



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**Тезисы докладов  
2-ой Международной конференции  
с элементами научной школы**

*Тамбов,  
22–24 апреля 2015 года*

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**Тезисы докладов  
2-ой Международной конференции  
с элементами научной школы**

*Тамбов,  
22–24 апреля 2015 года*

УДК 658.26  
ББК 31.3  
А43

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

*2-я Международная конференция с элементами научной школы проведена  
при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований  
(грант РФФИ № 15-08-20162 Г).*

**Редакционная коллегия:**

**Т.И. Чернышова** – ответственный редактор,  
**С.Н. Баршутин** – зам. ответственного редактора,  
**С.П. Москвитин, Д.Ю. Муромцев, А.П. Пудовкин,**  
**Н.П. Жуков, А.В. Кобелев, С.В. Фролов.**

**А43** Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тезисы докладов 2-ой Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов, 22–24 апреля 2015 г. / Министерство образования и науки Российской Федерации; Тамбовский государственный технический университет; Т.И. Чернышова, отв. ред.. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – 469 с.

В сборник включены материалы докладов в соответствии с тематикой секций 2-ой международной конференции с элементами научной школы: Энергосберегающие и информационные технологии в проектировании технических систем; Актуальные проблемы теплоэнергетики и теплотехники; Энергосбережение в электроэнергетике; Методы и средства контроля в энергоэффективных технических системах; Эффективные биотехнические системы.

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

© Тамбовский государственный  
технический университет, 2015  
© Авторы статей, 2015  
© Издательство Першина Р.В., 2015

**ISBN 978-5-91253-609-0**

# СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Абоносимов О.А.</i> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....	21
<i>Абоносимов Д.О., Лазарев С.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОЧИСТКЕ ГАЛЬВАНОСТОКОВ.....	23
<i>Абрамченко Е.В., Сбитнев С.А., Шмелев В.Е.</i> ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ МАЛОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА И ПОТЕНЦИАЛ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	25
<i>Аксенов В.В., Колчин П.С.</i> РЕЛЬЕФНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ .....	27
<i>Аксенов В.В., Толстой К.А.</i> МАТЕРИАЛЫ, ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ ЭНЕРГИЮ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА.....	29
<i>Аксенова Т.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ СОПУТСТВУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ .....	31
<i>Алтунин К.А.</i> СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ .....	33
<i>Андреианов Д.П.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОВИСАНИЯ ПРОВОДА ЛЭП МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	35
<i>Андреианов Д.П.</i> КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ .....	37
<i>Артемова С.В., Артемов А.А., Мелисаров В.М., Подхватилин П.А.</i> ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	39
<i>Артемова С.В., Артемов А.А., Мелисаров В.М., Подхватилин П.А.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ТЕПЛО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ .....	40



<i>Афанасьев А.Д., Головченко Е.В., Дьяченко В.А.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ .....	42
<i>Афонин В.И.</i> К ВОПРОСУ О РАБОТЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ.....	44
<i>Баин А.М., Каунг Сан, Портнов Е.М.</i> К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ .....	46
<i>Баранов Р.А., Пресняков М.Ю.</i> ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ СКРЫТОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ.....	48
<i>Баршутин С.Н., Ушаков А.В, Баршутина М.Н.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИМЕСЯМИ БЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.....	50
<i>Безрядин В.А., Стафеев М.А., Шелухин Р.Г.</i> ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ ПО РАДИОКОНТРОЛЮ.....	52
<i>Безрядин В.А., Стафеев М.А., Шелухин Р.Г.</i> ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЯЗИ В ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛАХ.....	54
<i>Беляев П.В., Меркулов С. А., Фролов В.А., Козлов П.В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	55
<i>Богомоллов В.Ю., Лазарев С.И., Вязовов С.А.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МЕМБРАННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКИ.....	57
<i>Богословский Е.А., Белоусов Д.Н.</i> ПУТИ РАЗВИТИЯ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК СОВРЕМЕННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ .....	59
<i>Бондарева Ж.Ю., Обыденная В.А.</i> РАСШИРЕНИЕ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ .....	61
<i>Власов А.И., Журавлева Л.В., Сергеева Н.А, Цивинская Т.А.</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ МАССОВОГО РАСХОДА В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМАХ .....	63
<i>Гамова Л.Г., Глинкин Е.И.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ОЦЕНОК ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	65

<i>Глинкин Е.И.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ .....	67
<i>Глинкин М.Е., Глинкин Е.И.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ .....	69
<i>Горшкова Т.С, Мокрозуб В.Г., Горшков В.В.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДНИЩ И КРЫШЕК ЕМКОСТНЫХ АППАРАТОВ .....	71
<i>Гостев В.В.</i> РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ БЛОКОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНВЕРТОРНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ФОРМЫ КРИВОЙ НАПРЯЖЕНИЯ.....	73
<i>Грибков А.Н., Дорохова Т.Ю., Куркин И.А.</i> ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИКИ ЭНЕРГОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ .....	75
<i>Грибков А.Н., Куркин И.А.</i> ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ .....	77
<i>Грибков А.Н., Скрынников А.А.</i> СИНТЕЗ КОМБИНИРОВАННОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ .....	79
<i>Данилин М.А., Ивануткин А.Г., Файзулин Р.Г.</i> МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО И НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ .....	81
<i>Добрыднева И.Ф., Никитенков Д.О., Кольтюков Н.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	83
<i>Долгов М.О., Пудовкин А.П.</i> АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ КАЛМАНОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ.....	85
<i>Долгов М.О., Хмыз Д. Ю.</i> ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВЫХ ДАТЧИКОВ НА ТОЧНОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УВД.....	87
<i>Должикова Е. Ю., Углёва Е.М.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ .....	89

<i>Дудышев О.И., Мокрозуб В.Г., Малякко О.И</i> МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СОСУДОВ И АППАРАТОВ В СРЕДЕ INTERNET .....	91
<i>Елисеев А.И., Удовикин В.Л.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ АВТОКОМПЕНСАТОРОВ.....	93
<i>Ермолаев В.В., Жуков В.М.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОСТАНЦИИ ОВЧ ДИАПАЗОНА С ПОМОЩЬЮ ШЕСТИЭЛЕМЕНТНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ.....	95
<i>Ермолаев В.В., Жуков В.М., Перельгин Р.Н.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОСТАНЦИИ ВЧ ДИАПАЗОНА С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК .....	97
<i>Ефремова А.С., Белоусов О.А., Рязанова А.Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СЕТЕЙ СТАНДАРТА ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ.....	98
<i>Журавков В.М., Рябов А.В.</i> ПРОБЛЕМЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ.....	100
<i>Зырянов Ю.Т., Лебедев В.В., Рязанов И.Г.</i> ФОРМИРОВАНИЕ СМЕШАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ НА ОСНОВЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	102
<i>Зырянов Ю.Т., Мельник О.В., Наумова А.Ю.</i> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ .....	104
<i>Зырянов Ю.Т., Мельник О.В., Наумова А.Ю.</i> ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПО ТЕСТОВЫМ СЛУЧАЯМ.....	106
<i>Зырянов Ю. Т., Рязанов И. Г., Наумова А.Ю.</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ НЕЛИНЕЙНОГО ОПТИМАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ .....	108
<i>Ивануткин А.Г., Данилин М.А., Файзулин Р.Г.</i> ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИЕЙ .....	110
<i>Казарян О.А., Курносоев Р.Ю., Рязанова А.Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ SMART-АНТЕНН ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА .....	111

<i>Калашиников С.Н., Белоусов О.А.1, Горшков П.А.</i> ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	113
<i>Калашиников С.Н., Белоусов О.А.1, Горшков П.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СПИРАЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ГИБРИДНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	115
<i>Капитанов А.В.</i> МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭНЕРГОСИСТЕМ.....	118
<i>Каракеян В.И., Ларионов Н.М., Рябышенков А.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.....	120
<i>Князев И.В., Панасюк Ю.Н., Чернышов В.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ПЕРЕГРУЗКАХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМАХ.....	122
<i>Ковалев С.В., Лазарев С.И., Ковалева О.А.</i> СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ БАРОМЕМБРАННОГО И ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РАСТВОРА СУЛЬФАТА ЦИНКА.....	124
<i>Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК И ИХ ИСПОЛНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК.....	126
<i>Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.</i> РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК И ИХ ИСПОЛНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК.....	128
<i>Колмыков Р.Ю., Белоусов О.А., Горшков П.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОСКИХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ .....	130
<i>Королев А.П., Макаrchук М.В.</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД В ОПИСАНИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛЕВОЙ СТРУКТУРЕ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ .....	132
<i>Лазарев С.И., Казаков В.Г.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА МЕМБРАННУЮ ОЧИСТКУ ПРОМЫВНЫХ ВОДПРОИЗВОДСТВА 2,2'- ДИБЕНЗТИАЗОЛДИСУЛЬФИДА .....	133
<i>Лазарев С.И., Лавренченко А.А.</i> РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН .....	136
<i>Летунов А.А., Белоусов О.А., Курносков Р.Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ .....	138

<i>Мануйлов К.Д., Мокрозуб В.Г., Пелихосов А.А.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ .....	139
<i>Мещеряков В.Н., Хабибуллин М.М.</i> АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, АДАПТИРОВАННЫЙ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА .....	141
<i>Мокрозуб В.Г.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ .....	143
<i>Мокрозуб В.Г., Мокрозуб А.Г.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	146
<i>Муромцев Д.Ю., Грибков А.Н., Куркин И.А.</i> ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ.....	148
<i>Муромцев Д.Ю., Ермолаев В.В., Папин В.В.</i> ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ С НЕПРЕРЫВНО РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ БАЗОЙ ЗНАНИЙ .....	150
<i>Муромцев Д.Ю., Павлов В.И., Папин В.В.</i> ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ .....	152
<i>Назмутдинов И.С.</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	154
<i>Павлов В.И., Колчин П.С., Толстой К.А., Зайцев Д.В.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУАКТИВНОГО И ПОЛУПАССИВНОГО ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОУПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ .....	156
<i>Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П., Князев И.В.</i> МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ЦЕЛЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЦЕЛА .....	158
<i>Пелихосов А.А., Мокрозуб В.Г.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....	160
<i>Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П., Князев И.В.</i> СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЦЕЛА .....	162
<i>Селиванова З.М., Хоан Т.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ .....	164

