодиагностики, заключающийся в формировании изображения исследуемого объекта на флуоресцентном экране или телевизионном экране рентгеновской установки. Это исследование наряду с высокой информативностью имеет ряд недостатков, различных по своей природе: высокая доза облучения и низкое пространственное разрешение. В связи с этим необходимо разделить исследование на два этапа: поиск способа снижения дозы облучения при рентгеноскопии и увеличение информативности результирующего изображения.

Первый этап исследования направлен на снижение дозы облучения. При частых рентгеноскопических исследованиях необходимо не только снижать дозы, но и уменьшать площадь облучаемой поверхности тела пациента. Информацию о необходимой площади облучения может дать термографическая картина тела пациента [1]. По анализу области температурной аномалии возникает возможность сузить зону рентгеновского облучения. А чтобы устранить лишнюю информацию тепловой картины, нужно выделять фрагмент соответствующей зоны температурной аномалии относительно нормального распределения температур по поверхности тела пациента. При подготовке к рентгеновскому обследованию фрагмент температурной аномалии оптически накладывается на соответствующий участок тела пациента. Таким образом, аппаратно совмещаются три разнодиапазонных устройства (рис.1).

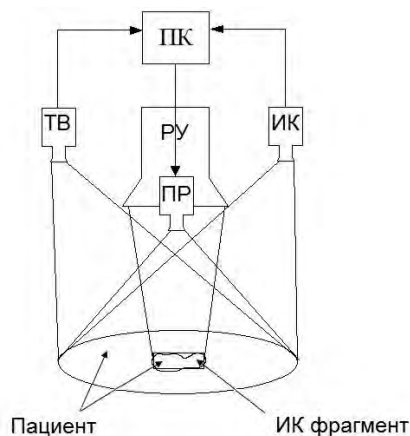


Рис. 1 Структурная схема комплекса рентгеновской, тепловизионной и видеосистем

Второй этап направлен на повышение информативности результирующего изображения. Телевизионные изображения по своему восприятию практически полностью соответствуют картине наблюдаемого объекта. Однако существенным недостатком видеоизображения с точки зрения информативности является отсутствие информации о тепловой картине объекта. Тепловизионная техника позволяет наблюдать объекты в инфракрасном диапазоне частот, но тепловая картина не детализирует объект, поэтому необходимо иметь видеоизображение наблюдаемого объекта в тепловом диапазоне вместе с инфракрасным изображением поверхности тела человека. Из этого вытекает задача совмещения инфракрасного и видимого изображения. Совмещение должно удовлетворять нескольким требованиям: изображения должны быть сформированы при одинаковых углах зрения видеокамеры и тепловизора, площадь наблюдения должна быть одинаковой.

В работе представлен метод уменьшения дозы облучения при рентгеноскопии, основанный на выделении фрагментов термограммы человека, их наложении на видеоизображение тела пациента и обработке результирующего изображения.

### Библиографический список

1. К. Е. Швырева, Ю.В. Суслова, А.Н. Ветров Пути уменьшения дозы облучения рентгеноскопии. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы II международной научно-практической конференции, 2015, с.244 – 245.



2. К.Е. Швырева, Ю.В. Сулова, А.Н. Ветров. Снижение дозы облучения при рентгеноскопии. XX открытый форум исследователей «Грани творчества»: краткие тезисы докладов, 2016, с.19-20.
3. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
4. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.

**Сутягина А.Д., Ляхова Е.К.**

## НОСИМОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)  
(e-mail: nsutyagina@gmail.com, katya.1296@mail.ru)*

Как известно, от характера работы сердечно-сосудистой системы зависит общее физиологическое состояние человека, и такие заболевания как артериальная гипертензия, характеризующаяся повышенным уровнем артериального давления (АД), требуют непрерывного мониторинга динамики медико-биологических показателей [1]. На сегодняшний день для регистрации таких физиологически значимых сигналов как пульсовая волна (ПВ) и электрокардиограмма (ЭКГ), а также для измерения АД используются различные носимые устройства, позволяющие оценить состояние сердечно-сосудистой системы [2]. Однако, существует необходимость создания системы, которая будет совмещать в себе сразу несколько элементов и отслеживать ряд физиологических показателей одновременно. Для этого используется носимое устройство пациента, структурная схема которого состоит из осциллометрического тонометра, грудного датчика и браслета, закрепляемого на запястье. Все сигналы с датчиков передаются на смартфон пользователя через блок синхронизации и передачи данных по Bluetooth-каналу (Рис. 1).

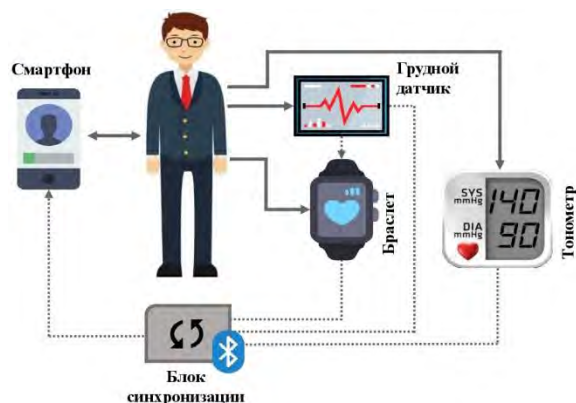


Рис. 1. Структурная схема носимого устройства пациента

Нагрудный датчик используется для регистрации ЭКГ, он выделяет опорные точки (R-зубцы) и регистрирует температуру тела и частоту дыхательных движений. Кроме того, измерения производит специальный браслет, закрепляемый на запястье, который регистрирует ПВ с помощью встроенного оптического датчика. Браслет принимает данные с грудного датчика для расчета текущих значений времени распространения пульсовой волны (ВРПВ) и передает итоговые данные на смартфон пользователя, где производится расчет текущего АД с учетом поправочных коэффициентов, получаемых при помощи осциллометрического тонометра [3]. Особенностью системы является наличие фоновой работы, который задается при состоянии пациента, соответствующем индивидуальной норме, и характеризуется только активностью канала регистрации ЭКГ. В случае выхода показателей за границы индивидуальной нормы подключаются дополнительные каналы регистрации, меняется частота дискретизации сигналов и период времени обновления поправочного коэффициента. Рассмотрим алгоритм работы устройства:

1. Определение показателей индивидуальной нормы пациента: частоты сердечных сокращений (ЧСС), ВРПВ, величины АД, ввод в смартфон роста и веса человека для расчета индекса массы тела. На основе полученных данных рассчитывается поправочный коэффициент, используемый при расчете АД.

2. Мониторинг уровня физической активности пациента с помощью встроенного в браслет датчика движения. При низком уровне физической активности пациента все устройства системы работают в фоновом режиме.

3. Мониторинг состояния пациента в активном режиме работы. Регистрация сигналов осуществляется при повышенной частоте дискретизации, подключаются дополнительные каналы регистрации данных, осуществляется непрерывная запись сигналов по всем каналам и анализ данных с определением характера изменения состояния пациента.

4. Мониторинг состояния пациента в экстренном режиме при резком повышении АД и угрозе возникновения гипертонического криза. Система выдает для пациента предупреждающий сигнал о необходимости принятия экстренных мер.

### ***Библиографический список***

1. З.М.Юлдашев, Е.А. Пустозеров, А.А. Анисимов. Многоуровневая интеллектуальная система удаленного мониторинга состояния здоровья людей с хроническими заболеваниями. Биотехносфера, 2016. – №5(47). – С. 2-8
2. З.М. Юлдашев, А.А. Анисимов. Система удаленного интеллектуального мониторинга состояния здоровья людей. Медицинская техника, 2017. – №1. – С. 45-48
3. А.А. Анисимов, Т.В. Сергеев. Алгоритм оценки артериального давления по времени распространения пульсовой волны. Биотехносфера, 2015. – №4(40). – С. 57-61.

***Сюксина Т.С.***

## **СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ДИАГНОСТИКИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(tanyasjuksina@gmail.com)*

Казалось бы, что молочная железа — орган легко доступный осмотру и пальпации, тем не менее, число ошибок на поликлиническом этапе достаточно велико и достигает 38%. При этом рак в первой стадии выявляется лишь в 13% случаев. Это очень низкие цифры, поскольку многочисленными работами показано, что чем раньше выявляется опухоль, тем дольше продолжительность жизни. В связи с этим проблема ранней диагностики и щадящего лечения заболеваний молочной железы является сейчас чрезвычайно актуальной как в России, так и в мире.

Анализ технической оснащенности ЛПУ регионов России показал, что к настоящему времени парк маммографических аппаратов в России насчитывает 1294 единицы, причем среди них морально и физически устаревших 741 аппарат "Электроника", которые требуют незамедлительной замены.

К настоящему времени для проведения скрининговых программ имеется отечественный "Электромаммограф РС" — дешевый, безвредный и простой прибор, действие которого основано на измерении электропроводности тканей.

Новый метод маммографии – цифровая маммография – более эффективен для диагностики рака молочной железы у некоторых женщин. Этот метод получает распространение в клинической практике благодаря тому, что работа с данными в цифровом формате расширяет возможности при анализе, хранении и передаче данных.

Применение полноразмерного (24 x 30 см) цифрового детектора позволяет максимально быстро проводить как стандартные, так и стереотактические исследования.

Понятие «цифровая маммография» объединяет в себе несколько видов технологий, отличающихся типом используемой системы получения изображения, количеством блоков и функциональных шагов, необходимым для получения изображения на экране рабочей станции, а также быстродействием. В настоящее время в клинической практике получили распространение 3 типа цифровых маммографических систем:

1. Системы, использующие детекторы на базе CCD-матрицы. Данные системы имеет ряд серьезных ограничений, несмотря на высокое декларируемое пространственное разрешение. В первую очередь вследствие недостаточного динамического диапазона и высоких шумов.

2. CR системы на базе кассет с запоминающей люминофорной пластиной и дигитайзера (устройства для сканирования кассеты и получения цифровой рентгенограммы)

3. FFDM – цифровые маммографы прямого преобразования, использующие плоские детекторы на основе аморфного кремния A-Si или аморфного селена A-Se.

Из перечисленных типов цифровых маммографических систем максимальное быстродействие обеспечивают системы FFDM. Пропускная способность маммографов прямого преобразования FFDM фактически ограничена только затратами времени на выполнение укладок рентгенлаборантом. Снимок появляется на экране монитора рабочей станции в течение 3-х секунд с момента экспозиции.

Несмотря на существенно большую стоимость цифровых систем, анализ поведения затрат, позволяет сделать вывод о экономической эффективности использования цифровых технологий при условии выполнения большого количества исследований. Себестоимость исследования на цифровом маммографе уменьшается с ростом количества проведенных исследований.

Выполненные расчеты экономической эффективности демонстрируют, что себестоимость исследования на цифровом маммографе не превышает аналогичный показатель по пленочной маммографии при объеме исследования более 8000 пациентов в год. Это достигается за счет существенной экономии средств на расходные материалы, реактивы, их утилизацию, снижению до минимума количества повторных снимков, а также благодаря высокой пропускной способности цифровых маммографов.

#### ***Библиографический список***

1. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. –2014. –№ 3 (53). – С. 68-80.
2. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.

***Тальянский И.Э.***

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ**

*Пензенский государственный технологический университет  
(ilyatalyanskii91@gmail.com)*

Количество смертности трудоспособной части населения от сердечно-сосудистых заболеваний в России увеличивается с каждым годом. Данный факт заставляет производителей медицинских изделий искать новые возможности по улучшению качества своей продукции. Одним из параметров качества подобных изделий является высокая чистота поверхности материала, определяющая высокую биосовместимость с организмом человека.

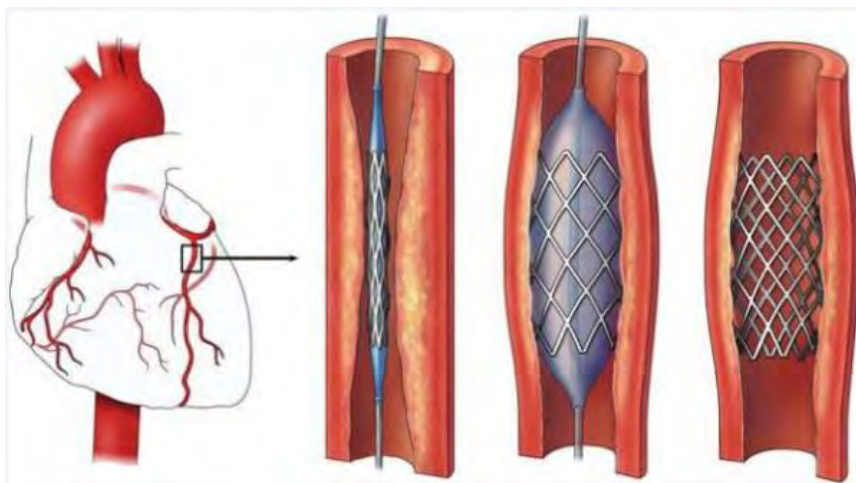


Рис. 1 Процедура баллонной ангиопластики (восстановления кровотока сосуда).

При нарушении проходимости сердечно-сосудистой системы есть риск развития ишемической болезни сердца. Для восстановления кровотока пораженного сосуда атеросклеротическими бляшками применяется стентирование коронарных артерий. При помощи баллонного катетера в место поражения вводится имплантат – стент. После его раскрытия в артерии, бляшки прижимаются к стенкам сосуда, вследствие чего происходит восстановление кровотока.

На сегодняшний день самой быстроразвивающейся технологией по изготовлению стентов является прецизионная лазерная резка. Она дает огромные возможности по изготовлению изделия с самым сложным дизайном за минимальное время. Процесс лазерной резки проходит в среде инертного газа для увеличения чистоты поверхности обрабатываемого материала.