<i>Скворцов А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДЕЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ НА ДВУГРЕБНЕВЫХ ВОЛНОВОДАХ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ .....	166
<i>Туляков Д.С., Фролова Т.А.</i> THE PROBLEM OF SELECTING OPTIMAL VARIANT THE INVESTMENT PROJECT IN CHEMICAL INDUSTRY .....	168
<i>Тюрин И.В., Гапонов А.А.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ.....	170
<i>Тюрин И.В., Гапонов А.А.</i> УПРАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТНЫМ ТЕРМОСТАТОМ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕЖИМЕ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА .....	172
<i>Тюрин И. В., Гапонов А.А.</i> ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ЭНЕРГОЕМКИМИ ОБЪЕКТАМИ.....	173
<i>Ушаков А.В., Чернышов В.Н., Баршутин С.Н.</i> МОДЕЛЬ ПРОВОДИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИМЕСЯМИ .....	175
<i>Фацциленко В.Н., Решетняк С.Н., Василенко М.Ю.</i> ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ РЕЖИМ .....	177
<i>Хвостов А.А., Рязских В.И., Иванов А.В., Посанчуков Д.П.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОСНОВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА КИСЛОРОДНО-ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ.....	179
<i>Хвостов А.А., Слюсарев М.И., Иванов А.В., Козлов А.В.</i> ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ОСНОВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА КИСЛОРОДНО-ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ .....	181
<i>Хоан Т.А., Селиванова З.М.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	183
<i>Чернышов Н.Г.</i> СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	185
<i>Чернышов Н.Г., Гутенёв А.С., Романенко А.М.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ УДАЛЁННОГО ДОСТУПА .....	187
<i>Чернышова Т.И., Каменская М.А.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	189

<i>Чернышова Т.И., Третьяков В.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ОЦЕНКЕ ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ .....	191
<i>Чернышова Т.И., Третьяков В.В., Курносоев Р.Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО РЕСУРСА АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	193
<i>Чурбаков М.Ю., Удовикин В.Л.</i> ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ВАРИКАПОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИКОВ.....	195
<i>Чурилин А.В.</i> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ ИМПРЕГНИРОВАННОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА .....	198
<i>Алькубати А.Ф., Глазкова В.В., Шамкин В.Н.</i> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОБЪЕКТАХ РЕГИОНАЛЬНОГО ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА.....	199
<i>Штиганович А.А., Пушница К.А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОММУТИРУЕМОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ.....	201
<i>Юрченко С.П., Головченко Е.В.</i> РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДСИСТЕМЫ СВЯЗИ АВИАЦИОННОЙ ЧАСТИ .....	203
<i>Яковенко А.А., Панасюк Ю.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ $\alpha - \beta$ И $\alpha - \beta - \gamma$ ФИЛЬТРАЦИИ НАЗЕМНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ .....	205
<i>Якупов Д.Т., Сарваров И.И., Сабиров И.С.</i> ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕСТИРОВАНИЯ АСУТП .....	207

## СЕКЦИЯ 2

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

<i>Балашов А.А.</i> СОДЕРЖАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА .....	210
<i>Балашов А.А., Сысоева Е.Н.</i> СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ .....	212
<i>Бырдин А.П., Надеев А.А.</i> ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛА И ГАЗА ПРИ СУШКЕ В НАПРАВЛЕННО ПЕРЕМЕЩАЮЩЕМСЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ .....	214

<i>Висков О.В., Никулин С.С., Мочалин С.Н., Майникова Н.Ф.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЭПОКСИДНЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ.....	216
<i>Гришин А.В., Мочалин С.Н., Никулин С.С., Майникова Н.Ф.</i> ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК.....	218
<i>Губарев В.Я. Арзамасцев А.Г. Картель А.Ю.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНЫХ АГРЕГАТОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОДНОВРЕМЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ХОЛОДА .....	220
<i>Зварыкин И.И. Солженикин П.А. Стогней В.Г. Воронов Г.Г.</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ РАЗНОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО ФИЛЬТРА .....	221
<i>Капанский А.А.</i> МНОГОФАКТОРНЫЙ АДТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОТВЕДЕНИЯ.....	223
<i>Ковалев С. В., Лазарев С.И., Попов Р.В., Ковалева О.А.</i> ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАНЫ ОПМ-П И ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ .....	225
<i>Королева Н. А., Фокин В.М.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ТОРГОВОГО ЦЕНТРА.....	227
<i>Кузнецов М.А., Овсянников П.О., Григорьев Е.Б., Лазарев А.С.</i> НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОНАСЫЩЕННОГО ПЛАСТА .....	229
<i>Ляшков В.И., Комбарова Е.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ С ВЛАЖНЫМ ВОЗДУХОМ.....	231
<i>Медведева О.А., Рожков А.В., Никулин С.С., Майникова Н.Ф.</i> ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН .....	233
<i>Рогов И.В., Бородавкин Д.Г., Никулин С.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ В СИСТЕМЕ COMSOL.....	235
<i>Фокин В.М., Ковылин А.В., Попова А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОДНОКАМЕРНОГО СТЕКЛОПАКЕТА.....	237



**СЕКЦИЯ 3**  
**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

<i>Грунтович Н.В., Жеранов С.А., Жуковец С.Г.</i> ВЛИЯНИЕ УСЛОВНО-ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЭР НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	240
<i>Зарандия Ж.А., Иванов Е.А.</i> ЭНЕРГОАУДИТ – ЭЛЕМЕНТ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....	242
<i>Зацепин Е.П., Шачнев О.Я.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ НА НАДЁЖНОСТЬ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ.....	244
<i>Зацепина В.И., Шачнев О.Я.</i> ВЛИЯНИЕ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НА ОБЪЕКТЫ СПОКОЙНОЙ СИСТЕМЫ ШИН .....	246
<i>Качанов А.Н. , Качанов Н.А., Коренков Д.А.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА С РАЗОМКНУТЫМИ МАГНИТОПРОВОДАМИ .....	248
<i>Кобелев А.В., Кагдин А.Н., Терехов К.И.</i> УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА И ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	250
<i>Кобелев А.В., Кочергин С.В., Кагдин А.Н.</i> СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ .....	252
<i>Королева Н.А., Фокин В.М.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ТОРГОВОГО ЦЕНТРА.....	253
<i>Кукарекин Е.А., Лаптев А.О., Хацевский К.В.</i> УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ.....	255
<i>Легостаев Р.О.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВЫСОТЫ БАШНИ .....	257
<i>Лобанов С.М., Скрипкина О.С.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	259
<i>Максимов Ю.П., Подачников А.В.</i> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ .....	261
<i>Шарапов Н.А.</i> ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВИДЕ МИНИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	263

<i>Попов В.Д., Попов О.Н., Трофимов Д.В., Жуков Н.П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	265
<i>Шульга К.С., Астапова Ю.О.</i> СРАВНЕНИЕ ТИПОВ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ.....	267
<i>Чернышов Н.Г., Быкова О.В.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	269
<i>Шпиганович А.Н., Гугнин А.А.</i> ВЗРЫВООПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ.....	271
<i>Моторина Н.П., Иванов В.М., Винокуров Е.Б.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕКТОПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	273
<i>Шпиганович А.Н., Антонов П.А.</i> ТОКИ УТЕЧКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	275
<i>Яштулов Н.А., Лебедева М.В., Каримов О.Х.<sup>2</sup>, Флид В.Р.</i> МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....	277
<i>Максимов Ю.П., Пряничников Я.А.</i> ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ .....	278
<i>Шмелёв В.Е., Сбитнев С.А.</i> МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РАЗНЫХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ТРЁХФАЗНЫМ ЛИНЕЙНЫМ СХЕМАМ ЗАМЕЩЕНИЯ .....	280
<i>Шахнин В.А., Чебрякова Ю.С., Подачников А.В.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ МОНИТОРИНГ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	282
<i>Терехова А.А., Афонин В.А.</i> ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	284
<i>Попов А.В., Афонин В.В.</i> АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ .....	286
<i>Сальников М.А., Серов И.А., Афонин В.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ .....	288
<i>Астапова Ю.О., Шульга К.С.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ В СЕВЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ОАО «МРСК СИБИРИ» - «ОМСКЭНЕРГО».....	289

**СЕКЦИЯ 4**  
**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ**  
**ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