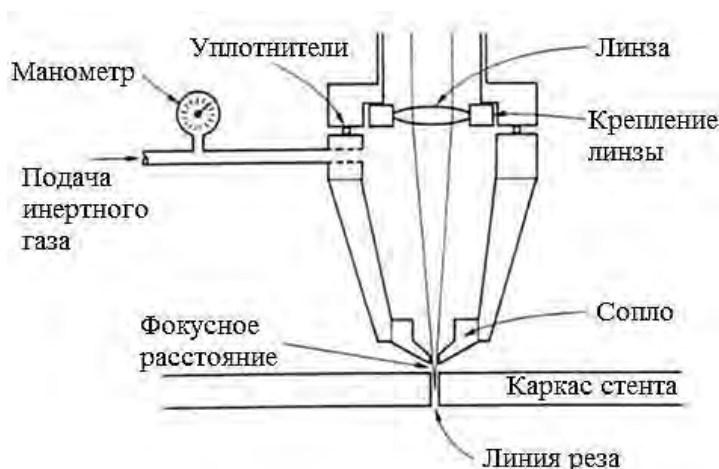


Рис. 2 Конфигурация процесса прецизионной лазерной резки стента малого диаметра.

Прецизионная лазерная резка имеет ряд характерных особенностей методов механической обработки. Этот процесс бесконтактный. Простота автоматизации с числовым программным управлением (ЧПУ) и автоматической обработкой обеспечивает точный контроль над процессом. Малый размер точки фокуса (вплоть до нескольких микрон) обеспечивает высокую геометрическую точность (вплоть до нескольких мкм.). Высокая скорость резки способствует повышению производительности. При помощи лазерного луча могут быть обработаны почти все виды материалов. Эта технология позволяет получить минимальную зону термического влияния (ЗТВ), по сравнению с другими тепловыми видами воздействия, такими как плазма, пламя и т.д. Так же этот процесс достаточно тихий (снижение уровня шума на рабочем месте).

#### **Библиографический список**

1. Вишневский А.Г., Андреев Е.М., Тимонин С.А. Смертность от болезней системы кровообращения и продолжительность жизни в России / Журнал «Демографическое обозрение» выпуск №1, том 3, 2016 г., 34 с.
2. Noorhafiza Muhammad. «Laser micromachining of coronary stents for medical applications», 2012 г., стр. 30.

**Николаев А.А.**

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(anikodub@mail.ru)*

Принцип действия аппарата основан на воздействии токов высокой частоты на мягкие биологические ткани.

При протекании тока через мягкие ткани осуществляется их резание и коагуляция кровеносных сосудов. Резание тканей производится синусоидальным немодулированным током частотой 1,76 МГц. При касании электродом мягкой ткани, вследствие высокой плотности входного тока, происходит мгновенный нагрев кле-

ток и испарение внутриклеточной жидкости, что приводит к разрыву клеток в зоне касания, белки сворачиваются или коагулируются, соответственно, кровь останавливается. Таким образом, осуществляется разрез ткани. Важным преимуществом является точечное воздействие, что повышает эффективность манипуляции и снижает вероятность осложнений.

Исходя из типового ряда электрохирургических аппаратов, применяемых в целом для оперативных вмешательств, необходимым и достаточным условием соответствия их медицинской технологии является наличие следующих режимов:

- резание,
- коагуляция,
- резание с одновременной коагуляцией («смешанный режим»).

Наибольшее распространение получила монополярная электрохирургия, так как биполярная менее универсальна и требует значительно большего ассортимента электродов для различных вмешательств.

Существует так же разновидность монополярной электрохирургии, при которой электрод пациента не используется, а выход генератора, обычно соединяющийся с электродом пациента, заземляется. Ток от электрода хирурга проходит через тело пациента и далее через емкость тела пациента на землю возвращается в генератор. Такой вид электрохирургического воздействия находит ограниченное применение и используется только с аппаратами малой мощности.

В ЭХА, предназначенных для более сложных вмешательств, имеется ряд других режимов, не являющихся типовыми, а введенными в конструкцию с целью предоставления хирургу дополнительных возможностей увеличения темпа операции. К ним относятся:

- режим пиковой мощности в начальный момент резания,
- два автономных выхода для коагуляции,

•бесконтактная коагуляция («SPRAY») - это одновременное воздействие энергии высокочастотного тока и кинетической энергии электропроводящей струи жидкости, в качестве которой может быть использован изотонический водный раствор. При этом процесс рассечения носит характер межклеточного расслаивания тканей, поскольку диссипация кинетической энергии струи происходит по поверхности минимального механического сопротивления. Поэтому процесс рассечения характеризуется небольшой деструкцией окружающих тканей,

•абляция тканей выпариванием («VAPORIZING») - метод основан на эффекте выпаривания тканей под воздействием токов высокой частоты мощностью 240 -300 Вт, с одновременной коагуляцией подлежащих слоев,

•синхронизированная работа электрохирургических аппаратов с другими устройствами: генератором низкочастотного ультразвука, устройством аргоно-плазменной коагуляции, в этом случае высокочастотный ток передается с помощью струи ионизированного инертного газа и коагуляционное воздействие осуществляется в месте соприкосновения ионизированной струи аргона с тканями.

Клинические возможности электрохирургии не исчерпаны [1,2]. Для прогресса в этой области необходим системный подход, включающий изучение функциональных возможностей (которыми в настоящее время обладают дорогостоящие, в основном зарубежные модели ЭХА), совершенствование надежности ЭХА, в основном показателей безотказности и долговечности.

### *Библиографический список*

1. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
2. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – №2(46). – С.66-75.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
АЛГОРИТМОВ ФРАГМЕНТАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

(edik.leti@yandex.ru, thachnguyen@mail.ru)

Возможности современных аналого-цифровых микропроцессорных систем (АЦМС) и потребности медицинской диагностики стимулируют разработку алгоритмов автоматической фрагментации (АФ) электрофизиологических показателей, важнейшими из которых являются электрокардиосигналы. Проблема автоматической фрагментации обусловлена изменчивостью ЭКС у здоровых пациентов и разнообразием возможных патологий, изменяющих форму фрагментов при воздействии помех. Следствием поиска алгоритмов, направленных на повышение достоверности и надёжности решения проблемы автоматической фрагментации в указанных условиях, составляющих основу функционирования АЦМС, является появление трудно обозримого перечня алгоритмов АФ на базе современных достижений в области информационных технологий [1], [2]. В связи с этим возникает необходимость поиска упорядоченного способа описания алгоритмов и создание предпосылок для формирования и сравнения между собой возможных альтернатив с требуемыми свойствами. При этом способ описания должен, способствовать решению задачи выбора из уже предложенных алгоритмов, если не оптимального, то, хотя бы, рационального в установленном смысле алгоритма из множества возможных альтернатив на основе, например, известного метода морфологического анализа. В докладе рассматривается подход на базе упорядоченного описания алгоритмов АФ посредством логической схемы алгоритмов (ЛСА), позволяющий перейти непосредственно к формированию морфологической таблицы, которая определяет основу не только для синтеза новых ещё не разработанных алгоритмов по методу В. Цвики, а и для выполнения сравнительного анализа вариантов известных алгоритмов. При этом создаются предпосылки для автоматического выбора оптимальных алгоритмов из установленного множества при решении задачи АФ, например, на базе мажоритарного подхода или выбора по большинству.

Рассматриваемый в докладе подход основывается на следующем. Имеется множество известных алгоритмов  $\{A_i\}_{i=1}^N$ , на основе которого в соответствии с ЛСА строится подходящий для решаемой задачи вариант морфологической таблицы операторов, реализующих согласно выбранному алгоритму определённые преобразования [2] (см. табл.).

| ЛСА алгоритмов АФ для фиксированного числа обнаруживаемых фрагментов | Перечень операторов $O_{ij}$ в соответствии с ЛСА алгоритмов АФ | Перечень оценочных коэффициентов $\alpha_{ij}$ установленных параметров операторов | Перечень критериев оценки качества алгоритмов с по оценочным коэффициентам |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $A_1$                                                                | $O_{11}, O_{12}, \dots, O_{1A_1}$                               | $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1A_1}$                                   | $K_1(A_1), \dots, K_m(A_1)$                                                |
| $A_2$                                                                | $O_{21}, O_{22}, \dots, O_{2A_2}$                               | $\alpha_{21}, \alpha_{22}, \dots, \alpha_{2A_2}$                                   | $K_1(A_2), \dots, K_m(A_2)$                                                |
| ...                                                                  | ...                                                             | ...                                                                                | ...                                                                        |
| $A_k$                                                                | $O_{k1}, O_{k2}, \dots, O_{kA_k}$                               | $\alpha_{k1}, \alpha_{k2}, \dots, \alpha_{kA_k}$                                   | $K_1(A_k), \dots, K_m(A_k)$                                                |
| ....                                                                 | ...                                                             | ...                                                                                | ...                                                                        |
| $A_N$                                                                | $O_{N1}, O_{N2}, \dots, O_{NA_N}$                               | $\alpha_{N1}, \alpha_{N2}, \dots, \alpha_{NA_N}$                                   | $K_1(A_N), \dots, K_m(A_N)$                                                |

Поскольку в АЦМС, кроме оператора аналого-цифрового преобразования, все остальные операторы реализуются преимущественно программно, то устанавливаются веса операторов, например, по общему числу реализующих оператор элементарных команд. С оценкой качества алгоритма  $A_i$ , по приведённым в табл. критериям, связаны допустимые вероятности пропуска фрагмента при его наличии или ложного обнаружения, погрешности определения временных и амплитудных параметров обнаруженных фрагментов при воздействии помех, а также учёт сложности аппаратно-программной реализации алгоритма. В следствии этого возникает многокритериальная или векторная задача выбора и принятия решения о выборе предпочтительного алгоритма из множества допустимых алгоритмов. Возможны две задачи [3]: определение предпочтительного алгоритма на основе векторного критерия оценок качества альтернативных алгоритмов и построение процедур отсеивания неподходящих в установленном смысле алгоритмов.

### **Библиографический список**

1. Elgendi M., Eskofier B., Dokos S., Abbott D. (2013) Revisiting QRS detection methodologies for portable, wearable, battery-operated, and wireless ECG systems. URL: <http://vixra.org/pdf/1301.0058v3.pdf>.
2. Тихонов Э.П. Концептуальная модель предметной области автоматической фрагментации электрокардиосигналов на базе логической схемы алгоритмов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2015. - №8. – С. 85-95.
3. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1986. – 296 с.

**Томашевич Д.А**

### **РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗОМ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(e-mail: tomash.daniil@yandex.ru)*

Основной целью данного исследования стала разработка системы управления протезом кисти руки релейного типа (когда учитывается не величина прилагаемого усилия, а превышение заданного порога) на основе получения информации управления от скелетных мышц при регистрации сигнала электромиограммы (ЭМГ). Это в значительной степени упрощает разработку, поскольку в качестве электродов можно использовать металлические пластинки из биоинертных, проводящих сплавов или металлов. Работа алгоритма сводится к вычислению угла поворота механических частей, при этом несмотря на свою простоту, такой протез сможет облегчить выполнение повседневных действий без применения сложных вычислительных алгоритмов, что позволяет снизить потребление энергии и увеличить время работы протеза.

Для регистрации сигналов ЭМГ с тела человека необходима соответствующая схема усилителя биопотенциалов. В его состав входит инструментальный усилитель (ИУ), фильтр верхних частот (ФВЧ), блок дополнительного усиления и схема смещения земли. ИУ включен по рекомендуемой схеме с аналоговой землей для уменьшения синфазных помех и ФВЧ с частотой среза 10 Гц. ФВЧ образован фильтром нижних частот на малопотребляющем операционном усилителе (ОУ), выход которого подключен к референсному входу ИУ. Поскольку частотный диапазон ЭМГ сигнала достаточно широк (от 20 до 1500 Гц, при этом основная мощность спектра сосредоточена в диапазоне от 50 до 200 Гц) усиление схемы задается в два этапа - небольшое первичное усиление задается в ИУ, затем на отдельном ОУ с программируемым коэффициентом усиления [1]. В результате проведенных исследований было определено, какие этапы обработки ЭМГ сигнала наиболее эффективно выполнять в аналоговом виде, а какие в цифровом. Их можно обозначить следующим образом: в аналоговую цепь входного ИУ, на который поступает ЭМГ сигнал с электродов, следует включить аналоговый фильтр верхних частот. Такой подход позволяет сократить размеры аналоговой схемы и в то же время избавить управляющий микроконтроллер (МК) от избыточных вычислений.

В качестве ИУ был выбран прецизионный усилитель AD8221, использование счетверенного малопотребляющего ОУ AD8544 позволило значительно уменьшить площадь платы управления. Для макетирования цифровой части схемы управления был использован МК FR5969 фирмы Texas Instruments с рабочей тактовой частотой 16 МГц и низким энергопотреблением. Для оцифровки ЭМГ сигналов задействованы три канала встроенного аналого-цифрового преобразователя (два канала для ЭМГ-сигнала и один для смещения) с разрешением 12 бит и частотой дискретизации 4000 Гц.

Также был разработан алгоритм обработки исходного ЭМГ сигнала. Чтобы избежать потери мощности сигнала при сглаживании, сигнал полностью переводится в положительную область. Сглаживание проводится цифровым БИХ-фильтром нижних частот 2 порядка с частотой среза 2 Гц и усреднением по 50 отсчетам. Далее задается порог сравнения, причем таким образом, чтобы не сделать систему управления слишком чувствительной или требующей чрезмерных усилий от пользователя. Для управления релейного типа достаточно найти две группы мышц, которые сохраняют достаточную активность. Тогда, напрягая одну мышцу, протез будет сгибать какую-либо свою часть, напрягая другую – разгибать. Если обе мышцы расслаблены – протез не будет совершать действия или сохранять текущее положение. Одновременным напряжением обеих мышц, можно выполнить переключением между разными двигательными частями протеза. При этом релейное управление не всегда является естественным: при полном расслаблении мышц, все подвижные части руки принимают поло-

жения в соответствии с внешними воздействиями, например, действие силы тяжести [2]. Поэтому алгоритм был дополнен для реализации системы управления с пропорциональным типом. При этом до момента сглаживания сигналы обрабатываются как в релейной системе. Так как усреднение слишком сильно сглаживает спады и нарастания сигнала, оно заменяется другим алгоритмом, который устраняет незначительные колебания (дребезг), возникающие при попытке сохранить положение руки из-за постоянной работы мышц, что позволяет реализовать более естественные движения протеза.

### ***Библиографический список***

1. M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis. Calgary: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
2. T. Stieglitz, "Micromachined, Polyimide-based devices for flexible neural interfaces", Biomedical Microdevices, vol. 2, Dec. 2000, pp. 283-294.