<i>Аль-Сарраджи Весам Рахим Флаех, Сивохин А.Ю., Аль-Кинани-х.х., Шелохвостов В.П.</i> МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВЫХ КАБРИД-ВОЛЬФРАМОВЫХ КОМПОЗИТОВ .....	292
<i>Балабанов П.В.</i> ТЕРМО-ПНЕВМОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ .....	294
<i>Баршутина М.Н., Coulter J.P.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ МЕЖФАЗНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТОПОГРАФИИ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЛИМЕРОВ.....	296
<i>Бородавкин Д.Г.</i> МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ .....	298
<i>Бурмистров А.Г., Савенков А.П., Сафонова М.Э.</i> БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ .....	300
<i>Грунтович Н.В., Грунтович Н.В.</i> КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА – ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	302
<i>Данилов С.Н., Ефремов Р.А., Кольтюков Н.А.</i> МУЛЬТИМОДЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СОПРОВОЖДЕНИЯ СО СНИЖЕННЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАТРАТАМИ .....	304
<i>Дутов М.Н., Макаrchук М.В., Королев А.П.</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НАНООБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ .....	306
<i>Дутов М.Н., Макаrchук М.В., Королев А.П.</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЕЙ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	307
<i>Ефремов Р.А.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С МОДУЛЯЦИЕЙ ПЕРИОДА СЛЕДОВАНИЯ ШУМУПОДОБНОГО СИГНАЛА .....	308
<i>Ефремов М.А., Протасова В.В., Федянин В.В.</i> НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ВСТРЕЧНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ В МОДЕЛЯХ МЕТА-АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	310
<i>Жарикова М.В., Чернышов А.В., Чернышов В.Н.</i> МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ .....	312

<i>Иванов А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАРКОВСКОЙ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНФИГУРАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ .....	315
<i>Иванов В.М., Винокуров Е.Б., Моторина Н.П., Фофана С.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ .....	317
<i>Иванов А.В., Негуляева А.П.</i> КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ В НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ .....	319
<i>Игумнов И.С. Данилов С.Н.</i> НЕЧЕТКИЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ .....	321
<i>Казьмин А.И., Манин В.А., Федюнин П.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОТСЛОЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ОТ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКИ .....	323
<i>Казьмин А.И., Манин В.А., Федюнин П.А.</i> СВЧ-УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ В РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ .....	325
<i>Ranabhat Kiran</i> NANOTECHNOLOGY: AN INTRODUCTION .....	327
<i>Коняхин Е.А., Медведева А.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУИ ГАЗА С ЖИДКОСТЬЮ .....	329
<i>Коробов А.А., Глинкин Е.И.</i> МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	331
<i>Королев А.П., Макаrchук М.В.</i> ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ .....	333
<i>Макарчук М.В., Королев А.П.</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ .....	336
<i>Кузьяев Д.Р., Пудовкин А.П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПРИ КОНТРОЛЕ ВИХРЕТОКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ .....	338
<i>Кузьяев Д.Р., Пудовкин А.П.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....	340
<i>Мордасов М.М., Савенков А.П.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ПРИ БЕСКОНТАКТНОМ КОНТРОЛЕ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ .....	342

<i>Москвитин С.П.</i> НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ .....	345
<i>Москвитин С.П.</i> КОНТРОЛЬ СООТНОШЕНИЯ ТОЛЩИН СЛОЕВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА .....	347
<i>Никитенков Д.О., Добрыднева И.Ф., Кольтюков Н.А.</i> ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОЕМКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	349
<i>Петров С.В., Данилов С.Н.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ВИДА МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КВ РАДИОСТАНЦИИ.....	351
<i>Петров С.А. , Чечетов К.Е.</i> УСТАНОВКА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОВЕРХНОСТИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЖИДКОСТИ.....	353
<i>Подколзина Л.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УГЛОВОГО КАНАЛА НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	355
<i>Попов О.Н., Трофимов Д.В., Хромый К.С., Жуков Н.П.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	357
<i>Попов А.В., Фесенко А.И.</i> ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НАПРЯЖЕНИЕ .....	359
<i>Проценко И.Г., Фесенко А.И.</i> УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСТРЕМУМА ФУНКЦИИ.....	360
<i>Пудовкин А.П., Колобов Р.В.</i> МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	362
<i>Пудовкин А.П., Панасюк Ю.Н., Колобов Р.В.</i> УСТРОЙСТВО НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	364
<i>Рогов И.В., Бородавкин Д.Г., Андреев А.А., Анисимов А.А.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ .....	366
<i>Рогов И.В., Рожков А.В., Полунина Н.Ю., Гусев А.А.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ПРИБОРА ИТ-3.....	368
<i>Рябышенков А.С., Федосов А.Д.</i> АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ .....	370

<i>Севрюкова Е.А.</i> ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	372
<i>Серов И.А., Фесенко А.И.</i> МЕТОД ДЕФЕКТОСКОПИИ .....	374
<i>Сычѳв А.А.</i> МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМАХ.....	376
<i>Трофимов Д.В., Хромый К.С., Ярмизина А.Ю., Жуков Н.П.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ.....	377
<i>Попов А.В., Фесенко А.И.</i> ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НАПРЯЖЕНИЕ .....	380
<i>Ушаков А.В., Баршутин С.Н., Чернышов В.Н.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА БАЗЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ЛАКА .....	381
<i>Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФУЛЛЕРЕНАМИ С60 ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	383
<i>Чернышов В.А., Чернышов А.А., Печагин Е.А., Егоров М.Г.</i> КРИТЕРИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ .....	385
<i>Чечетов К.Е.</i> БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ.....	388

## СЕКЦИЯ 5

### ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

<i>Frolova M.S., Frolov S.V.</i> INFORMATION MODELING IN THE HEALTH-CARE PROCUREMENT.....	390
<i>Абдулкарим С.Н., Галѳб К.И.С., Проскурин С.Г.</i> ВЛИЯНИЕ УШИРЕНИЯ ДОПЛЕРОВСКОГО СПЕКТРА ОПТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ОДНОЙ ВЫБРАННОЙ СКОРОСТИ.....	392
<i>Абуладзе О.К., Сергеева Ю.Б., Глинкин Е.И.</i> МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ .....	394
<i>Ахтямов Д.В., Болдырев Д.В., Глинкин Е.И.</i> МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ .....	396
<i>Бабашкина А.П., Глинкин Е.И.</i> АППРОКСИМАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ.....	397

<i>Брумштейн Ю.М., Захаров Д.А.</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ .....	400
<i>Брумштейн Ю.М., Колесников И.В., Ильменский М.А.</i> АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В СТАЦИОНАРНЫХ МЕДУЧРЕЖДЕНИЯХ .....	402
<i>Брумштейн Ю.М., Склярченко Е.В., Мальвина А.С.</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ .....	404
<i>Бурмака А.А., Разумова К.В.</i> ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ СОСТОЯНИЯ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ .....	406
<i>Власова Е.В., Глинкин Е.И.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ.....	408
<i>Гамова Л.Г., Глинкин Е.И.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ .....	410
<i>Галёб К.И.С., Проскурин С.Г.</i> КАРТИРОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ СКОРОСТИ В ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ.....	412
<i>Глинкин Е.И.</i> КАЛИБРОВКА КОМПЬЮТЕРНЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ.....	414
<i>Глинкин М.Е., Глинкин Е.И.</i> КОРРЕКЦИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	416
<i>Голубятников О.О., Дубровин В.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АПРОБАЦИИ МЕТОДИК ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ .....	418
<i>Егошина И.Л., Тарасова И.Ю.</i> БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МИКРОСКОПИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	419
<i>Истомина А.И.</i> БЕЗМАНЖЕТНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО УРОВНЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ .....	421
<i>Каширова А.В., Ветров А.Н.</i> ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОСРЕДСТВОМ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ТЕРМО- И РЕНТГЕНОГРАФИИ .....	423

<i>Строев В.М., Ключева И.Н.</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ РАН.....	425
<i>Корневский Н.А., Стародубцева Л.В., Писарев М.В., Магеровский М.А.</i> ДИАГНОСТИКА И УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ Г.РАША .....	427
<i>Корневский Н.А., Шуткин А.Н., Хрипина И.И., Писарев М.В.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛЕКТИВОВ ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ .....	430
<i>Лядов М.А., Фролов С.В.</i> АРХИТЕКТУРА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ ШКОЛЬНИКОВ .....	432
<i>Одинокова А.А., Глинкин Е.И.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИБРОВКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА .....	434
<i>Петров Д.А., Кузьмин Д.С., Проскурин С.Г.</i> АЛГОРИТМ УДАЛЕНИЯ ШУМА В ДОППЛЕРОВСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ.....	436
<i>Потлов А.Ю.</i> ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ДИФФУЗИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ .....	438
<i>Потлов А.Ю., Проскурин С.Г., Фролов С.В.</i> КАРТИРОВАНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ПОТОКОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ .....	440
<i>Проскурин С.Г., Потлов А.Ю., Фролов С.В.</i> ДИФФУЗИОННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЗДНО ПРИШЕДШИХ ФОТОНОВ .....	442
<i>Проткина О.В., Фролова Т.А., Леонтьев Е.А.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ.....	444
<i>Семенов Д.А.</i> РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА СОВМЕЩЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....	446
<i>Фролов С.В., Синдеев С.В., Коробов А.А., Алиев Н.Э., Коновалова К.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЧЕТЫРЕХКАМЕРНОЙ МОДЕЛИ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА.....	448
<i>Стародубцева Л.В., Корневская С.Н., Писарев М.В., Магеровский М.А.</i> ДИАГНОСТИКА БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ.....	450



<i>Суфэльфа А.Р.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЦР ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМОРФИЗМОВ .....	452
<i>Суфэльфа А. Р. Тимохин А. А.</i> ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ШУМОВ В ЛЕГКИХ .....	453
<i>Талёб Е.М., Исаков Р.В.</i> НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНАЯ БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	455
<i>Танаева Е.Г., Сазанова И.Н.</i> СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИОДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКИ.....	457
<i>Толстухин И.А., Канцеров В.А., Фролов В.А.</i> ДЕТЕКТОР БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ НА ОРГАНИЧЕСКОМ СЦИНТИЛЛЯТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SiPM.....	459
<i>Толстухин И.А., Канцеров В.А., Фролов С.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПЛЁНОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЮТЕЦИЙ.....	461
<i>Фролов С.В., Сундеев С.В., Liepsch D., Balasso A.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛАСТИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ.....	463
<i>Frolova M.S., Frolova T.A.</i> THE APPLICATION OF THE EUROPEAN REGULATION FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IN HEALTHCARE .....	465
<i>Швырева К.Е. Сулова Ю.В. Ветров А.Н.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕЩЕНИЯ И ОБРАБОТКИ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ .....	467

# СЕКЦИЯ 1 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

---

*Абоносимов О.А.*

## РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
([geometry@mail.nnn.tstu.ru](mailto:geometry@mail.nnn.tstu.ru))*

Современное развитие промышленного производства оказывает негативное влияние на экологическую безопасность окружающей среды. В химической, нефтехимической, пищевой и других отраслях промышленности со сточными водами сбрасываются различные токсичные вещества, имеющие очень низкие ПДК. Поэтому остро стоит проблема очистки промышленных стоков, создания замкнутого водоборота на производстве и утилизации вредных веществ.