***Трубиенко А. А., Ветров А.Н.***

### **МЕТОД МОНИТОРИНГА ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ ПРИСТУПОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(sniper\_elite@mail.ru)*

По данным Всемирной организации здравоохранения, в мире насчитывается около 50 миллионов человек с диагнозом эпилепсии. Это заболевание поддается лечению, но для анализа эффективности этого лечения и дозировки лекарств, необходима информация о частоте возникновения приступов эпилепсии.

Известен синдром внезапной смерти пациентов, с эпилепсией, по данным американского профессора неврологии Дэвида Фикера, распространенность этого синдрома составляет 2 случая на 1000 пациентов в возрасте 20-40 лет. По мнению американского профессора неврологии Пола Шраедера, причиной развития этого синдрома является возникновение сердечной аритмии или остановки дыхания.

Метод электроэнцефалографии (ЭЭГ) имеет высокую распространенность в диагностике и контроле эпилепсии. Применение ЭЭГ может происходить стационарно или амбулаторно.

В дополнение к записи ЭЭГ могут быть использованы следующие методы сбора информации о пациенте: дневник пациента (самоотчет), отчет наблюдателя, видеозапись поведения пациента.

Однако, методы, используемые для контроля приступов эпилепсии, не могут быть использованы вне стационарных условий. Также и они не могут быть использованы для анализа сердечной и дыхательной деятельности. Их нарушения может произойти во время приступа эпилепсии и привести к смерти пациента.

Для повышения эффективности мониторинга эпилепсии предложен новый метод, отличающийся от существующих методов в том, что он не основан на результатах ЭЭГ. Для обнаружения приступа эпилепсии используется информация о двигательной активности пациента, помимо этого, производится непрерывный мониторинг сердечной и дыхательной активности, что позволяет минимизировать вероятность ложных срабатываний и получить информацию о жизненно важных показателях состояния пациента. Метод мониторинга проводится в два этапа, которые выполняются циклически.

На первом этапе проводится мониторинг двигательной активности спящего пациента. Во время сна пациент может совершать ряд отдельных движений, которые не связаны с приступом эпилепсии, поэтому важно оценить активность движения на признаки эпилептической активности. Если двигательная активность принимает пароксизмальный характер, то этот момент считается началом приступа эпилепсии и время возникновения этого события фиксируется. Далее мониторинг переходит на второй этап методики.

На втором этапе, рассчитывается частота судорожных движений рук пациента, что необходимо для дальнейшей оценки интенсивности эпилепсии. Учитывая сильную неравномерность частоты двигательных движений, предлагается регистрировать среднюю частоту двигательной активности за интервал времени, равный пяти секунд. При обнаружении судорожной активности производится анализ сердечной и дыхательной деятельности, а именно: рассчитывается частота сердечных сокращений (ЧСС), проверяется наличие сердечной аритмии, измеряется сатурация кислорода в крови. Если замечены нарушения в работе сердца или дыхательной системы, то они будут немедленно зарегистрированы. Далее, если присутствует двигательная активность, то второй этап повторяется вновь, в другом случае фиксируется время окончания приступа эпилепсии, и выполняется первый этап метода.



По окончании мониторинга, накопленные данные анализируются, что позволяет оценить адекватность лечения, скорректировать дозировку медикаментов, которые принимает пациент.

Эффективность мониторинга повышается за счет непрерывного контроля состояния пациента в домашних условиях. Таким образом, согласно предлагаемому методу, общая клиническая картина заболевания будет дополнена информацией о частоте двигательной активности, точной длительности эпилепсии, информацией о сердечной аритмии, а также постоянного мониторинга пациента дыхательной активности.

### ***Библиографический список***

1. Семенов Д.Д., Фролова Т.А. Основные тенденции обработки информации в приборах для измерения параметров дыхательной системы // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы II международной научно-практической конференции. – Вып. 2 : в 2 т. / под общ. ред. В. А. Немтинова ; ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. II.

***Тымчук Т.М.***

### **ПРИМЕНЕНИЕ КСЕНОНА В МЕДИЦИНЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(tymtan98@yandex.ru)*

В последнее время существует огромное разнообразие газов, которые используют в анестезиологии. Ксенон относится к инертным газам, предназначенным для проведения ингаляционного наркоза и в лечебных целях. В последнее время этим газом интересуются все больше и больше. В течение последнего десятилетия он получил более широкое применение в качестве анестезирующего средства, обладающего многими свойствами. Это связано с его многогранным воздействием на организм человека и потенциальным лечебным эффектом при различных патологических состояниях.

Попробую обосновать основу метода и показать возможности применения ксенона в различных областях медицины.

Ксеноновый наркоз практически не оказывает на организм человека токсического или побочного действия. В конце **XX века** российские учёные создали метод применения **ксенона** в качестве средства для общего обезболивания.

Ксеноновая анестезия производится смесью кислорода с ксеноном. Для достижения анестезирующего действия необходимо поддержание концентрации ксенона в смеси на уровне 70 %, при этом содержание кислорода в смеси не должно опускаться ниже 21 %. При падении концентрации ксенона ниже 50 % происходит быстрое (в течение 2—3 минут) пробуждение пациента.

В закрытом контуре происходит многократное использование выдыхаемого ксенона.

В отличие от закрытого контура анестезиолог может в реальном времени регулировать концентрацию кислорода и ксенона в подаваемой смеси и оперативно реагировать на изменения в ходе операции. Пациент дышит чистой газовой смесью, не загрязнённой продуктами метаболизма. Эта технология не лишена недостатков: необходим большой запас ксенона для применения его поточным методом. Необходимо доставлять адсорберы на десорбцию.

Анальгетический эффект ксенона успешно используется в комплексной терапии острого инфаркта миокарда. Предварительные данные показывают, что при сеансах ксеноноотерапии в остром периоде миокарда отмечено устранение болей, сокращение болевого периода, уменьшение зоны ишемии миокарда, стабилизация гемодинамики и показателей метаболизма, улучшение нейропсихического состояния.

Одним из важных и особо значимых свойств ксенона, помимо всех его лечебных положительных качеств, является его экологическая безопасность в отличие от закиси азота и галогеносодержащих соединений.

По своим фармакологическим свойствам ксенон имеет явные преимущества перед другими анестетиками. И возможно в будущем он будет применяться еще больше в различных направлениях медицины.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.

2. Фролов С.В., Макоев С.Н., Семенова С.В., Фареев С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information model of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
6. Фролова Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58). С.139-145.

**Филатов М.В.**

## ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ХИРУРГИИ

*Тамбовский государственный технический университет  
filatoffmax1998@mail.ru*

Для выполнения каждого хирургического действия нужны соответствующие инструменты, являющиеся непосредственным продолжением руки хирурга.

Хирургические инструменты можно разделить на инструменты общего назначения и специальные инструменты. Примеры наборов специальных инструментов приводятся в специальных руководствах по оперативной хирургии. Инструменты общего назначения должен знать врач любой специальности и уметь ими пользоваться.

Инструменты общего назначения в хирургии:

1. Для разъединения тканей: скальпели, ножи, ножницы, пилы, долота, остеотомы, кусачки и др. К режущим инструментам относятся также резекционные ножи, применяемые для разрезания плотных сухожильных тканей вблизи суставов.
2. Вспомогательные инструменты расширяющие, фиксирующие, пинцеты анатомические и хирургические; тупые и острые крючки; зонды; большие расширители раны и др.
3. Кровоостанавливающие: зажимы (типа Кохера, Бильрота, Холстеда, «Москит» и др.) и лигатурные иглы Дешана.
4. Инструменты для соединения тканей: иглодержатели разных систем с колющими и режущими иглами.

Число моделей хирургических инструментов в настоящее время достигает нескольких тысяч.

Большое значение для развития традиционной хирургии имеет качество инструментов. Как и всё в медицине, хирургический инвентарь постепенно развивается и совершенствуется – становится более удобным в применении, функциональным, надежным, безопасным. Улучшается всё – от формы конструкции и расположения рукоятки до качества заточки и герметичности упаковки.

Обязательным требованием к инструментам является их абсолютная безопасность для здоровья пациента. Непосредственно взаимодействуя с живыми тканями организма, они должны подвергаться регулярной стерилизации. Поэтому предпочтение при изготовлении изделий хирургического назначения отдается хромированной или никелированной нержавеющей стали, латуни и сплавам титана – гигиеничным и долговечным материалам, выдерживающим высокие температуры и устойчивым к коррозии и действию дезинфицирующих препаратов.

Огромные перспективы у рентгеноэндоваскулярной хирургии [1-4]. Уже сейчас ей подвластны восстановление проходимости артерий и вен, лечение пороков сердца, портальной гипертензии и аневризм, остановка кровотечений, предотвращение лёгочной эмболии и многое другое. В рентгеноэндоваскулярную хирургию пришли и активно используются лазеры. Возможности и доля эндоваскулярных вмешательств, выполняемых «без разреза и наркоза», в будущем значительно возрастут.

Из сферы научной фантастики в область экспериментального исполнения уже переместилась так называемая интеллектуальная хирургия, в основе которой лежит применение роботов, микроботов и телеоперационных систем. Это обеспечивает возможность дистанционного выполнения самых различных операций через минимальный оперативный доступ. Хирургическое вмешательство прецизионно выполняется микроботом, управляемым хирургом с помощью телеоперационной системы, которая формирует компьютерное трёхмерное изображение, позволяющее врачу ощущать себя внутри грудной или брюшной полости. Многие операции с использованием робототехники уже успешно сделаны в кардиохирургии, ортопедии, урологии.

При этом широчайшее расширение технологических возможностей столь же значимо повышает значение интеллекта, знаний и опыта хирурга.

### **Библиографический список**

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения// Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.

**Фролов С.В., Коробов А.А., Алиев Н.Э., Коновалова К.Н.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: sergej.frolov@gmail.com, korobov1991@mail.ru, naric\_92@mail.ru,  
aksinya.konovalova@yandex.ru)*

Моделирование сердечно-сосудистой системы человека – важнейший этап диагностики состояния пациента. Вместе с тем, встаёт вопрос об адекватности применяемых сегодня моделей, поскольку при их создании часто наблюдается отсутствие систематического подхода к показателям свойств сердечно-сосудистой системы и чрезмерное упрощение существующих закономерностей кровообращения [1].

Для описания модели кровообращения нужно иметь представление о клинико-физиологической системе показателей кровообращения, которые соответствуют современному мониторинговому контролю, отражающих системно связанные физиологические процессы [2, 3].

Наиболее существенный недостаток обычно используемого контроля – отсутствие системности в отборе показателей. В таблице 1 обозначены функции сердечно-сосудистой системы:

Таблица 1 — Показатели функций сердечно-сосудистой системы

| Показатели функций                            | Обозначение |
|-----------------------------------------------|-------------|
| Сердечный индекс                              | СИ          |
| Частота сердечных сокращений                  | ЧСС         |
| Артериальное давление среднее                 | АД          |
| Артериальное давление систолическое           | АДС         |
| Артериальное давление диастолическое          | АДД         |
| Легочное артериальное давление среднее        | ЛАД         |
| Легочное артериальное давление систолическое  | ЛАДС        |
| Легочное артериальное давление диастолическое | ЛАДД        |
| Венозное давление среднее                     | ВД          |
| Легочное венозное давление среднее            | ЛВД         |
| Левопредсердное давление                      | ЛПД         |

Вышеперечисленные показатели, характеризующие сердечно-сосудистую систему, контролируются с помощью мониторов – ЭКГ, например, отражает процесс возбуждения, сокращения и расслабления мышечных полостей и сердца в целом, на основе чего определяются длительности и соотношения фаз работы сердца.

Показатели свойств (табл. 2) кровообращения существенно более вариабельны, чем показатели функций. Их величины определяются физическими законами:

Таблица 2 — Показатели свойства сердечно-сосудистой системы

| Показатели свойств                      | Обозначение |
|-----------------------------------------|-------------|
| Насосный коэффициент левого желудочка   | КЛ          |
| Насосный коэффициент правого желудочка  | КП          |
| Общее периферическое сопротивление      | ОПС         |
| Общее легочное сосудистое сопротивление | ОЛС         |
| Эластичность артерий                    | ЭА          |
| Эластичность вен                        | ЭВ          |
| Эластичность легочных артерий           | ЭЛА         |
| Эластичность легочных вен               | ЭЛВ         |
| Объем циркулирующей крови               | ОЦК         |

Показатели функций и свойств сердечно-сосудистой системы взаимосвязаны и представляют собой основу модели, необходимой для адекватной оценки состояния пациента.

#### Библиографический список

1. Фролов С.В. Модель сердечно-сосудистой системы, ориентированная на современную интенсивную терапию / С.В. Фролов [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 892–902.
2. Лишук В.А. Система закономерностей кровообращения / В.А. Лишук // Клиническая физиология кровообращения. – 2005. – № 4. – С. 14–24.
3. Фролов С.В., Синдеев С.В., Коробов А.А., Лишук В.А., Liepsch D., Balasso A. Разработка многоуровневой модели гемодинамики для исследования генеза церебральных аневризм // Шестая Международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» САИТ – 2015 (15 – 20 июня 2015 г., г. Светлогорск, Россия): Труды конференции. – Т.2 – М.: ИСА РАН, 2015. С. 139 – 143.

Чан Чонг Хыу

#### АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ  
(tronghuiu@mail.ru)

В настоящее время для фильтрации биомедицинских сигналов широкое применение получает вейвлет-преобразование. Целью настоящей работы является повышение эффективности фильтрации ЭКС на основе алгоритма дискретного вейвлет-преобразования (ДВП).