Для решения этой проблемы наряду с традиционными методами очистки все шире начинают применять мембранные технологии. Основные преимущества мембранной технологии связаны с малой металло- и энергоемкостью, экологичностью, безреагентностью, простотой конструктивного оформления и возможностью концентрирования и выделения ценных веществ из растворов.

Однако для интенсификации процесса мембранного разделения необходимы исследования его кинетики, математического описания, а также разработка промышленных технологических схем и аппаратов.

С целью изучения кинетики массопереноса, то есть исследование основных кинетических коэффициентов массопереноса были разработаны установки для исследования коэффициентов задерживания, выделения и водопроницаемости, коэффициентов диффузионной, осмотической и электроосмотической проницаемости, коэффициента продольного перемешивания и коэффициента распределения [1].

Результаты экспериментальных исследований проводились в зависимости от концентрации растворенного вещества, температуры раствора, градиента давления, плотности тока, вида растворенного вещества и мембраны.

Для математического описания массопереноса в баромембранных аппаратах была разработана математическая модель, основанная на уравнении гидродинамики движения раствора и уравнения конвективной диффузии в канале для несимметричной задачи. В результате преобразований получена система уравнений, которая позволяет определять поле скоростей в камере и среднее значение концентрации на выходе из аппарата.

Определяющей проблемой при реализации мембранных процессов является разработка гибких конструкций мембранных аппаратов, в максимальной степени отвечающая задачам и условиям проведения процесса разделения.

Наиболее перспективными конструкциями мембранных аппаратов являются аппараты с рулонными разделительными элементами. Устройство аппаратов с рулонными мембранными элементами определяется конструкцией комплектующих их мембранных элементов.

Общим существенным недостатком конструкций мембранных аппаратов с плоскими и трубчатыми элементами является отсутствие возможности наложения на систему мембрана-раствор физических полей различной природы, например, электрического постоянного поля. К сожалению, невозможно на промышленном уровне решить эти проблемы из-за отсутствия электробаромембранных аппаратов промышленного типа [2,3].

На основании вышеизложенного были разработаны электробаромембранные аппараты с рулонными разделительными элементами - патент РФ № 2268085, №2326721.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания.*

#### **Библиографический список**

1. Лазарев С.И., Кинетические коэффициенты электробаромембранных процессов. Учебное пособие Тамбов ТГТУ, 2006. 85 с.
2. Дытнерский Ю. И., Кочаров Р. Г. Некоторые проблемы теории и практики использования баромембранных процессов // ЖВХО им. Д. И. Менделеева. 1987. Т. 23. №6. С. 669-673.
3. Лазарев С.И. Методы электробаромембранного разделения растворов: учебное пособие / С.И. Лазарев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. 84 с.

*Абоносимов Д.О., Лазарев С.И.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОЧИСТКЕ ГАЛЬВАНОСТОКОВ**

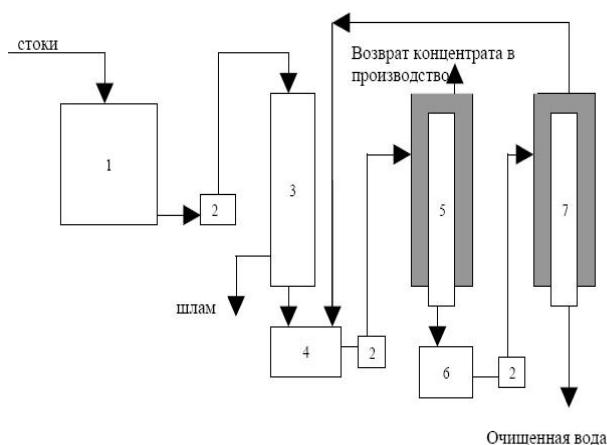
*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru)*

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоёмов, ввиду образования большого объёма сточных вод, содержащих вредные примеси тяжёлых металлов, неорганических кислот и щелочей, поверхностно-активных веществ и других высокотоксичных соединений.

Одним из путей решения данной проблемы является создание малоотходных и безотходных безопасных технологических процессов нанесения гальванических покрытий и очистки сточных вод, при которых достигается минимальный расход цветных металлов и эффективное энергосбережение.

На сегодняшний

день мембранные системы очистки воды являются одним из самых энергоэффективных и качественных методов очистки сточных вод [1,2]. Они являются наиболее продуктивными и представляют собой комплекс из особых полупроницаемых мембран, отделяющих фильтрат от очищаемой суспензии. Жидкая часть загрязненной субстанции проходит сквозь перегородку, а механические частицы задерживаются мембранным фильтром. На рис.1 представлена принципиальная схема мембранной очистки.



*Рис.1 Принципиальная схема мембранной очистки: 1-накопитель стоков; 2-насос; 3-механический фильтр; 4-накопитель стоков и концентрата 2-ой ступени; 5-обратноосмотический аппарат 1-ой ступени; 6-накопитель фильтрата 1-ой ступени; 7-обратноосмотический аппарат 2-ой ступени.*

В отличие от традиционных методов (насыпные фильтры, аэрация, химобработка, обеззараживание), требующих больших площадей, многошаговой технологии обработки, значительного количества эксплуатационного персонала, мембранные технологии имеют следую-

щие преимущества: компактность оборудования (например, один модуль ультрафильтрации диаметром 250 мм и длиной 1700 мм имеет производительность от 2,5 до 7 м<sup>3</sup>/час); простота наращивания мощностей ввиду модульной конструкции оборудования; надежная барьерная фильтрация; достаточно низкое энергопотребление; минимальное использование химикатов; возможность автоматизации процессов обработки и контроля качества воды.

Основными параметрами, влияющими на изменение, усиление и дополнение потоков, как растворителя, так и растворенного вещества, в основном являются движущие силы процесса (давление, разность электрического потенциала и концентрации), а также состав раствора (компонентный состав раствора, подкисление раствора и его предварительная обработка), режимные параметры и специальные виды обработки поверхности мембраны.

В результате изучения влияния различных полей на процессы ультрафильтрации и обратного осмоса были предложены и разработаны новые методы разделения водных растворов[3]. Электроультрафильтрация и электроосмофильтрация (электробаромембранные процессы) – это мембранные процессы, происходящие при одновременном воздействии градиентов давления и электрического потенциала.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания.*

#### ***Библиографический список***

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. / Под ред. проф. В.Н.Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002. – 352 с.
2. Найденко В.В., Губанов Л.Н. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств. – Нижний Новгород. Деком, 1999. – 357 с.
3. Лазарев С.И. Методы электробаромембранного разделения растворов: учебное пособие / С.И. Лазарев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. 84 с

*Абрамченко Е.В., Сбитнев С.А., Шмелев В.Е.*

**ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ МАЛОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА  
И ПОТЕНЦИАЛ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ  
НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых, кафедра электротехники  
и электроэнергетики, Россия, Владимир,  
(e-mail: evgenyabramchenko@me.com, ssbitnev@vlsu.ru, shmeliyoff\_v\_e@mail.ru).*

Создание физико-математической и компьютерной модели электрической сети небольшого населенного пункта, состоящего из частных домов (коттеджей) – комплексная задача, решение которой позволит приблизиться к практической реализации принципов умной сети. В более близкой перспективе построение такой модели, во-первых, позволит проанализировать с высокой точностью режимы работы проектируемой сети и внести оперативные корректировки в проект, во-вторых, позволит снизить капитальные затраты при строительстве новых участков электрических сетей в быстро развивающемся сегменте малоэтажного строительства, в-третьих, позволит улучшить показатели энергоэффективности. Результаты расчета режимов модели такой сети должны достаточно точно и объективно отражать реальные режимы в анализируемой энергетической сети.

При решении поставленной проблемы анализировались следующие методы. В прошлом веке и в настоящее время предпринимались и предпринимаются многочисленные попытки усовершенствовать метод расчёта режимов сетей по традиционным однолинейным (однофазным) схемам замещения, но надо иметь в виду, что этот метод имеет ряд принципиальных ограничений [1]. Таким образом, метод расчёта режимов сетей по однолинейным схемам замещения не может служить надёжной теоретической основой для дальнейшего развития электроэнергетических сетей, например, в направлении энергосбережения. Для замены устаревшего метода расчета режимов сетей по однолинейным схемам замещения на кафедре «Электротехника и Электроэнергетика» (ЭтЭн) ВлГУ разработан универсальный матричный метод расчета электрических сетей по трехфазным схемам замещения [2]. Расчет проводится по технологии «сетевых объектов», т.е. по комплексу моделей объектов электрической сети, представленных в матричной форме. При применении нового метода и последующего анализа результатов расчетов можно точно определить причины различных потерь электроэнергии, их распределение по элементам и

объектам конкретной сети, а также способы минимизации потерь различных видов.

Для построения модели электрической сети небольшого населенного пункта было использовано 4 типовых сетевых объекта: источник ЭДС, трехпроводная воздушная линия 10 кВ, трехфазный понижающий трансформатор 10/0,4 кВ с схемой соединения обмоток «звезда – звезда с нулем», четырехпроводная воздушная линия 0,4 кВ.

Объектом исследования является электрическая сеть поселка Иватино Меленковского района Владимирской области. Матричные операции с моделью сети проводились в программном комплексе MATLAB. Внесение исходных данных удалось упростить благодаря использованию разбивки всей сети поселка на определенные участки – логические пролеты, к которым могут быть подключены потребители электроэнергии. Используемая топология позволяет учесть любой вариант подключения нагрузки (на линейное или фазное напряжение), с высокой точностью учесть характеристики как фазных, так и нейтрального проводов линии. Используемая трехфазная модель трансформатора отражает несимметричность распределения магнитного потока между обмотками. На кафедре ЭтЭн разработан оригинальный метод расчета матрицы импедансов трехфазного трансформатора на основе паспортных данных [2]. Таким образом, был сформирован комплекс сетевых объектов различных классов, который представляет модель всей трехфазной электрической сети названного поселка.

Новый универсальный матричный метод может быть успешно применен для точного расчёта нормальных, а также предаварийных, аварийных и послеаварийных режимов электрических сетей. Результаты анализа этих режимов являются основой для построения энергоэффективных и надежных электрических сетей; а также для обеспечения качества электрической энергии в сетях всех классов напряжений.

#### *Библиографический список*

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Гардарики, 2006. – 701 с. – ISBN 5-8297-0159-6.
2. Селезнев В.Ю., Сбитнев С.А., Шмелев В.Е. Разработка и применение матричного метода расчета режимов электроэнергетических сетей различных классов напряжения по трехфазным схемам замещения.- Энергетик, 2014, №5.

*Аксенов В.В., Колчин П.С.*

## **РЕЛЬЕФНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
avaks\_68@bk.ru, Paolo44@mail.ru*

Эффективность поглощения электромагнитной энергии поверхностями из радиопоглощающих материалов многократно усиливается при увеличении геометрической сложности последних, то есть при придании поверхностям определенного рельефа. Рельеф поверхностей при этом может быть в виде выступов шиповидной, конусовидной, пирамидной, трубчатой, гофровой, волокнистой, сетчатой и иных форм.

Увеличение радиопоглощающей способности поверхности достигается за счет уменьшению коэффициента отражения вследствие многократного переотражения волн от поверхностей выступов, то есть за счет увеличения его активной поверхности, обращенной к излучателю. Поглощение радиоволн происходит при каждом отражении, поэтому теряется значительно больше энергии электромагнитной волны, чем при падении на ровную и гладкую поверхность. Примеры таких поверхностей приведены на рисунке 1.

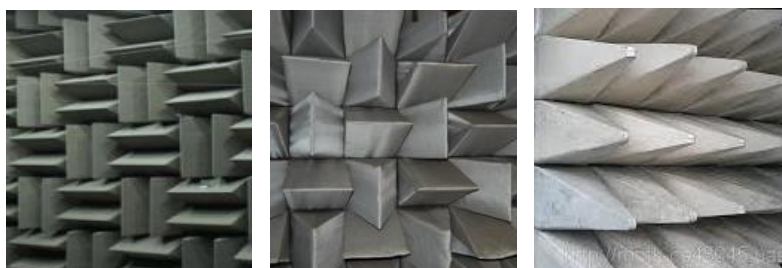


Рис. 1 Примеры энергопоглощающих поверхностей

Другой не менее важной особенностью, повышающей поглощающие свойства рельефных поверхностей, является угол падения электромагнитной волны к поверхности. Он не должен быть отвесным по отношению к облучаемой поверхности. В этом случае переход волн от воздуха к поглощающей поверхности будет более плавным, а граница раздела сред более сглаженной. Падающая волна сначала преобразуется в поверхностную, а затем затухает в поглощающем материале. Таким образом, волновое затухание основывается не только на свойствах радиопоглощающего материала, но и на свойствах гео-



метрической поверхности материалов. Научно доказано и подтверждено экспериментами, что для пирамидальной формы выступов поглощающей поверхности наиболее оптимальным с точки зрения снижения энергии отраженного сигнала является угол 12,5 градусов.

Известны также поглощающие поверхности, построенные по принципу поглотителей резонансного типа, в которых не используются поглощающие материалы поверхностей. Недостатком таких поглотителей является достижимость эффекта на необходимом уровне только на наборе частот кратных основной.

Эффективное поглощение энергии достигается за счет свойств самих материалов со значениями тангенса угла потерь большими 1. Высокая эффективная поглощающая способность материала позволяет снизить толщину радиопоглощающего материала, в том числе и со сложной рельефной поверхностью. Поглощающие поверхности, сочетающие в себе сложную рельефную поверхность с применением высокоэффективных поглощающих материалов, поглощают электромагнитную энергию в широком диапазоне частот и являются более широкополосными по сравнению с поглотителями резонансного типа, использующими четверть волновое согласование.

Вместе с тем радиопоглощающие материалы со сложной рельефной поверхностью имеют ряд существенных недостатков. В первую очередь это значительные габариты и вес, так как толщина пропорциональна длине волны, во вторую очередь высокую стоимость и неудобство при сборке, так как основу последних составляют, как правило, конструкционные материалы. Если предположить применение таких поверхностей, к примеру, для летательных аппаратов, то это сводит на нет все их летные характеристики.

Тем не менее, несмотря на перечисленные недостатки энергопоглощающие материалы со сложной геометрической формой крайне эффективны при строительстве стационарных наземных объектов в виде зданий, укреплений и т.д.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ, грант № 15-08-01617.*

*Аксенов В.В., Толстой К.А.*

**МАТЕРИАЛЫ,  
ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ ЭНЕРГИЮ  
РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
avaks\_68@bk.ru, kost9t@mail.ru*

К материалам, поглощающим электромагнитную энергию, относятся композиционные соединения, состав и структура которых позволяет поглощать электромагнитную энергию определенного диапазона радиочастотного спектра при незначительном отражении (радиопоглощающие материалы). Такие материалы применяются для противолокационной маскировки летательных аппаратов, сухопутных объектов и морских судов с целью уменьшения эффективной отражающей поверхности, а так же в качестве покрытий антенных устройств, обеспечивающих усиление чувствительности и т.д.

Основу таких материалов составляют графит, кермет, керамика, ферромагнетики, углеродистые волокна, мелкодисперсные соединения разных металлов, активированный уголь, сажа, порошок карбонильного железа и другие.

В случае взаимодействия электромагнитной энергии с радиопоглощающим материалом в последнем происходит поглощение, рассеяние и интерференция радиоволн. В зависимости от этого радиопоглощающие материалы делятся на интерференционные, градиентные и комбинированные. Структура интерференционных радиопоглощающих материалов представляет собой чередующиеся диэлектрические и проводящие слои. В них происходит интерференция волны, отразившейся от электропроводящих слоев и защищаемой металлической поверхности.

Градиентные материалы имеют многослойную структуру, в которой происходит плавное или ступенчатое изменение диэлектрической проницаемости по толщине. Однако, достаточную эффективность такие материалы имеют лишь при толщине 0,12—0,15 от длины поглощаемой волны. Внешний слой покрытия выполняется из прочного диэлектрика с пористой структурой, имеющего диэлектрическую проницаемостью близкую к единице. Другие слои выполняются из диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью, содержащих поглощающий проводящий наполнителем в виде сажи, графита и т.д. Наибольший эффект достигается, когда слои поглощаемого материала располагают в порядке возрастания их плотности по мере удаления от облучаемой поверхности при постепенном увеличении концентрации токопроводящих добавок.

Комбинированные радиопоглощающие материалы представляют собой сочетание градиентных и интерференционных материалов. Они отличаются способностью к эффективному радиопоглощению в широком диапазоне длин волн.

Свойства отдельных образцов материалов, отражающие поглощающую способность, приведены в таблице 1.

Магнитные радиопоглощающие материалы состоят из ферритов. Ферритовые покрытия характеризуются сравнительно малой толщиной слоя (1—10 мм) необходимого для эффективного поглощения.

Среди всего разнообразия композитных материалов различной структуры и свойств в зависимости от диапазонов волн выделяются две основные группы. Если соотношение максимальной и минимальной длин волн диапазона поглощения может быть более пяти, то материал относится к группе широкодиапазонных. В противном случае материал относится к группе узкодиапазонных поглощающих материалов.

Таблица 1. Поглощающая способность материалов

Материал	Длина волны падающего излучения, см	Поглощение излучения образцом, дБ
Нанопорошок сплава НК-29 толщиной 1,0 мм	3,0	15,0
	3,53	15,0
	4,0	25,0
	7,5	25,0
	10,0	20,0
Сплав D16AT	12,0	10,0

Современные радиопоглощающие материалы отражают не более 5% облучающей электромагнитной энергии. Специализированные узкодиапазонные на основе пенокерамики способны отражать не более 0,01% энергии, а также поглощать потоки энергии с плотностью до 8 Вт/см<sup>2</sup>. Однако следует помнить, что вышеприведенные характеристики материалов могут изменяться при изменении температуры среды. Среди разных материалов нет универсальных, все имеет свои преимущества и недостатки, каждый подбирается для решения конкретных задач.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ, грант № 15-08-01617.*

*Аксенова Т.В.*

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ  
СОПУТСТВУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: belova\_tatyana@bk.ru)*

К настоящему времени создано достаточно большое количество методов и реализующих их инструментальных средств, предназначенных для контроля технического состояния магистральных трубопроводов нефти, газа и нефтепродуктов (далее трубопроводы). Контроль технического состояния заключается в проверке соответствия значений эксплуатационных параметров требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов состояний в текущий момент времени.