При пакетном расщеплении сигнала с использованием вейвлет-фильтров  $G$  и  $H$  длиной  $L$  на  $j$ -уровни разложения от каждого предыдущего сигнала  $S_{j-1}(t)$  получаются два сигнала аппроксимации  $C_{S,j}(t)$  и детализации  $D_{S,j}(t)$  по формуле:

$$C_{S,j}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=0}^{L-1} S_{j-1}(t-i) * H(i);$$

$$D_{S,j}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=0}^{L-1} S_{j-1}(t-i) * G(i);$$

Синтезируемый сигнал  $S_{j-1}(t)$  получаем как сумму отфильтрованных сигналов  $S'_{j-1}(t)$  и  $S''_{j-1}(t)$  от  $H'$  и  $G'$  фильтров при обратном вейвлет-преобразовании на  $j-1$  разложении.

$$S'_{j-1}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=0}^{L-1} C_{S,j}(t-i) * H'(i);$$

$$S''_{j-1}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{i=0}^{L-1} D_{S,j}(t-i) * G'(i);$$

Эффективность фильтрации ЭКС оценивается на основе вейвлет-анализа с использованием алгоритма нерекурсивного фильтра. Нерекурсивный фильтр может преобразовывать сигналы в определенном частотном диапазоне и способен выдавать результаты фильтрации в зависимости от типа и длины фильтра. Метод фильтрации, основанный на вейвлет - анализе, позволяет одновременно фильтровать сигналы в частотном диапазоне в зависимости от центральной частоты материнского вейвлета и удалять белый шум из исходного сигнала. В данной работе предложен алгоритм фильтрации ЭКС на основе ДВП на первом уровне (рис. 1). При разложении сигнала  $Y(t)$ , зашумленного от исходного сигнала  $S(t)$ , с помощью ДВП получены сигнал аппроксимации  $C(t)$  и сигнал детализации  $D(t)$ . Следующий этап заключается в фильтрации помех в частотном диапазоне КИХ-фильтром оконного сглаживания Хэмминга с порядком 30 на оба сигнала  $C(t)$ ,  $D(t)$  и удалении белого шума на основе ДВП с использованием мягкого трешолдинга с определением порогового значения детализации сигнала на ветвях SQR-LOG методом. Выходной сигнал  $F(t)$  вычисляется путем суммирования сигналов, полученных при реализации обратного вейвлет-преобразования от  $C'(t)$  и  $D'(t)$ .

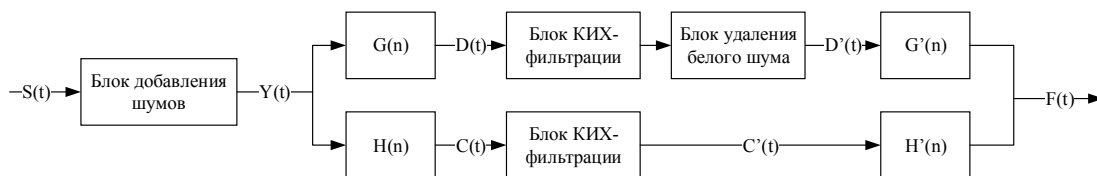


Рис. 1. Предложенный алгоритм фильтрации ЭКС

Для оценки эффективности фильтрации сравниваются результаты с использованием предложенного алгоритма и алгоритма фильтрации (без использования КИХ фильтра) на основе мягкого трешолдинга с определением пороговых значений методом SQR-LOG. Проанализированы фрагменты ЭКС длиной каждой записи более часа в базе данных MIT-BIH полисомнографии из открытого доступа Physionet. При сравнении результатов получено, что применение предложенного алгоритма увеличивает отношение сигнал/шум больше и уменьшает среднюю квадратическую ошибку меньше по сравнению с базовым алгоритмом.

Результаты исследования эффективности фильтрации на основе вейвлет-преобразования приводят к следующим выводам:

1. При применении предложенного алгоритма ЭКС фильтруется на глубоком уровне, и отфильтрованный сигнал ближе к исходному сигналу, чем при применении стандартного алгоритма;
2. Предложенный алгоритм обеспечивает фильтрацию сигнала с высокой точностью в заданной полосе пропускания в соответствии с требованиями решаемой задачи;
3. Результаты фильтрации с использованием предложенного алгоритма обеспечивают высокую эффективность для обработки и анализа ЭКС в реальном времени.

**Чан Чонг Хыу**

## АЛГОРИТМ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ  
(tronghuu@mail.ru)

В настоящее время обработка ЭКС в реальном масштабе времени становится актуальной для широкого класса задач мониторинга состояния здоровья пациента. Целью работы является разработка алгоритма непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) ЭКС в реальном времени.

Алгоритм вычисления прямого непрерывного быстрого вейвлет-преобразования реализуется следующим образом [1]. Два ряда коэффициентов  $a_i$  и  $b_i$  от исходного сигнала  $S(t)$  длиной N-отсчетов, а также два ряда коэффициентов  $a_2$  и  $b_2$  от вейвлета  $\psi(t)$  длиной L-отсчетов рассчитываются алгоритмом быстро преобразования Фурье.

$$a_1(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S(t) * \cos\left(\frac{2 * \pi i * t * k}{N}\right);$$

$$b_1(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S(t) * \sin\left(\frac{2 * \pi i * t * k}{N}\right);$$

$$a_2(t) = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} \psi(t) * \cos\left(\frac{2 * \pi i * t * k}{L}\right);$$

$$b_2(t) = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} \psi(t) * \sin\left(\frac{2 * \pi i * t * k}{L}\right);$$

При использовании нечетного Гауссового вейвлета первого порядка  $\psi(t) = -t * e^{(-t^2/2)}$ , комплексно сопряженные спектры  $c_1$  и  $c_2$  можно получить по формулам  $c_1(t) = b_1(t) * b_2(t)$ ;  $c_2(t) = -a_1(t) * b_2(t)$ . В результате, из комплексно сопряженного спектра  $c_1$  и  $c_2$  получаем вейвлет-спектр  $W$  в виде комплексного числа по формуле:

$$W(t) = \sum_{k=0}^{N-1} (c_1 + i c_2) e^{(i \frac{2 * \pi i * (N+1-t) * k}{N})};$$

Полученные вейвлет-спектры зависят от длины исходного сигнала, длины и вида материнского вейвлета. Для улучшения результатов преобразования при обработке ЭКС предлагаем преобразовать фрагмент сигнала при отношении его длины к длине материнского вейвлета равному 5. Для удаления краевых эффектов преобразования предлагаем алгоритм (рис. 1), основанный на выше указанном НВП ЭКС. Используются две матрицы данных, содержащие фрагменты входного сигнала. Матрица X1 дополняется до длины N отсчетов. Матрица X2 дополняется фрагментом от отсчета  $(p+1)N-2(p+1)L$  до  $(p+1)N-2pL$ . Когда матрица X1 дополняется, вейвлет-коэффициенты W1 получаются в виде сопряжённого числа при проведении НВП X1. Каждый раз в цикле преобразования X1 заменяется на X2, а X2 возвращает в пустое состояние. Окончательные вейвлет-коэффициенты W получаем с учетом удаления краевых фрагментов длиной L от каждого фрагмента W1.

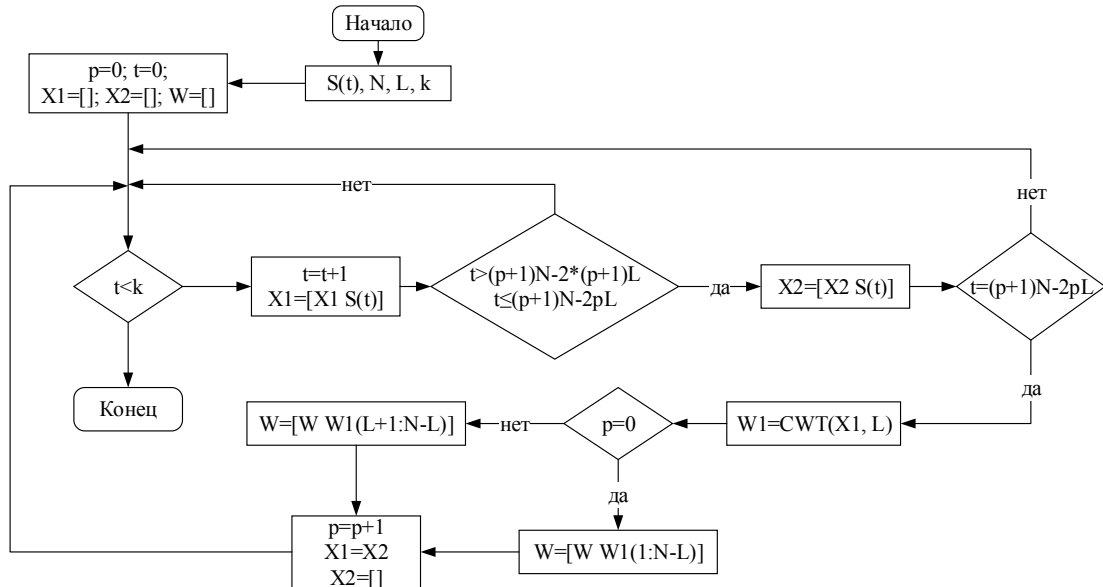


Рис. 1. Алгоритм НВП без краевых эффектов при непрерывном поступлении данных

Предложенный алгоритм оказывается эффективным при решении различных задач обработки биомедицинских сигналов. Обсуждаются вопросы применения предложенного алгоритма в задаче обнаружения R-зубца ЭКС [2].

### ***Библиографический список***

1. Семенов В.И. Разработка и моделирование алгоритмов быстрого непрерывного вейвлет-преобразования с применением к обработке речевых сигналов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ульяновск – 2012г.
2. Чан Чонг Хыу Алгоритм диагностики обструктивного апноэ по электрокардиосигналу//Сборник трудов конф. «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016», Суздаль - 2016г. С. 151-155.

***Черешнев В.О.***

### **ЭНДОСКОПИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(vitaliy-cha1999@yandex.ru)*

Эндоскопия — это осмотр некоторых внутренних органов с помощью эндоскопа. Медицинские эндоскопы давно используются в медицинских целях для обследования и лечения полых внутренних органов человека (пищевод, желудок и двенадцатиперстная кишка, бронхи, мочеиспускательный канал, мочевого пузыря, женские половые органы, почки, органы слуха), а также некоторых других полостей тела.

Эндоскопы вводят в человека через естественные отверстия тела (например, при гастро-, бронхо-, ректо-, гистеро-, цистоскопии) или с помощью операционных разрезов (например, при лапароскопии или медиастиноскопии).

Наука о методах исследования внутренних полостей человеческого тела с помощью эндоскопа называется эндоскопией. Медицинские эндоскопы применяются в гастроэнтерологии (гастроскопы и др.), хирургии (лапароскопы и др.), пульмонологии (бронхоскопы), оториноларингологии (синускопы и др.), урологии (цистуретроскопы и др.), гинекологии (гистероскопы), проктологии (ректоскопы и др.), травматологии (артроскопы), нейрохирургии, при хирургическом лечении некоторых сосудистых заболеваний и др.

На сегодняшний момент нельзя себе представить поликлиники без эндоскопического оборудования [1-5]. Эндоскопические исследования, существовавшие сначала как диагностический метод, очень скоро превратились в лечебно-оперативные, нередко соперничая с полостными операциями.

Точная диагностика — основа медицины. Сегодня ежегодно открывается много новейших центров, применяющих актуальные версии оборудования для наиболее быстрого, точного комфортабельного обследования клиентов. Простота использования, компактность, а также высокое качество визуализации и присутствие всех необходимых инструментов для проведения исследования — преимущества, обеспечивающие эндоскопическим системам очень высокий спрос в современных диагностических центрах.

В настоящее время большинство лечебных учреждений оснащено современной дорогостоящей эндоскопической аппаратурой, и не использовать ее — большая ошибка.

Диагностическое эндоскопическое исследование позволяет установить диагноз, верифицировать его морфологически, оценить распространенность процесса и выработать оптимальную лечебную тактику. Благодаря постоянному усовершенствованию эндоскопической аппаратуры и подсобного эндоскопического инструментария, а также разработке и внедрению новых способов лечения, многие заболевания можно лечить через эндоскоп.

В заключение, хотелось бы подчеркнуть, что будущее эндоскопических систем — повышение возможностей диагностической эндоскопии за счет улучшения эндоскопических устройств с увеличением изображения в 10 и более раз, расширение показаний к раннему применению лечебно-оперативных эндоскопических способов для избежания осложнений и в целях уменьшения количества открытых оперативных вмешательств.

### ***Библиографический список***

1. Фролов С.В., Фролова М.С., Потлов А.Ю., Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – №3. – С.35-45.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.

4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

**Чипунгу М.Г.**

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

*Тамбовский государственный технический университет  
manzwei44@gmail.com*

Современная электроэнергетика имеет немало проблем, они обусловлены высокой стоимостью топлива, негативным влиянием на экологию и т.д..

Так, например, гидроэнергетические технологии имеют много преимуществ, но есть и существенные недостатки. Наклад, дождливые сезоны, низкие водные ресурсы во время засухи могут серьезно влиять на количество произведенной энергии. Это может стать серьезной проблемой там, где гидроэнергия составляет значительную часть в энергетическом комплексе страны, строительство плотин является причиной многих проблем: переселение жителей, пересыхание природных русел рек, заиливание водохранилищ, водных споров между соседними странами, значительной стоимости этих проектов. Строительство ГЭС на равнинных реках приводит к затоплению больших территорий. Значительная часть площади водоемов, образующихся — мелководье. В летнее время за счет солнечной радиации в них активно развивается водная растительность, происходит так называемое «цветение» воды.

Изменение уровня воды, местами доходит до полного высушивания, приводит к гибели растительности. Плотины препятствуют миграции рыб. Многокаскадные ГЭС уже сейчас превратили реки в ряд озер, где возникают болота. В этих реках погибает рыба, а вокруг них меняется микроклимат, еще больше разрушая природные экосистемы. Возобновляемые источники (кроме энергии воды) имеют общие недостатки:

1. Энергия очень слабо сконцентрирована, что создает немалые трудности для практического использования.
2. Стоимость возобновляемых источников (без учета ГЭС) гораздо выше, чем традиционных.

Как солнечная, так и ветровая и другие виды энергии, могут успешно использоваться для выработки электроэнергии в диапазоне мощностей от нескольких киловатт до десятков

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора Е. И. Глинкина*

### **Библиографический список**

1. Анализ работы энергетических блоков мощностью 150...1200 МВт за 2000 г. М.: СПО ОРГРЭС, 2001. Виленский П.П., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 2001. 832с.
2. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: Учеб. пособие. --- 2-е изд. М.: Изд-во «Дело и Сервис», 2002. 160 с.
3. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Молодюк В.В. Рынок электрической энергии в России: состояние и проблемы развития: Учеб. пособие / Под ред.

**Чипунгу М.Г., Дубровин В.В.**

## МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

*Тамбовский государственный технический университет  
(manzwei44@gmail.com, dubrowin.tgtu@yandex.ru)*

Основной задачей современной медицинской диагностики является выявление заболеваний на ранних стадиях их развития. В задачах совершенствования медицинского обслуживания населения диагностика и лечение заболеваний, относящихся к сердечно-сосудистой системе, в настоящее время занимает одно из ведущих мест.



В связи с этим наметилась тенденция расширения исследований по разработке методов и средств, способствующих раннему выявлению патологических процессов, связанных с указанными заболеваниями. К числу таких методов относится метод исследования электрической активности сердца - электрокардиография.

Сигнал электрокардиограмм (ЭКГ) является важным сигналом среди всех биоэлектрических сигналов. Его можно записать по волновому прохождению процессов деполяризации и реполяризации в сердце. В симптоматике сердечных заболеваний, диагностируемых по кардиограмме, выделяют несколько отдельных классов, например, аритмии, инфаркты, гипертрофии отделов сердца и другие.

В данной работе предлагается распознавание отклонений от нормы ЭКГ на основе искусственной нейронной сети. Задача распознавания отклонений от нормы является задачей распознавания образов. Применение искусственной нейронной сети в качестве классификатора обусловлено ее способностью к обработке нечетких и сложных исходных данных и их классификации. Еще одно положительное качество НС – это обнаружение характерных свойств исследуемых объектов, сложных для их классификации людьми или же некоторыми машинными средствами. Именно поэтому НС являются одними из самых эффективных методов классификации образов.

Модель искусственной нейронной сети представлена на рис.1. Она состоит из одного входного слоя, скрытого слоя и одного выходного слоя. Входной сигнал формируется из набора вейвлет-коэффициентов  $C_{a,b}$ , полученных в результате вейвлет-преобразования кардиосигнала, где  $a$  – определяет частоту вейвлет сигнала, а  $b$  – время сдвига. Выходной сигнал является признаком классификации сердечных заболеваний: норма, аритмия, инфаркт и гипертрофия.

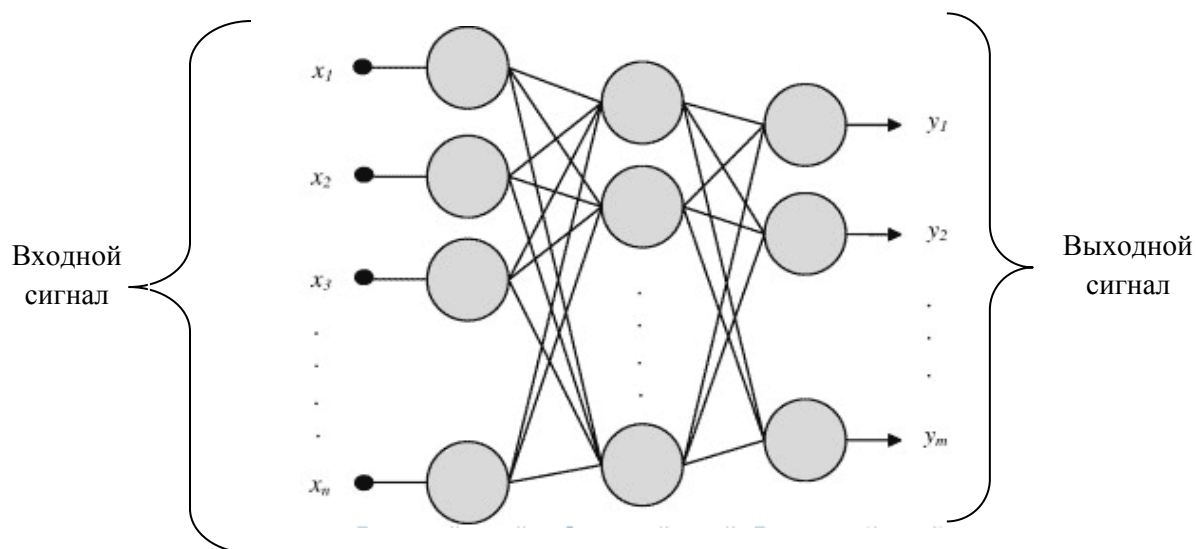


Рис. 1. Модель нейронной сети

Число элементов в скрытом слое определяется по формуле Арнольда-Колмогорова - Хехт-Нельсона:

$$mq/(1+\log_2(q)) \leq w \leq m(q/n + 1)(n+m+1)+m, \quad (1)$$

где  $m=4$  – размерность выходного сигнала,  $q=32$  – число элементов множества обучающих примеров,  $w$  – необходимое число синаптических связей,  $n=2^a$  – размерность входного сигнала. Сделав необходимые вычисления, можно заключить, что число синаптических связей  $w$  зависит от  $a$  и находится в диапазоне:  $22 \leq w \leq 4((2^{5-a} + 1)(2^a + 5) + 4)$ .

Опытным путем было установлено, что в качестве активационной функции нейронов скрытого слоя необходимо взять сигмоидальную функцию.

### Библиографический список

1. Дубровин В.В., Рязанов И.С., Голубятников О.О. Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей. Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27. 2014. №3 (62). С. 131-132.

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(and.chuksin2011@yandex.ru, frolova2000@gmail.com)*

Современные методы рентгенологических исследований классифицируются, прежде всего, по типу аппаратной визуализации рентгеновских проекционных изображений. То есть основные виды рентгенодиагностики дифференцируются тем, что каждый построен на использовании одного из нескольких существующих типов приемников рентгеновского излучения: рентгеновская пленка, флюоресцирующий экран, электронно-оптический рентгеновский преобразователь, цифровой детектор и др.

В современной рентгенологии существуют общие методы исследования и специальные или вспомогательные. Практическое применение этих методов возможно лишь с использованием рентген аппаратов. К общим методам относятся: рентгенография, рентгеноскопия, телерентгенография, цифровая рентгенография, флюорография, линейная томография, контрастная рентгенография.

Специальные исследования включают обширную группу методов, позволяющих решать самые разнообразные диагностические задачи, и бывают инвазивные и неинвазивные. Инвазивные связаны с введением в различные полости (пищеварительный канал, сосуды) инструментов (рентгеноконтрастных катетеров, эндоскопов) для проведения диагностических процедур под контролем рентгеновского излучения. Неинвазивные методы не связаны с введением инструментов.

Метод рентгенографии – это получение фиксированных изображений какого-либо объекта в спектре рентгеновского излучения на чувствительном к нему материале (рентгеновская фотопленка, цифровой детектор) по принципу обратного негатива. Преимуществом метода является небольшая лучевая нагрузка, высокое качество изображения с четкой детализацией. Недостатком рентгенографии является невозможность наблюдения динамических процессов и долгий период обработки (в случае с пленочной рентгенографией). Для изучения динамических процессов существует способ покадровой фиксации изображения – рентгеновская кинематография.

Метод рентгеноскопии – это получение рентгеновского изображения на флюоресцирующем (люминесцентном) экране по принципу прямого негатива. Позволяет изучать динамические процессы в реальном времени, оптимизировать положение пациента по отношению к рентгеновскому пучку при исследовании. Рентгеноскопия позволяет оценить как структуру органа, так и его функциональное состояние: сократимость или растяжимость, смещаемость, наполняемость контрастным веществом и его прохождение. Многопроекционность метода позволяет быстро и точно выявить локализацию существующих изменений.

Телерентгеноскопия – это исследование, использующее преобразование рентгеновского изображения в телесигнал с помощью электронно-оптического преобразователя или усилителя (ЭОП). Позитивное рентгеновское изображение воспроизводится на телемониторе. Преимущество методики в том, что она существенно снижает недостатки обычной рентгеноскопии: снижается лучевая нагрузка на пациента и персонал, можно управлять качеством изображения (контрастность, яркость, высокое разрешение, возможность увеличения изображения), процедура проводится в светлом помещении.

Метод флюорографии основан на фотографировании полномерного теневого рентгеновского изображения с флуоресцентного экрана на фотопленку. В зависимости от формата пленки аналоговая флюорография бывает мелко-, средне- и крупнокадровая (100x100 мм). Используется для массовых профилактических исследований, в основном органов грудной клетки. В современной медицине используется более информативная крупнокадровая флюорография или цифровая флюорография.

### ***Библиографический список***

1. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 3 (53). – С. 68-80.
2. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
3. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.

## ЭКОМОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОСРЕДСТВОМ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ БИОТЕСТОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ХЕМОТАКСИСА ИНФУЗОРИЙ

*Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения.*

*Южный федеральный университет*

*(lampochka3d@rambler.ru)*

В настоящее время на гидросферу оказывается колоссальное антропогенное воздействие, последствия которого необходимо контролировать. Эффективность проведения экологического мониторинга гидросферы и достоверность получаемых результатов зависят от используемых методов оценки состояния воды.

Для оперативного определения качества водных проб в частности применяют метод биотестирования, который позволяет получить интегральный показатель токсичности воды. Рассмотрим структурную схему фотометрической биотестовой системы (рис.1), использующей в качестве тест-объектов инфузории-туфельки. В оптическую кювету помещается 2 мл одноклеточных организмов, далее наслаивается исследуемая жидкость. Регистрируя хемотаксис инфузорий, т.е. количество тест-объектов вошедших в анализируемую пробу воды, можно судить о степени ее токсичности.

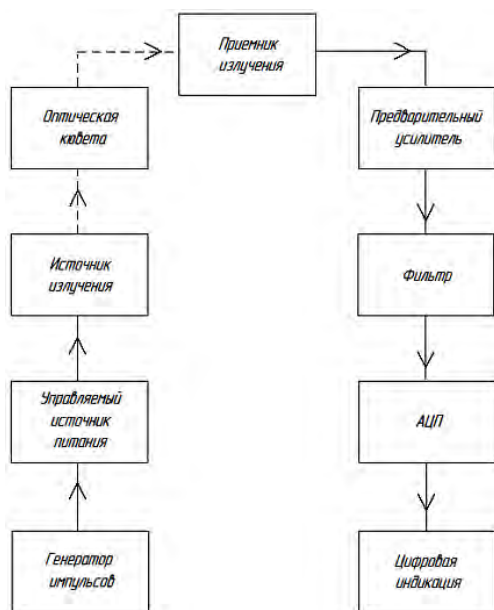


Рис.1 Структурная схема биотестовой системы экспресс-анализа токсичности воды.

Источник, приемник излучения и оптическая кювета представляют собой измерительную ячейку биотестера (рис. 2). Она позволяет регистрировать интенсивность прошедшего излучения через контрольную (заведомо чистую) и анализируемую пробы. Далее высчитывается индекс токсичности.

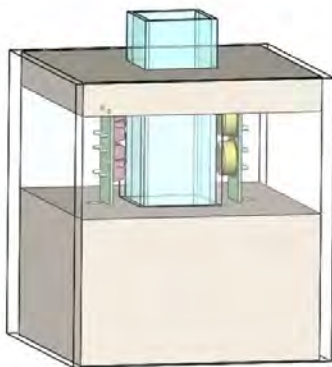


Рис. 2 3D-модель конструкции измерительной ячейки биотестера.

Данная конструкция измерительного блока биотестовой системы может позволить создавать столы для биотестирования воды, что увеличит производительность экспериментов. Достоверность результатов исследования велика, так как состояние организма напрямую зависит от среды его обитания.

По результатам биотестирования можно судить об экологическом состоянии гидросферы, так как мы получаем интегральную, то есть суммарную оценку загрязнения воды. Для определения концентрации конкретных поллютантов используются другие методы, например, химический анализ. Однако преимуществом биотестирования в экомониторинге является его экспрессность и достоверность результатов.

### **Библиографический список**

1. Вишневецкий В.Ю. Возможности аппаратурной реализации биотестера для определения токсичности водной среды [Текст] / В.Ю. Вишневецкий, Н.Г. Булавкова // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. - № 9 – С. 113-117.
2. Шавшина А.В., Вишневецкий В.Ю. Методы биомониторинга. Биотестирование токсичности вод при помощи приборов серии «Биотест» [Текст] / А.В. Шавшина, В.Ю. Вишневецкий // Экология, проблемы приморских территорий: сб. трудов. – Таганрог, 2015. – С. 207-210.

**Швырева К. Е., Суслова Ю.В., Глинкин Е.И.**

### **ОЦЕНКА СИСТОЛИЧЕСКОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ КРИТЕРИЮ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(aksyutka.shvyreva@mail.ru, popova21.04@mail.ru)*

Современная медицинская диагностика позволяет выявить многие заболевания на ранних стадиях, когда их можно вылечить в кратчайшие сроки. Как следствие, объективная диагностика, позволяет свести к минимуму использование фармацевтических препаратов, а значит, на организм будет оказано минимум неблагоприятного влияния. Однако оценка объективности полученных при диагностике параметров на сегодняшний день остается одной из наиболее актуальных задач.

Известен способ функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы [1], основанный на тахоэсциллографическом исследовании и регистрации минимального, среднего и максимального артериального давления до и после физической нагрузки пациента с последующим определением коэффициента компенсации-декомпенсации, по которому судят о перенапряжении сердечно-сосудистой системы. Недостатком данного способа является низкая метрологическая эффективность, обусловленная невысокой объективностью из-за малого числа критериев оценки состояния сердечно-сосудистой системы, определяемых по ненормируемым мерам.

Предположим, есть группа пациентов с известными показателями систолического артериального давления (САД) (табл.1).

Таблица 1. Показатели систолического артериального давления

| Пациенты, №     | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|-----------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| САД, мм рт. ст. | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 |

Для оценки объективности и, как следствие, точности полученных данных воспользуемся мультипликативной симметричной мерой  $Q$ , которую целесообразно представить отношением произведения показателей систолического артериального давления группы пациентов к оптимальному эквиваленту, представленному средним арифметическим в  $n$ -ной степени [2,3].

Значения  $Q$  для двух показателей приведены в табл. 2.