Применимость методов контроля для линейной части трубопровода осложняется значительной протяжённостью и непрерывным характером работы. Большинство используемых методов рассчитаны на обнаружение уже возникших внештатных ситуаций, например, в методе отрицательных ударных волн нарушение герметичности трубопровода фиксируется по волне давления, появляющейся от утечки. Однако важным фактором в обеспечении безопасной и эффективной работы трубопроводного транспорта является обнаружение дефектов на ранней стадии их развития с целью предупреждения возникновения инцидентов и аварий.

Несоответствие эксплуатационных параметров объекта контроля его штатной модели может происходить по разным причинам: из-за воздействия неблагоприятных факторов внешней среды, старения материалов, износа оборудования и т.д. Для выявления участков предельного напряжённого состояния трубопровода эффективно использование метода акустической эмиссии (АЭ). Он основан на регистрации и анализе акустических волн, возникающих в процессе разрушения (роста трещин) контролируемых объектов, что позволяет формировать адекватную систему классификации дефектов и критерии оценки состояния объекта, основанные на реальном влиянии дефекта на объект.

Наиболее полно учесть разнородные неблагоприятные факторы, влияющие в процессе эксплуатации, возможно при рассмотрении объекта в классе систем со случайной скачкообразной структурой. Для этого необходимо определить множество состояний контролиру-

емого объекта, составляющих полную группу несовместных событий. Алгоритм распознавания состояний, основанный на байесовском подходе, представлен в [1]. Для повышения быстродействия распознавания изменения технического состояния предлагается использовать часть штатных измерителей, устанавливаемых на линейной части трубопровода, или специально разработанные измерители в качестве индикаторов сопутствующих признаков, с известными вероятностными характеристиками правильного обнаружения и правильного необнаружения:

$$q_{j,k}^{(s)}(x_j) = P[x_{j,k} | y_{j,k}^{(s)}, Pr], \quad j = \overline{1, J}, \quad s = \overline{1, S}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (1)$$

где  $y_{j,k}^{(n)}$ , - входной сигнал  $j$ -го индикатора, содержащий признак  $Pr$   $s$ -го состояния трубопровода;  $x_{j,k}$  - выходной сигнал  $j$ -го индикатора – индикаторной функции, принимающей значение 1 или 0 в зависимости от наличия признака в сигнале.

В качестве сопутствующих признаков могут быть использованы:

- превышение амплитуды импульса АЭ допустимого уровня;
- превышение количества импульсов АЭ допустимого значения;
- критическое соотношение амплитуда/количество импульсов;
- появление зоны повышенной концентрации источников АЭ;
- экспоненциальное нарастание амплитуды источника АЭ;
- экспоненциальное нарастание количества импульсов источника АЭ.

ка АЭ.

Таким образом, алгоритм распознавания технического состояния линейной части трубопровода, основанный на байесовском подходе, обеспечивает дополнительное распознавание изменения состояния контролируемого объекта за счёт регистрации сопутствующих признаков и учёте этой информации при определении текущего состояния. Исследование быстродействия алгоритма распознавания состояний показывает уменьшение времени обнаружения изменения состояния на 7 - 10%.

### *Библиографический список*

1. Павлов В.И. Эффективность информационно поддержки оператора при управлении объектом энергетики / В.И. Павлов, Т.В. Аксенова, В.В. Аксенов // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. - № 3. - С. 70-76.

*Алтунин К.А.*

## **СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(costjaaltunin@yandex.ru).*

Немаловажную роль при проектировании технологического процесса играет подбор оптимальных параметров механической обработки деталей. Применение интеллектуальных систем автоматизированного проектирования (САПР) при разработке технологического процесса позволяет повысить производительность и эффективность машиностроительного производства. При разработке интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов необходимо создание информационного обеспечения системы, основой которого является база знаний.

Перспективной формой представления знаний являются фреймы, благодаря своей универсальности и гибкости [1]. Фреймом называется структура для описания стереотипной ситуации, состоящая из характеристик этой ситуации и их значений. Характеристики называются слотами, а значения – заполнителями слотов. Совокупность фреймов, моделирующая какую-нибудь предметную область, представляет собой иерархическую структуру, в которую соединяются фреймы.

База знаний интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов должна содержать:

- информацию о технологическом оборудовании (станках), используемом при механической обработке детали;
- информацию об условиях обработки (жесткость системы станок-приспособление-инструмент-деталь, непрерывность резания и т. д.);
- сведения о режущем инструменте (его вид, тип, материал);
- режимные параметры, такие как скорость резания, подача, глубина резания, сила резания;
- параметры детали и требования к ее изготовлению;
- информацию о способе получения заготовки;
- информацию о способе закрепления заготовки в приспособлении.

Предлагается структура фреймовой модели базы знаний интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов, показанная на рисунке 1 в нотации UML. База знаний состоит из единой системы связанных между собой фреймов, которые имеют иерархическую структуру. Фрейм можно представить в виде класса, атрибу-

ты которого играют роль слотов. На вершине иерархии находится класс «Процесс механической обработки», определяющий вид механической обработки (точение, фрезерование, сверление и т. д.). В качестве атрибута выбран код технологической операции, согласно единой системе технологической документации.

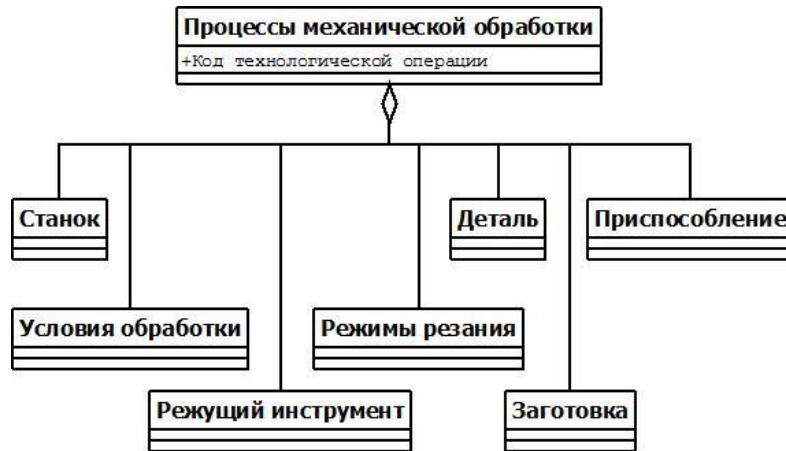


Рис. 1 – Структурная схема базы знаний процессов механической обработки материалов

В базе знаний представлены структуры фреймов «Станок», «Условия обработки», «Режущий инструмент», «Режимы резания», «Деталь», «Заготовка», «Приспособление». Каждый из этих классов можно разделить на подклассы. Их атрибуты будут варьироваться в зависимости от конкретного процесса резания. Таким образом, разработанная структурная схема базы знаний позволяет учесть наибольший объем информации, необходимой при проектировании процессов механической обработки материалов.

#### *Библиографический список*

1. Минский, М. Фреймы для представления знаний / М. Минский; пер. с англ. – Москва: Энергия, 1979. – 152 с.

*Андреанов Д.П.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОВИСАНИЯ ПРОВОДА ЛЭП МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Владимирский государственный университет имени А.Н.*

*и Г.Н. Столетовых, Россия, Владимир,*

*(andrianiv@vlsu.ru).*

Современные тенденции в науке и технике ориентированы на уточненное рассмотрение объектов благодаря бурному развитию физико-математических методов и информационных технологий. В последнее время получает все большее распространение метод конечных элементов, позволяющий производить численное моделирование объектов в распределенных параметрах.

Одной из основных задач при проектировании ЛЭП является расчет механической прочности проводов: механических напряжений и наибольших стрел провеса.

Рассмотрение провода ЛЭП как объекта с распределенными параметрами выглядит весьма «некомфортным», соотношение диаметр - длина составляет, в среднем, 1:10000. В связи с наличием различных внешних факторов (ветер, температура, гололед и др.), влияющих на механическое состояние провода ЛЭП, перспективным является подход, основанный на концепции распределенных параметров.

Расчетная модель провода ЛЭП представляет собой (рис. 1) трос, жестко закрепленный по краям, с приложением усилия от веса провода.

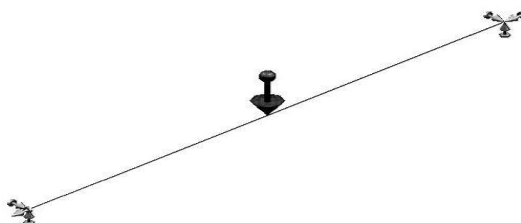


Рис. 1. Расчетная модель провода ЛЭП (SolidWorks).

Роль граничных условий расчетной модели играют сечения провода, соответствующие местам его подвеса на опорах ЛЭП.

Моделирование провисания провода ЛЭП проводилось в программном комплексе SolidWorks. Из доступных в настоящее время расчетных программ, связанных с моделированием методом конечных элементов, SolidWorks имеет неоспоримое преимущество, основанное на 3D-моделировании и удобном интерфейсе ввода данных.

Решатель программы разбивает моделируемый объект на конечные элементы (рис. 2).



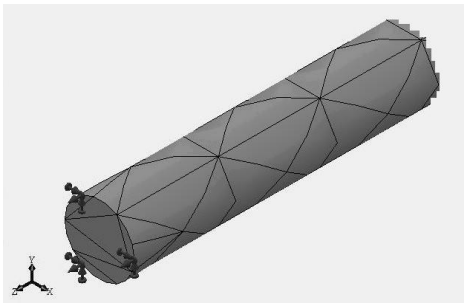


Рис. 2. Разделение конца провода на объемные конечные элементы.