Таблица 2. Значения  $Q$  для двух показателей.

| Значения показателя | 80   | 85   | 90   | 95   | 100  | 105  | 110 | 115  | 120  | 125  | 130  | 135  | 140  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| $Q$ , %             | 92,6 | 94,8 | 96,7 | 98,1 | 99,2 | 99,8 | 1   | 99,8 | 99,2 | 98,1 | 96,7 | 94,8 | 92,6 |
| $\varepsilon$ , %   | 7,4  | 5,2  | 3,3  | 1,9  | 0,8  | 0,2  | 0   | 0,2  | 0,8  | 1,9  | 3,3  | 5,2  | 7,4  |

В рассмотренном случае  $Q$  показывает достоверность измерений по отношению к эквиваленту. Рассмотрим, как изменяется  $Q$  в зависимости от числа показателей. В табл. 3 представлены значения  $Q$  для диапазонов из 3, 5, 7, 9, 11 и 13 показателей, взятых симметрично относительно значения САД = 110 мм рт. ст.

Таблица 3. Динамика  $Q$  в зависимости от диапазона.

| Диапазон          | 3     | 5     | 7     | 9     | 11   | 13    |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| $Q$ , %           | 99,79 | 98,97 | 97,13 | 93,92 | 89,1 | 82,44 |
| $\varepsilon$ , % | 0,21  | 1,03  | 2,87  | 6,08  | 10,9 | 17,56 |

Из оценки систолического артериального давления по оптимальному критерию получены следующие выводы:

1. При смещении диапазона в среднюю область – точность увеличивается, а погрешность снижается;
2. При сдвиге диапазона в граничные области – точность уменьшается, а погрешность растет;
3. При увеличении числа переменных: точность – уменьшается, а погрешность, диапазон и дисперсия – растут;
4. При увеличении разброса: погрешность растет, а точность и уровень здоровья – снижаются;
5. Чем степень болезни выше, тем дрейф, дисперсия, разброс возрастают, а точность и эффективность – падают;
6. У здоровых пациентов: дрейф, дисперсия, разброс – минимальны, а точность и эффективность – максимальны.

### **Библиографический список**

1. Пат. 2482787 (РФ), кл. А 61В 5/02. Способ функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы / Е.Я. Гаткин, А.М. Сударев, А.Я. Грабовщинер и др. // Открытия, изобрет. – 2013, № 15.
2. Чичёв С.И., Калинин В.Ф., Глинкин Е.И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий. – М.: Спектр, 2014, – 228 с.
3. Глинкин Е.И. Оптимальные меры оценки эффективности // Вестник тамбовского университета. – Тамбов: ТГУ, 2014, Т. 19, вып.6, – С. 1863 – 1869.

**Шихкайбова Ю.Э., Швырева К.Е., Потлов А.Ю.**

### **УСТРОЙСТВА КОРРЕКЦИИ РЕЧИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(yshikhkaibova@mail.ru, aksyutka.shvyreva@mail.ru)*

Заикание – это нарушение речи, которое характеризуется: частым повторением или пролонгацией звуков, слогов, слов; частыми остановками или нерешительностью в речи, разрывающей её ритмическое течение. Заиканием страдает приблизительно 1% населения планеты, т.е. порядка 75 миллионов человек. С каждым годом это число увеличивается. Существует достаточно много методик для лечения заиканий, наиболее известные из них: использование лекарственных препаратов, иглоукалывание, специальные антизаикательные устройства и компьютерные программы.

Для помощи людям с дефектами речи используются устройства коррекции речи. Это либо портативные индивидуальные приборы для домашнего пользования, либо устройства для занятий со специалистом. В настоящее время широко распространены четыре основных группы таких приборов:

1) Приборы с эффектом «ЭХО». В простейшем случае пациенту воспроизводят его собственную речь с небольшой задержкой. Пациенту эта речь позволяет контролировать себя, говорить медленнее и вдумчивее. Современные приборы коррекции речи, работающие по этому принципу, содержат: звукозаписывающие устройства для записи речи, наушники и блок регулируемой задержки звукового сигнала.

2) Метрономы. В простейшем случае на слух пациента воздействуют периодическими звуками похожими на колебания маятника. Метроном приучает пациента говорить размеренно, спокойно, контролируя дыхание. Современные приборы, построенные по этому принципу, генерируют периодические сигналы и с помощью наушника воздействуют ими на слух пациента.

3) Устройства заглушающие речь. В простейшем случае на слух пациента воздействуют случайным шумом. Этот шум делает речь пациента неслышной для него самого и тот вынужден говорить, руководствуясь

лишь физическими ощущениями. Современные приборы, построенные по этому принципу, генерируют подобие белого шума и с помощью наушника или слухового аппарата воздействуют ими на слух пациента.

4) Усилители и цифровые обработчики речи. В простейшем случае речь пациента усиливается с заданным коэффициентом и из-за этого слова становятся отчетливее. Большинство приборов коррекции речи работают именно по этому принципу. Рассмотрим его подробнее.

Пациент произносит в микрофон текст, который записывается, после чего сигнал поступает в наушники, укрепленные на ушах больного и полностью исключаящие восприятие собственной речи. Это выключение слухового контроля способствует снятию напряжений корково-подкорковых центров, регулирующих обратную связь слухового анализатора с центрами речи и выработке более правильного произношения. Специальное устройство между звукозаписывающей и звуковоспроизводящей головками обеспечивает определенное запаздывание воспроизведения текста, который больной воспринимает как «искусственное эхо». В результате запаздывания в подаче записанной речи больного, привычный рефлекс на восприятие заикания речи постепенно угасает, а восприятие более правильной речи вселяет в него уверенность в возможность говорить без заикания. Это способствует выработке новых условных связей в корково-подкорковых центрах, что положительно влияет на речь.

Таким образом, устройства для коррекции речи-разнообразны. Однако имеются возможности для потенциального усовершенствования приборов из всех четырех групп. Например, недостатком многих устройств является то, что они включают в себя недостаточное количество методов воздействия на пациента, а так же механическое исправление речи.

Целью авторских исследований является повышение эффективности и надёжности устройств коррекции заиканий, что в свою очередь приведет к уменьшению сроков лечения заиканий и облегчению социальной адаптации лиц страдающих заиканиями. Тот факт, что на российском рынке устройств коррекции заиканий доминируют отечественные производители, повышает вероятность практического применения результатов проводимых научных исследований.

#### ***Библиографический список***

1. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58).С.139-145.

***Эгамбердыев Р.А.***

#### **РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАРКОЗНО-ДЫХАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(ruslan-196@bk.ru)*

В области искусственной вентиляции легких (ИВЛ) основная тенденция – переход от наиболее часто используемой сейчас управляемой ИВЛ к менее агрессивным методикам. Для них характерны различные сочетания навязываемого пациенту режима с самостоятельным дыханием; при этом аппарат выполняет не всю, а только часть затрачиваемой на вентиляцию работы, причем доля циклов управляемой ИВЛ может сильно варьироваться.

В ИА интенсивно происходит замена традиционных анестетиков новыми, более безопасными для пациента и медицинского персонала. Наряду с фторотаном, все больше распространяются галогеносодержащие жидкие анестетики – энфлуран, изофлуран, севофлуран и дезфлуран. Единственным широко используемым газообразным анестетиком остается закись азота, но ряд исследований, в том числе и отечественных, подтверждают перспективность использования ксенона. Следует отметить и явную тенденцию преобладающего применения реверсивного дыхательного контура с подачей малых количеств кислорода и закиси азота (методика “Low Flow”).

Общая тенденция для аппаратов ИВЛ и ИА – применение неинвазивных способов присоединения аппарата к пациенту – трахеальных трубок, вводимых через нос, или масок, обтурирующих верхние дыхательные пути.

Наиболее яркой общей тенденцией следует считать оснащение аппаратов встроенными и придаваемыми мониторами – устройствами для длительного определения характеристик системы, образованной пациентом и

аппаратом ИВЛ или ИН, а также для сигнализации о выходе значений этих характеристик из установленных пределов и о различных нарушениях работоспособности аппаратуры.

Современные мониторы данного назначения все чаще дополняются контролем показателей кровообращения, а вывод измеряемой информации осуществляется не только в цифровом, но и в графическом виде с возможностью показа ее изменений за длительный промежуток времени (тренд).

Технические решения НДА имеют тенденцию к некоторой унификации. Общей стратегией является переход от пневмомеханических устройств к все усложняющимся методам электронного управления. Можно выделить два основных принципа структуры современных аппаратах ИВЛ. Первый характеризуется применением первично постоянного потока газа, который затем преобразуется малоинерционными электропневматическими преобразователями в нужные для дыхания порции. Однако в некоторых из перспективных режимов вентиляционной поддержки постоянный поток газа (т. н. "Flow By") используется непосредственно. Для реализации вспомогательной ИВЛ с переключением на вдох по изменению потока газа, а также в аппаратах для новорожденных и детей находит применение разновидность такого приема, отличающаяся пропуском постоянного потока газа в фазе выдоха через дыхательный контур.

Основной перспективной тенденцией технических решений аппаратов ИА следует считать внедрение электроники и, особенно, микропроцессорной техники. Уже сейчас она завоевала прочные позиции в блоках ИВЛ, мониторах и некоторые других дополнительных узлах. Поэтому несомненно, что в ближайшем будущем электронное микропроцессорное управление займет прочные позиции и в данном виде НДА.

### ***Библиографический список***

1. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information models of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.
2. М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2015 №4(58). С.139-145.
3. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
4. Фролов С.В., Фролова М.С. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения // Менеджер здравоохранения. – 2013. – №11. – С.50-61.
5. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. –2014. –№ 3 (53). – С. 68-80.

***Юрьева А.Ю.***

### **ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПЕРЕДАЧИ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ**

*Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южного федерального университета, г.Таганрог  
E-mail: Uga\_814@mail.ru*

Равномерное распределение электрических и магнитных полей во всей электрической цепи наблюдается сравнительно редко, например, в длинных линиях. Значительно чаще такое распределение поля является существенно неравномерным.

На катушке индуктивности доминирует магнитное поле. Основными оказываются явления, связанные с изменением магнитного поля. При не очень больших частотах можно пренебречь токами смещения между витками по сравнению с токами проводимости в самой катушке, следовательно, пренебречь емкостью катушки. Если частоты не очень малы, можно пренебречь падением напряжения на катушке по сравнению с индуцируемой ЭДС, т.е. считать равным нулю активное сопротивление катушки. При таких предположениях катушка обладает только индуктивностью  $L \neq 0$ , а значения  $R = 0$  и  $C = 0$ .

Таким образом, будем считать колебательный контур цепью с сосредоточенными параметрами. Токи электрического смещения существуют только между обкладками конденсатора. Здесь сосредоточена вся емкость  $C$  электрической цепи. Переменный магнитный поток индуцирует ЭДС только в катушке. В катушке

сосредоточена вся индуктивность  $L$  электрической цепи, а в резисторе  $R$  сосредоточено все активное сопротивление цепи. Преобразование электромагнитной энергии в тепловую происходит только на резисторе.

Для моделирования необходимо принять следующее условие во избежание появления грубых методических погрешностей: наличие внешнего электромагнитного воздействия со стороны других источников, и между элементами внутри данной цепи отсутствует. Это означает равенство нулю параметра взаимной индукции.

В общем случае вольтамперная характеристика (ВАХ) цепи  $U = RI$ , кулонвольтовая характеристика (зависимость заряда конденсатора от приложенного напряжения  $q = C \times U$ ), веберамперная характеристика (зависимость магнитного потокосцепления от тока  $\Psi = LI$ ) являются нелинейными (рисунок 1, зависимости 1). Однако в ряде случаев нелинейностью можно пренебречь и считать параметры цепи не зависящими от тока и напряжения. В этих случаях графики соответствующих зависимостей определяются прямыми линиями (рисунок 1, зависимости 2). Поэтому будем рассматривать электрическую цепь с линейными элементами.

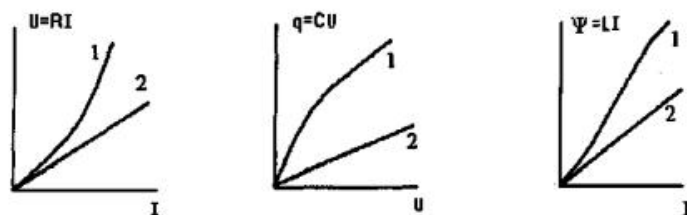


Рис.1. Характеристики катушек

Для описания электрических цепей постоянного тока достаточно линейных алгебраических уравнений. Процессы в цепях переменного тока с линейными элементами описываются линейными алгебраическими дифференциальными уравнениями. Такие цепи называются линейными электрическими цепями. Данное граничное условие необходимо для сокращения коэффициентов нелинейности в беспроводной передаче энергии магнитного поля.

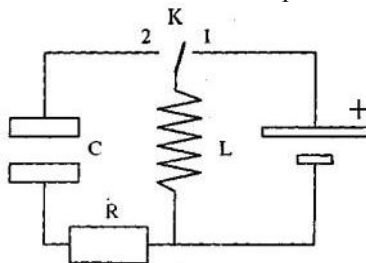


Рис.2. Колебательный контур, эквивалентная катушке цепь

При отсутствии в колебательном контуре источника ЭДС после зарядки конденсатора (рисунок 2, ключ  $K$  в положении 1) и замыкания цепи (ключ  $K$  в положении 2) в контуре возникают свободные электромагнитные колебания. Характер колебательных процессов (периодический, затухающий, аperiodический) определяется соотношением параметров контура  $R$ ,  $L$ ,  $C$ .

#### Библиографический список

1. Кулон Ж.-Л., Сабоннадьер Ж.-К. САПР в электротехнике: Пер. с франц. – М.: Мир, 1998. – 208 с., ил.
2. Гринберг Г. А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. М., 1972.



## СОВРЕМЕННАЯ ЭНДОСКОПИЯ

Тамбовский государственный технический университет  
(anuta.babashkina@yandex.ru)

Развитие эндоскопической техники в последние десятилетия, основанное на применении волоконной оптики, позволило значительно расширить использование малоинвазивных инструментальных методов исследования в медицинской практике. В настоящее время эндоскопия получила достаточно широкое распространение как в диагностике, так и в лечении различных заболеваний. В лечебной практике появилось новое направление - хирургическая эндоскопия, позволяющая добиваться при сохранении лечебного результата выраженного экономического эффекта за счет значительного сокращения сроков госпитализации и затрат на лечение больных.

Преимущества эндоскопических методов обеспечивают быстрое развитие этой службы в Российской Федерации. С появлением эндоскопов появилась возможность распознавать заболевания на начальных стадиях развития. Принципиально изменился подход к хирургическим вмешательствам — сложные операции выполняются малоинвазивным способом, более безопасным в сравнении с традиционной открытой хирургией. Разработаны и активно внедряются компьютерные программы для оценки результатов эндоскопических исследований.