Моделирование показало наличие локальной зоны с повышенным внутренним напряжением, примыкающей к конечному сечению провода (зона граничных условий). На коротком участке провода (длина нескольких конечных элементов) величина напряжения снижается до постоянной величины, действующей практически на всей длине провода.

Результаты расчетов прогиба (провиса) провода в диапазоне длины пролета 20...100 м для провода диаметром 10 мм из холодно-тянутой стали приведены на рис. 3.

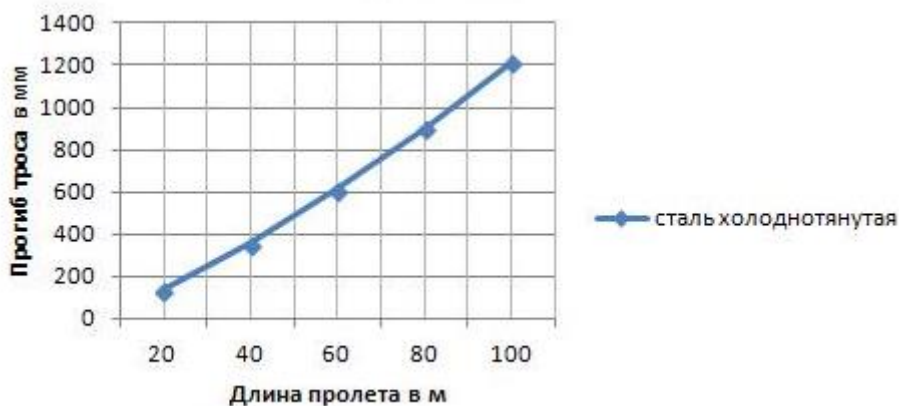


Рис. 3. Прогиб провода в зависимости от длины пролета

#### *Библиографический список*

1. Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 1040 с.

*Андреанов Д.П.*

## **КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

*Владимирский государственный университет имени А.Н.  
и Г.Н. Столетовых, Россия, Владимир,  
(e-mail: andrianov@vlsu.ru).*

При моделировании тепловых процессов технических устройств с помощью современных вычислительных средств (пакет SolidWorks) проектировщик должен

- разработать 3D-модель устройства с учетом материалов деталей, из которых состоит устройство,
- уточнить вычислительный сценарий (выбор типа теплообмена),
- задать начальные и граничные условия (температура внешних поверхностей),
- определить условия тепловыделения (элементы, выделяющие тепло, в целом или через поверхности),

Моделирование тепловых процессов вентильного электродвигателя проводится с учетом следующих допущений:

- решается стационарная задача,
- обмотки возбуждения представляются как сплошное однородное тело, ограниченное гладкими поверхностями,
- статор рассматривается как сплошное однородное тело,
- контакт обмоток возбуждения с ребрами статора происходит по всей поверхности прилегания.

3D-модель вентильного электродвигателя приведена на рис. 1, причем для наглядности на верхнюю крышку и корпус наложено условие прозрачности.

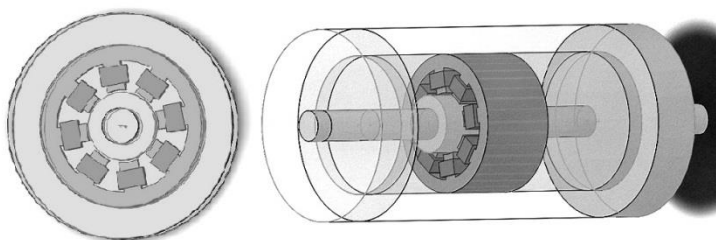


Рис. 1. Расчетная 3D-модель вентильного электродвигателя (SolidWorks).

В качестве граничных условий задается температура на наружной поверхности корпуса и крышек электродвигателя.

Выделяемая тепловая мощность прикладывается к обмоткам возбуждения.

Решатель программы разбивает моделируемый объект на конечные элементы (рис. 2).

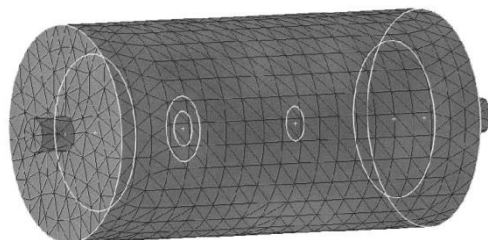


Рис. 2. Разделение конструкции электродвигателя на объемные конечные элементы.

Вычислительный сценарий, т.е. учет механизмов теплообмена, может включать в себя кондуктивный, конвективный и радиационный теплообмены.

При учете только кондуктивного теплообмена (передача тепла через поверхности соприкосновения твердых тел) картина распределения теплового поля показывает максимальные температуры на поверхностях обмоток (рис. 3).

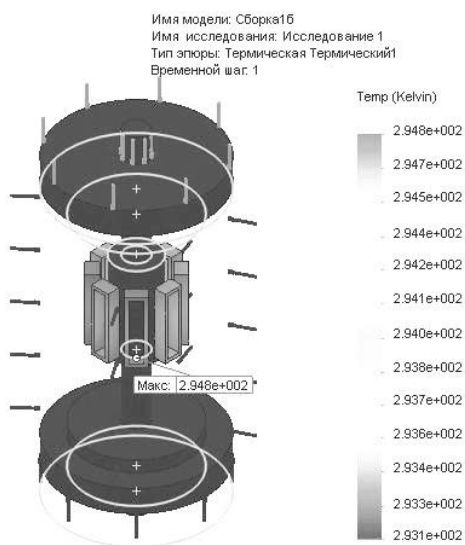


Рис. 3. Картина распределения температуры внутри конструкции (на обмотках) вентильного электродвигателя.

### *Библиографический список*

1. Андрианов Д.П. Численное моделирование тепловых процессов электродвигателя на основе 3D моделей. Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014» (Москва, 15-16 апреля 2014 г.) – М.: Издательский дом МЭИ, 2014, с. 187-188.

*Артемова С.В.<sup>1</sup>, Артемов А.А.<sup>2</sup>,  
Мелисаров В.М.<sup>1</sup>, Подхватилин П.А.<sup>1</sup>*

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: sartemova@ya.ru).

<sup>2</sup> Тамбовский государственный университет  
имени Г.Р. Державина, Россия, Тамбов

К задачам, возникающим на этапах проектирования, относится задача структурного построения информационно-управляющих систем (ИУС) с учетом оптимальности параметров по заданным критериям и ограничениям на характеристики, синтезируемой системы. Комплекс задач структурного построения ИУС включает оптимальный выбор следующих составляющих: состава функциональных модулей программного обеспечения; содержания межмодульного интерфейса; технического обеспечения; а также архитектуры ИУС тепло-технологическими аппаратами (ТТА) в целом, формализуемой в виде функциональной блок-схемы, с учетом заданных технико-экономических характеристик функционирования разрабатываемой системы [1].

Задача структурного построения проектных решений формулируется следующим образом [1]: следует (необходимо) найти оптимальное проектное решение архитектуры ИУС  $\gamma^* = \arg \min\{S(\gamma) | \gamma \in \Gamma\}$ , где  $\gamma = (M_{OU}, M_{ИУПС}, M_{ИИПС}, M_{ИИ}, M_{БД}, M_{БЗ}, S_{св})$  – вариант архитектуры,  $\Gamma$  – множество вариантов архитектур ИУС, здесь  $M_\alpha$ ,  $\alpha \in \{OU, ИУПС, ИИПС, БД, БЗ, ИИ\}$  – информационные модели представления соответственно: объекта управления; информационно-управляющей подсистемы (ИУПС), информационно-измерительной подсистемы (ИИПС), интеллектуального интерфейса (ИИ), базы данных (БД), базы знаний (БЗ),  $S_{св}$  – матрица информационных связей между моделями  $M_\alpha$ .

В качестве целевой функции предложен критерий приведенных затрат, зависящий от принимаемых проектных решений  $S(\gamma) = \min(S^{\text{фнм}} + S^{\text{со}} + S^{\text{БД}} + S^{\text{БЗ}} + S^{\text{ДС}} + S^{\text{ТС}} + S^{\text{По}} + S^\varepsilon)$ , где  $S(\gamma)$  – общая стоимость,  $S^{\text{фнм}}$  – стоимость разработки функциональных программных модулей;  $S^{\text{со}}$  – системной отладки;  $S^{\text{БД}}$  – создания баз данных;

---

<sup>1</sup> Работа поддержана грантом РФФИ 14-08-00198 2014 – 2016 гг.

$s^{B3}$  – создания баз знаний;  $s^{DS}$  – разработки сценариев диалога;  $s^{TS}$  – технических средств системы;  $s^{Po}$  – программного обеспечения;  $s^{\mathcal{O}}$  – приведенная стоимость эксплуатации ИИУС [1]. Решение задач структурного синтеза предлагается осуществлять с использованием эволюционных методов в частности генетических алгоритмов.

### **Библиографический список**

1. Артемова, С.В. Информационная система оптимального управления тепло-технологическими аппаратами: монография – М.; СПб; Вена; Гамбург: Изд-во МИНЦ, 2011.– 234 с.

**Артемова С.В.<sup>1</sup>, Артемов А.А.<sup>2</sup>,  
Мелисаров В.М.<sup>1</sup>, Подхватилин П.А.<sup>1</sup>**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ТЕПЛО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: sartemova@ya.ru).

<sup>2</sup> Тамбовский государственный университет  
имени Г.Р. Державина, Россия, Тамбов

Постановка задачи построения интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологическими аппаратами (ИИУС ТТА) связана с различными этапами процесса проектирования. В процессе проектирования систем могут быть выделены следующие основные этапы: предварительный этап, этапы технического и рабочего проектирования.

В ходе предварительного этапа синтезируются основные, принципиальные решения, задающие информационную концепцию ИИУС ТТА. При этом выполняется анализ предметной области, в результате которого определяется: состав ТТА, задачи управления и измерения, технологии их решения, требуемая информация для решения, а также формулируются требования пользователей ИИУС ТТА к ее эффективности и качеству [1].