Рассмотрим основные фирмы, осуществляющие поставку аппаратов для эндоскопии и расходных материалов в Российскую Федерацию (рис.1):

Федерацию (рис.1):



Рис. 1 Основные производители эндоскопов

Мировыми лидерами в производстве технических эндоскопов являются Olympus (Япония), Medical Pentax, Karl Storz (Германия). Их отличает широкий ассортимент продукции, высокое качество, опыт работы с крупными промышленными компаниями, оригинальные технические решения. Например, всеракурсная измерительная система на базе видеоэндоскопа Olympus со сменными бинокулярными объективами, модели “С” со встроенными в рукоятку органами управления эндоскопом и LCD-монитором с TFT-матрицей и измерением линейных размеров и глубины дефектов с погрешностью 2-3 %.

Современная эндоскопия в отличие от механизма лечебной эндоскопии основана на показателях оптической интенсивности и длины волны. Это ещё одно фундаментальное свойство света, поляризация может не только распознать структуру ткани, рассеяния и поглощения информации с разных точек зрения, а так же может распознать направление свойств лучепреломления ткани для мониторинга патологических изменений коллагена и эластина. Низкая стоимость поляризиметрического эндоскопа с полем Мюллера с минимальными вмешательствами для жесткого эндоскопа. Новый эндоскопический метод медицинской визуализации, способен обеспечить ряд механизмов контрастного изображения помимо традиционных интенсивного неполяризованного излучения, в

том числе линейной деполяризации, деполяризации дисковой, кросс-поляризации, направленный лучепреломлением и дихроизма. Это улучшает характеристики ткани и дополнительно раскрывает тканевую микро-структуру и состав, который имеет решающее значение для диагностики тканей и визуализации для хирургии. Потенциал применения Мюллера поляриметрического эндоскопа включает широкое поле для выявления раковых заболеваний, хирургического вмешательства, обнаружения на основе ткани мониторинга синтеза, и может в дальнейшем применяться широким спектром эндоскопических исследований через операционное руководство.

### **Библиографический список**

1. Фролова М.С., Фролов С.В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553-561.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Семенова С.В., Фареа С.Г. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем // Вестник ТГТУ. 2010. Т.16. №2. С.266-272.

**Номан Х.М., Авад Амин А.Н., Али Е. А.**

### **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ АНТИСЕПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
\*e-mail: heshammohammed54@yahoo.com*

Применения антисептических полимерных материалов в медицинской и пищевой промышленности указывают множественные эксперименты и исследования. Все они подтверждают тот факт, что изделия ежедневного пользования содержат на себе тысячи всевозможных бактерий, и использование этих предметов способствует активному распространению болезнетворных микроорганизмов. Однако нависшей проблемы можно избежать, если ввести в массовое пользование антисептические полимерные изделия.

В качестве объекта исследований были решено взять следующие полимеры - поливинилхлорид (ПВХ) и поли-3,3-бис(хлорметил) оксетан (ПБАМО). Оба вещества содержат в своём составе хлорметильные группы с активным элементом хлором.

Мы взяли в основу тот факт, что присутствие активного хлора в цепи макромолекулы должно способствовать возникновению антисептических свойств, или же, по крайней мере, не подавлять эти антисептические свойства полимеров.

Также был взят такой антисептик, как **БХМО** (3,3-бис(хлорметил)оксетан).

Технология создания образцов была одинаковой для всех экспериментов.

В качестве примера в таблице 1 приведены результаты оценки чувствительности поли-БХМО и БХМО к *Escherichiacoli*

Таблица 1 - Результаты оценки чувствительности поли-БХМО и БХМО к *Escherichiacoli*

| № опытов | Зона задержки роста, мм |          |           |                     |
|----------|-------------------------|----------|-----------|---------------------|
|          | Контроль*               | БХМО-с** | БХМО-в*** | поли-БХМО (порошок) |
| 1        | 35                      | 9        | 15        | отсутствие          |
| 2        | 37                      | 15       | 10        | отсутствие          |

Таблица 5 - Результаты оценки чувствительности поли-БХМО и БХМО к *Bacilluscereus*

| № опытов | Зона задержки роста, мм |            |           |                     |
|----------|-------------------------|------------|-----------|---------------------|
|          | Контроль*               | БХМО-с**   | БХМО-в*** | поли-БХМО (порошок) |
| 1        | 60                      | отсутствие | 8         | 2                   |
| 2        | 47                      | отсутствие | 16        | отсутствие          |

### **Заключение:**

В качестве основного материала для исследований использованы полимеры ПВХ и поли-БХМО. В качестве антисептических добавок использованы: БХМО, салициловая кислота, спирт, хлоргексидин, дибутилфталат.

Исследования показали, что для дальнейших исследований как наиболее эффективный полимерный антисептический состав рекомендуется полимерная композиция, созданная из поли-БХМО и салициловой кислоты.

*Научный руководитель: профессор И.Х. Гараев*

### **Библиографический список**

1. Чем можно заразиться в общественных местах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lichnorastu.ru/chem-mozhno-zarazitsya-v-obshhestvennyih-mestah/>, свободный
2. Самые загрязненные предметы в общественных местах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eva.ru/health/read-9912.html>, свободный
3. Болезни грязных рук – это серьезно. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.likar.info/bolezni-zheludka-i-pishchevareniya/article-63825-bolezni-gryaznyih-ruk-eto-serezno/>, свободный
4. Что такое антисептик. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://medicalfairway.ru/page\\_stat.php?ids=121&n\\_word=антисептики](http://medicalfairway.ru/page_stat.php?ids=121&n_word=антисептики), свободный

**Кускова Н.А., Проскурин С.Г.**

### **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ ПЛАЗМОДИЯ *PHYSARUM POLYCEPHALUM***

*Тамбовский государственный технический университет  
([nadya.kuskova@yandex.ru](mailto:nadya.kuskova@yandex.ru), [spros@tmab.ru](mailto:spros@tmab.ru))*

Автоколебательные процессы – наиболее существенный признак биологической подвижности. Таким образом, амeboидная подвижность является характерным примером автоколебательной подвижности. Одним из организмов с ярко выраженным амeboидным типом движения является плазмодий *Physarum polycephalum*. Это многоядерная клетка, подвижность протоплазмы в которой представлена фонтанирующим ведущим полюсом протоплазмы и распространяющейся за ним сетью разветвленных трубочек диаметром 200 мкм (тяжей), напоминающих кровеносные сосуды, каждая из которых состоит из малоподвижной гелеобразной эктоплазмы, содержащей в центре жидкую эндоплазму. Для этого организма свойственны постоянные пульсации, обусловленные сократительной активностью актин-миозиновых комплексов, построение и разрушение которых приводит к движению миксомицета, аналогично механизмам движения мышц.

Удобство исследования протоплазмы миксомицета заключается в возможности исследования его *in vivo*. Простые задающие биохимические осцилляторы, ответственные за автоколебательную активность плазмодия, рассредоточены по всему организму *Physarum polycephalum*, однако их число и механизмы взаимосвязи, благодаря которым формируется общий ответ организма, при отсутствии централизованной системы ответной реакции организма, остаются неизвестными.

При помощи метода лазерной доплеровской микроскопии впервые измерена знакопеременная временная зависимость скорости движения протоплазмы миксомицета, соответствующая колебаниям сократительной активности тяжа плазмодия. Принцип работы анеометра основан на регистрации доплеровского сдвига несущей частоты рассеянного сигнала, который зависит от направления и скорости ее движения. Таким образом, регистрируется знакопеременная временная зависимость скорости движения протоплазмы, соответствующая автоколебательной подвижности и сократительной активности тяжа плазмодия.

В работе анализируется спектр временной зависимости скорости автоколебательной подвижности протоплазмы изолированного тяжа плазмодия. Эксперимент проводился при температуре 25 °С. Тяж плазмодия длиной 2 см вместе с питательной подложкой из агар-агара вырезался из целого организма и горизонтально размещался в измерительной кювете. В кювету добавляли буферный раствор солей с содержанием, ммоль:

CaCl<sub>2</sub> – 1; NaCl – 2; KCl – 2; MgCl<sub>2</sub> – 3. Колебания возобновлялись в отрезке через 10...15 мин, после чего производилась их регистрация в течение 10 мин.

Результаты измерений приведены на рис. 1, где представлена временная зависимость скорости движения протоплазмы  $v$  в буферном растворе солей. Полученная временная зависимость была проанализирована при помощи спектрального (Фурье) анализа в математическом пакете MATLAB.

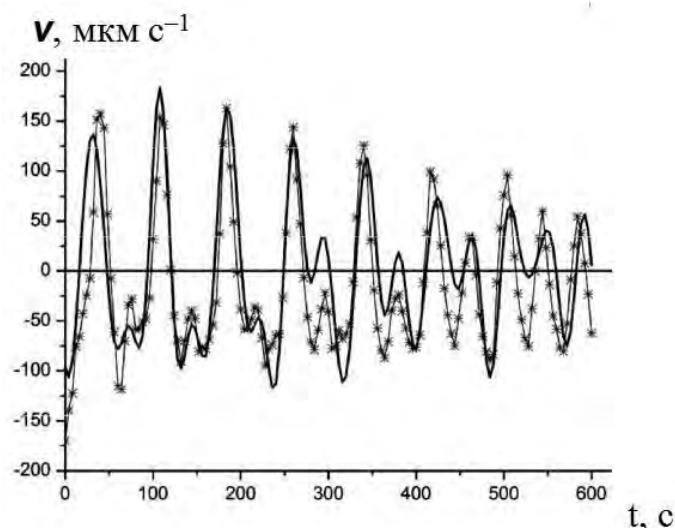


Рис 1. Временная зависимость движения протоплазмы плазмодия в буферном растворе солей

#### Библиографический список

1. Проскурин, С. Г. Доплеровская микроскопия знакопеременных нестационарных потоков в живых объектах / Проскурин Сергей Геннадьевич. – М., 1993. – 120 с.
2. Елькин, Ю. Е. Автоволновые процессы / Ю. Е. Елькин // Мат. Биология и биоинформатика. – 2006. – Т. 1, № 1. – С. 27 – 40.
3. Васильев, В. А. Автоволновые процессы / В. А. Васильев, Ю. М. Романовский, В. Г. Яхно. – М. : Наука, 1987. – 240 с.

*Лавринов А.В., Недосекин В.В.*

#### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Тамбовский государственный технический университет,  
(lavrinov.alexander@gmail.com, vladislavnedosekin@yandex.ru)*

Известны виды аппроксимации: линейная, квадратичная. Аппроксимация заключается в поиске функции, которая была бы максимально близка к значениям, полученным в ходе эксперимента.

В методе ударного объема сердца требуется откалибровать полученные данные для получения результата максимально приближенного к истинным значениям эксперимента.

Цель работы заключается в рассмотрении каждого по отдельности и выявлении максимально точной аппроксимации, для метода определения ударного объема сердца.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

1. Построить график, отражающий полученные результаты и линейную аппроксимацию.
2. Построить график, отражающий полученные результаты и квадратичную аппроксимацию.
3. Вычислить погрешности аппроксимаций относительно кривых эксперимента.

1 Линейная функция

Формула выглядит следующим образом  $y = k \cdot x + b$

Линейная аппроксимация заключается в поиске коэффициентов  $k$  и  $b$  уравнения таких, чтобы все экспериментальные точки лежали наиболее близко к аппроксимируемой прямой.

Берутся 2 произвольные прямые:

$$Q = \sum_{i=0} a_i \cdot x_i ;$$

Из системы уравнений получаем:  $a_0 = 63.79$ ,  $a_1 = 0.84$ . Строим новую прямую (Рис.1).

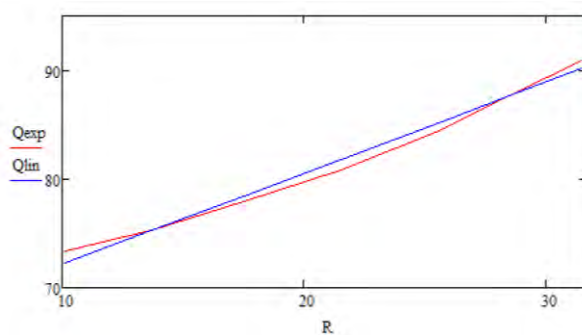


Рис. 1

## 2. Квадратичная аппроксимация

Полином выглядит следующим образом:

$$Q = a_2 \cdot r^2 + a_1 \cdot r^1 + a_0 \cdot r^0$$

Для определения коэффициентов  $a_2, a_1, a_0$  используется метод статистического анализа.

По системе из 3 уравнений находим:  $a_0 = 70.44$ ,  $a_1 = 0.13$ ,  $a_2 = 0.02$ . Строим новую кривую (Рис.2).

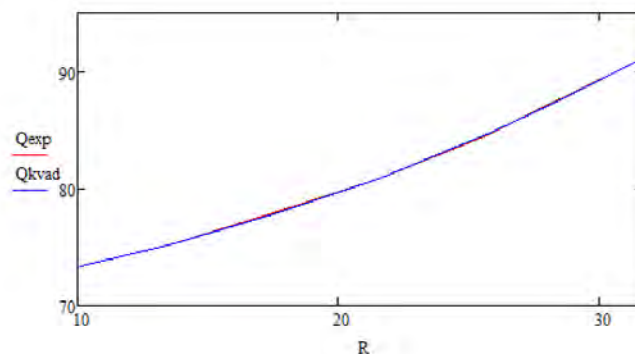


Рис. 2

## 3. Погрешности

Погрешности для линейной и квадратичной аппроксимации относительно исходной кривой рассчитываются по формуле абсолютной погрешности, по полученным данным строится график (рис. 3).

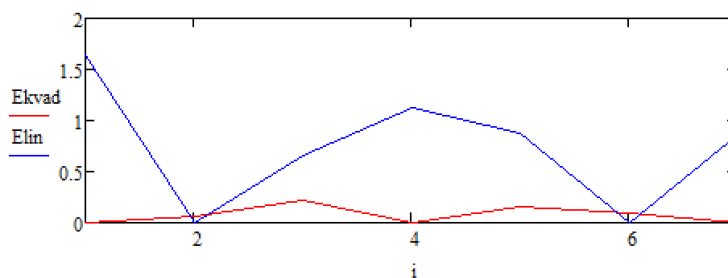


Рис. 3

Исходя из значений погрешности, делается вывод, что квадратичная аппроксимация точнее для проведенного эксперимента, чем линейная аппроксимация.

Научный руководитель Е.И. Глинкин

## Библиографический список

1. Глинкин Е.И., Герасимов Б.И., Шупило К.Н. Технология творчества. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 72 с
2. Пат. 2515534 РФ, кл. А 61 В 5/0295. Способ определения ударного объема сердца / Е.И. Глинкин, О.С. Куроедова // Открытия, изобрет. – 2014. – № 13.

**РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА  
В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ХИРУРГА  
ЭКСТРЕННОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОСТРАДАВШИХ  
С ТЯЖЕЛЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕЧЕНИ**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
(Ev.A.Semenova@yandex.ru)*

**Актуальность**

В настоящее время травматизм занимает первое место по причине смертности всех заболеваний. Оказание помощи пострадавшим с закрытой травмой живота с повреждением печени является сложной задачей, что обусловлено сложностью оперативного лечения. Причинами этого являются отсутствие четкого алгоритма по выбору тактики лечения пострадавших, отсутствие единого доступа, который необходимо обеспечивать при оказании экстренной помощи пострадавшим с повреждением «труднодоступных» сегментов печени, тяжесть травмы пострадавшего, тяжесть повреждения печени.

Существенную помощь в решении проблемы могут оказать системы поддержки принятия решений (СППР) медицинского специалиста. Однако, в настоящее время нет подобных СППР хирурга, которые обеспечивали бы информационную поддержку принятия решений хирурга при выборе тактики лечения пострадавших и дополнительного оперативного доступа.

Система поддержки принятия решений хирурга экстренной помощи при лечении пострадавших с тяжелыми повреждениями печени

СППР хирурга – автоматизированная система, которая обеспечивает информационную поддержку принятия решений хирурга экстренной помощи при выборе тактики лечения пострадавших и дополнительного оперативного доступа.

Структура СППР хирурга состоит из шести компонентов: интерфейса пользователей, подсистемы накопления данных, подсистемы выбора тактики лечения, подсистемы обеспечения дополнительного оперативного доступа, подсистемы анализа информации, подсистемы рекомендаций и комментариев.

Основными подсистемами являются «Подсистема выбора тактики лечения» и «Подсистема определения дополнительного оперативного доступа», которые должны включать в себя алгоритмы поддержки принятия решений хирурга, учитывающие индивидуальные особенности пострадавшего, показатели и альтернативные варианты решений при выборе тактики лечения пострадавшего и обеспечения дополнительного оперативного доступа, сформированные на основе экспертных оценок.

**Подсистема определения дополнительного оперативного доступа**

Для разработки «Подсистемы определения дополнительного оперативного доступа» предложена методика построения 3D моделей скелета и печени по снимкам компьютерной томограммы. Для реконструкции 3D моделей использован интерактивный программный пакет для визуализации и сегментации изображений, полученных с помощью томографии, и 3D рендеринга объектов MIMICS (Materialise Interactive Medical Image Control System).

Для каждой модели были произведены расчеты расстояний между ребрами, а также проведена оценка надчревного угла.

На основании полученных результатов проведен дисперсионный анализ, который показал, что показатели «Возраст» и «Надчревный угол» в наибольшей степени влияют на выбор дополнительного оперативного доступа.

Проведен регрессионный анализ, с помощью которого была разработана регрессионная модель, показывающая зависимость между положением печени и показателями, которые необходимо учитывать при выборе дополнительного оперативного доступа.

На основе найденной зависимости разработан алгоритм поддержки принятия решений в СППР хирурга при выборе дополнительного оперативного доступа, позволяющий учитывать топографо-анатомические и конституциональные особенности пострадавшего, который является основным компонентом «Подсистемы определения дополнительного оперативного доступа».

**Заключение**

Внедрение СППР хирурга в виде прикладной программы «SLIDS», включающей в себя «Подсистему выбора тактики лечения» и «Подсистему определения дополнительного оперативного доступа», реализующие разработанный комплекс алгоритмов поддержки принятия решений хирурга при выборе тактики лечения пострадавших и дополнительного оперативного доступа, поможет повысить оперативность и результативность оказания экстренной хирургической помощи пострадавшим с тяжелыми повреждениями печени.

## **ТОНОМЕТР КАК ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ВЫСОКОТОЧНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: pawlowa.olga97@yandex.ru).*

Первым неинвазивным прибором для измерения кровяного давления стал сфигмограф (1855) Карла фон Фирордта (Vierordt), который предложил измерять силу внешнего давления, необходимого для остановки кровотока в лучевой артерии.

Прадедушкой современных тонометров является сфигмоманометр, который изобрел в 1881 году австрийский врач Самуэль Зигфрид Карл Риттер фон Баш (Basch). Принцип его работы был прост - на место пульсации артерии помещался резиновый мешок с водой, который давил на артерию до тех пор, пока не прекращалась пульсация. Давление, создаваемое мешком, считывалось ртутным манометром, и таким образом измерялось систолическое давление.

В 1896 году Сципион Рива-Роччи (Riva-Rocci) представил метод измерения кровяного давления, актуальный по сей день. Прибор, изобретенный им, был прост в применении и безопасен для пациента. По сути, он выглядел так же, как и современные тонометры - резиновый полый мешок, помещенный в манжету из нерастяжимого материала, обхватывал плечо и накачивался резиновой грушей.

Больше 50 лет механический тонометр, работающий по принципу прослушивания «тонов Короткова», был единственным прибором для измерения кровяного давления и использовался врачами во всем мире. Лишь в 1965 году американский врач Сеймур Лондон изобрел автоматический тонометр, в котором резиновая груша была заменена компрессором, а стетоскоп - микрофоном. Этот тонометр был основан на осциллометрическом методе. Новый прибор сам нагнетал воздух в манжету и сам же «слушал» тоны, определяя давление.

Сейчас в приборах, в основе которых лежат тона Короткова, манжету накладывают на плечо. В тонометрах с осциллометрическим методом манжету накладывают на плечо, запястье или палец.

Аускультативный метод, иначе называемый методом Короткова/Рива-Росси, основан на принципе полного пережатия манжетой плечевой артерии и последующем выслушивании тонов, которые возникают при медленном ровном выпуске воздуха из манжеты.

Осциллометрические приборы для измерения артериального давления во время стравливания воздуха из манжеты анализируют параметры пульсовой волны (осциллограммы), и посредством использования заложенных в прибор алгоритмов определяют систолическое и диастолическое давление.

Тонометры последнего поколения обладают автоматической системой настройки параметров для индивидуального подхода. Существуют сегодня и тонометры, предназначенные специально для людей, имеющих ослабленное зрение. Подобные измерители оснащаются функцией звукового сопровождения результатов.

В связи со стремительным развитием телемедицины, стали создаваться тонометры с беспроводной передачей данных. Первый такой тонометр в России создали компания A&D, мировой лидер в области высокоточной измерительной медицинской техники.

Для желающих самостоятельно контролировать свое здоровье новый тонометр A&D UA-911BT-C работает с мобильным приложением «MedM Артериальное давление», также разработанным японской A&D и российской MedM, что позволяет автоматически получать данные с прибора на смартфон или планшет и хранить в облачном сервисе MedMHealth. Это современное устройство, позволяет контролировать свое давление, следить за его динамикой, хранить данные не на бумаге, а в электронном виде и делиться ими с близкими и лечащим врачом.

Таким образом, современные тонометры кардинально отличаются от тонометров старого поколения. Они удобны в применении, очень компактны. Стоит отметить оснащение дополнительными функциями, такими как: индикатор аритмии, измерение пульса, голосовое воспроизведение результатов, память [1-3].

### ***Библиографический список***

1. Синдеев С.В., Фролов С.В. Моделирование гемодинамики сердечно-сосудистой системы при церебральной аневризме // Математическое моделирование. – 2016. – №28(6). – С.98-114.
2. Фролов С.В., Маковеев С.Н., Газизова Д. Ш., Лишук В.А. Модель сердечно-сосудистой системы, ориентированная на интенсивную терапию // Вестник ТГТУ. 2008. Т.14. №4. С. 892-902.
3. Фролова Т.А., Фролова М.С., Толстухин И.А. Information model of a medical device for its evaluation // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Том 21. №4. С.587-591.

## СИСТЕМА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Пензенский Государственный Технологический Университет, Россия, Пенза,  
(e-mail: sura.parts58@gmail.com).

Состояние человека под влиянием различных факторов окружающей среды может ухудшаться, что отражается в результатах индивидуальной и коллективной деятельности. Укрепление безопасности человека в современном мире требуют системы для контроля физиологического состояния и местоположения. Пожилым людям и тем, чья деятельность связана с экстремальными физическими и психологическими стрессами, являются потенциальными пользователями таких систем.

Создание носимой системы для дистанционного непрерывного персонифицированного контроля основных жизненных функций человека связано с решением широкого круга технических задач. Универсальные приборы для дистанционного медицинского контроля отсутствуют, а автоматические измерители основных физиологических параметров, получившие признание у клиницистов, непригодны в «полевых условиях».

Система представляет собой нательную одежду (рисунок 1) с расположенными в ней измерителем температуры, электрокардиографом, пульсоксиметром, сенсоры которых установлены с возможностью контактирования с участками тела контролируемого объекта (определяющие температуру кожного покрова, пульс, процент насыщения крови кислородом), а также плетизмограф и акселерометр-инклинометр, (контролирующие соответственно частоту дыхания, положение тела и активность).

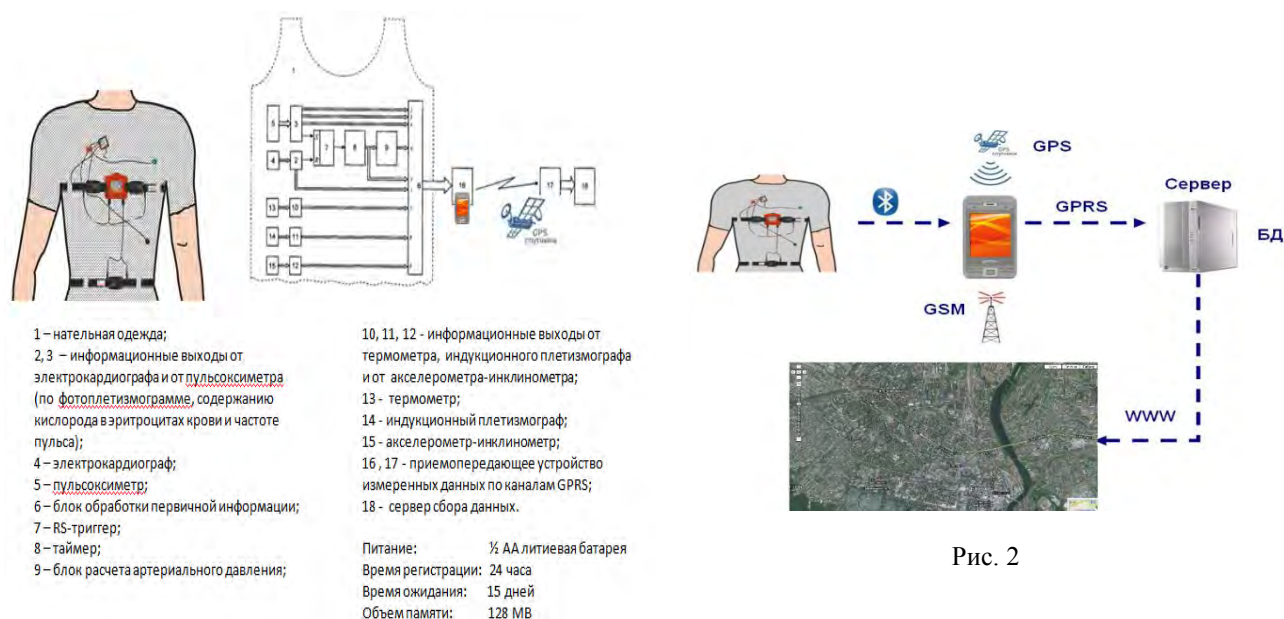


Рис. 1

Главный принцип работы системы сбора и передачи данных – это минимум действий пользователя. Все настройки связи происходят в автоматическом режиме.

Для передачи данных система использует канал связи GSM. У пользователя должен быть коммуникатор (или простой сотовый телефон) с поддержкой технологии Bluetooth, чтобы обеспечить сбор данных от биометрической системы.

Коммуникатор устанавливает связь с базой данных, находящейся на удаленном сервере, по каналу GPRS. Сервер обеспечивает доступ к информации пользователя по средствам любого Интернет браузера (рисунок 2).

Таким образом, в статье рассмотрен проект биотехнической системы жизнеобеспечения в виде носимого комплекса для непрерывного дистанционного контроля физиологического состояния и местоположения человека.



### ***Библиографический список***

1. Косенок Н.Ю. Современные аспекты безопасности при использовании средств индивидуальной бронезащиты. Журнал. Глобальной безопасности, номер 3. - М.: ВАНКБ 2010,. - 116 с. (67-78 ПП).
2. Истомина Т.В., Косенок Н.Ю. Biotechnical life support system in the International Scientific – Practical Conference «INFORMATION INNOVATIVE TECHNOLOGIES».
3. Мультипараметрическое использование биологической обратной связи в спортивной медицине Баулина О. В., Истомина Т. В. Биотехносфера. 2014. Выпуск № 3 (33). С. 50-52.
4. Методы и средства обработки биоэлектрической информации. Истомина Т. В. диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/ Пенза, 2002

Научное издание

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

**МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

**10-12 июля 2017 г.**

*Материалы, вошедшие в сборник, сохраняют авторскую редакцию.*

---

Издательство Першина Р.В.,  
392002, Тамбов, ул. Советская, 21, а/я 7.  
email: izdat1@tamb.ru, pershin.tambov@gmail.com, тел. 8-909-232-81-01.

Формат 60х90/8. Бумага офсетная.  
Печать электрографическая. Гарнитура Times.  
Объем – 70 усл. печ. л. Тираж 400 экз.