В ходе этапа технического проектирования синтезируются уточняющие решения, реализующие техническую концепцию ИИУС ТТА. При этом выполняется следующий комплекс работ по структурному построению ИИУС ТТА: выбор оптимального комплекса техни-

---

<sup>1</sup> Работа поддержана грантом РФФИ 14-08-00198 2014 – 2016 гг.

ческих и программно-аппаратных средств, на базе которого реализуется ИИУС ТТА; определение множества выполняемых функций ИИУС ТТА; построение оптимальной структуры программного обеспечения ИИУС ТТА и разработка его спецификаций; выбор типа используемого автоматизированного банка данных, определение логической и физической структуры базы данных; определение используемых моделей представления знаний и структуры базы знаний [1].

В ходе этапа рабочего проектирования синтезируются параметры системы и создается документация на ИИУС ТТА. Под структурой ИИУС понимается совокупность составляющих систему элементов и организация связей между ними. Результатом решения задачи структурного построения является проектное решение архитектуры ИИУС ТТА [1].

Основной из работ, проводимых на стадии технического проектирования, является декомпозиция системы по функциональному назначению на подсистемы и составляющие их функциональные модули, реализующие решения задач ИИУС ТТА. При этом, на основании анализа предметной области, определяются информационные особенности системы, потоки и связи информации для подсистем при этом обеспечивается экстремум заданного критерия разбиения, учитывающего удобство последующего детального анализа, разработки и внедрения ИИУС ТТА.

На основе результатов, полученных на этапе анализа предметной области, происходит построение перспективной структуры ИИУС ТТА. При этом одним из наиболее важных критериев выделения подсистем и функциональных модулей является минимизация числа информационных связей системы. Система должна быть представлена в виде набора слабо связанных частей. Слабая связь между частями системы означает отсутствие обратных связей, а также интенсивного обмена информацией [2].

Для минимизации числа информационных связей системы большое значение при проектировании ИИУС ТТА имеют задачи типизации [3] проектных решений при разработке алгоритмического, программного и информационного обеспечения создаваемых ИИУС различными ТТА.

Результатом типизации является синтез проектных решений, приводящий к заданному множеству типовых подсистем и функциональных модулей ИИУС ТТА, совместно выполняющих множество функций на множестве выбранных объектов с требуемой эффективностью и с учетом их индивидуальных особенностей.

Наиболее универсальными общесистемными критериями, позволяющими оценить качество проектных решений, являются минимум

приведенной стоимости разработки, отладки и эксплуатации ИИУС ТТА и общее время разработки и отладки программного и информационного обеспечения [3]. В качестве цели проектирования целесообразно выбрать обеспечение гарантированного минимума затрат любого вида.

### **Библиографический список**

1. Артемова, С.В. База знаний оптимальной информационно-управляющей системы сушильной установки / С.В. Артемова, А.Н. Грибков // Программные продукты и системы. – 2012. – № 1. – С. 61–64.

2. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009. – 608 с.

3. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем / Н.А. Кузнецов, В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 800 с.

**Афанасьев А.Д., Головченко Е.В., Дьяченко В.А.**

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ**

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

Для оценки применимости тензорной модели [1] был осуществлен анализ телекоммуникационной сети на основе анализируемого метода и с помощью имитационного моделирования. Расчет производился для телекоммуникационной сети, схема которой представлена на рисунке 1.

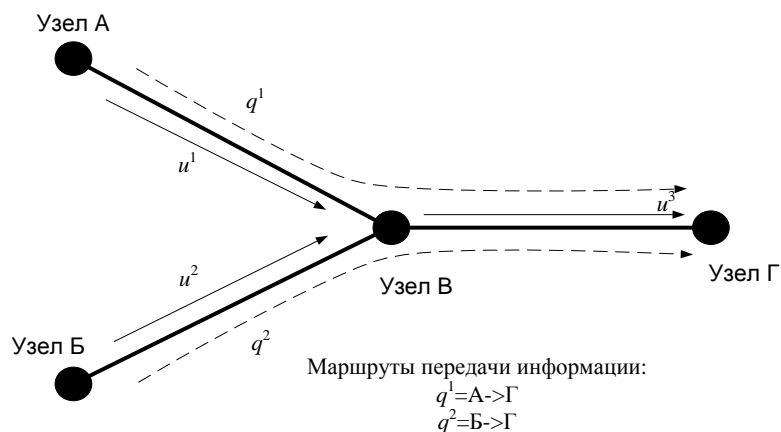


Рис. 1 Топология анализируемой телекоммуникационной сети

В качестве основного анализируемого параметра использовалась задержка передачи пакетов между окончными узлами сети.

Аналитические расчеты проводились в системе Maple 17. Результаты расчетов для телекоммуникационной сети с моделями каналов M/M/1 и M/D/1 представлены на рисунке 2.

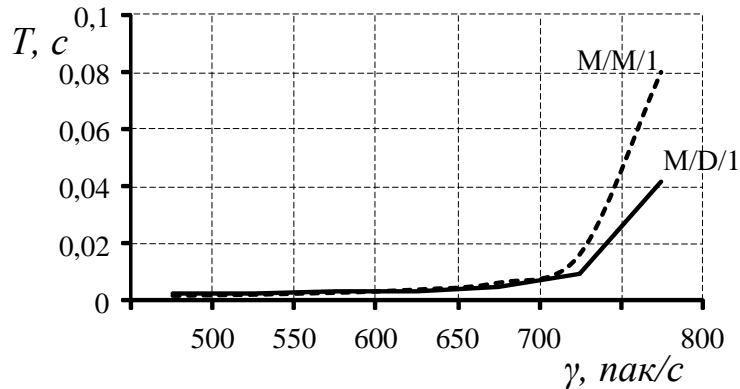


Рис. 2 Результаты аналитических расчетов

Общий характер поведения зависимости задержки телекоммуникационной сети  $T$  от интенсивности входного потока, представленной на рисунке 2, соответствует известным характеристикам телекоммуникационных сетей. Отличия между зависимостями задержек  $T$  для различных методов обслуживания также подтверждают правильность проведенных расчетов: худшие задержки возникают при экспоненциальном обслуживании пакетов, наилучшие – при постоянном времени обслуживания (постоянной длительности пакетов).

Имитационное моделирование проводилось в дискретно-событийной системе моделирования Network Simulator NS-3 [2]. Система моделирования представляет из себя ряд библиотек, описывающих работу различных сетевых протоколов и интерфейсов, и могут быть использованы вместе или совместно с внешними библиотеками. Система использует языки программирования C++ и Python. Прямая работа с системой осуществляется с командной строки, но возможно использование с интегрированными средами разработки IDE. Возможность использования различных систем визуализации и анализа данных, анимации и других систем обработки информации дает гибкость применения системы моделирования при решении различных задач.

Система моделирования позволяет проанализировать загрузку узлов коммутации, интенсивности передачи пакетов в каналах связи, по маршрутам передачи, среднюю задержку передачи по маршрутам, отклонение задержки передачи  $PDV$ , межпакетное отклонение задержки  $IPDV$  и другие параметры.



Зависимости задержек передачи  $T$  от интенсивности поступления пакетов полученные в результате моделирования и аналитических расчетов телекоммуникационной сети представлены на рисунке 3.

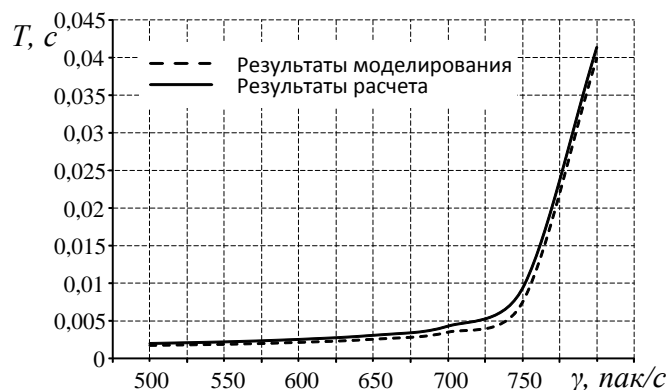


Рис. 3 Сравнение зависимостей задержек передачи  $T$  от интенсивности входного потока  $\gamma$ , полученные в результате имитационного моделирования и в результате аналитических расчетов

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения тензорного метода [1] для анализа телекоммуникационных сетей.

#### *Библиографический список*

1. Особенности анализа телекоммуникационной сети на основе тензорного метода. Головченко Дьяченко Федюнин. - Международная НПК «Охрана, безопасность и связь», Воронежский институт МВД, 2014 г. - С. 62-69.

***Афонин В.И.***

### **К ВОПРОСУ О РАБОТЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ**

*Владимирский государственный университет имени А.Г. Столетова  
и А.Н. Столетова, (oid@vlsu.ru)*

Пассажирские подъемники (лифты, эскалаторы и т.п.) настолько прочно вошли в среду жизнеобитания человека, что современный мир представить без них невозможно.

Нам привычно, что перемещение грузов осуществляется подъемными механизмами с постоянной скоростью независимо от направления движения и величины нагрузки.

Эффективность работы грузоподъемных систем связано с повышением производительности привода и снижением энергопотребления.

Возникают вопросы: «возможно ли реализовать изменения скорости перемещение груза» и «как это повлияет на мощность привода»? Рассмотрим процесс регулирования скорости, частота питания ( $f$ ) может превышать рабочую частоту ( $f_p$ ) в 1,5 ... 3 раза.

При возрастании частоты питания число оборотов ротора двигателя увеличивается, магнитное поле ослабевает и, как следствие, вращающий момент снижается (рис. 1)

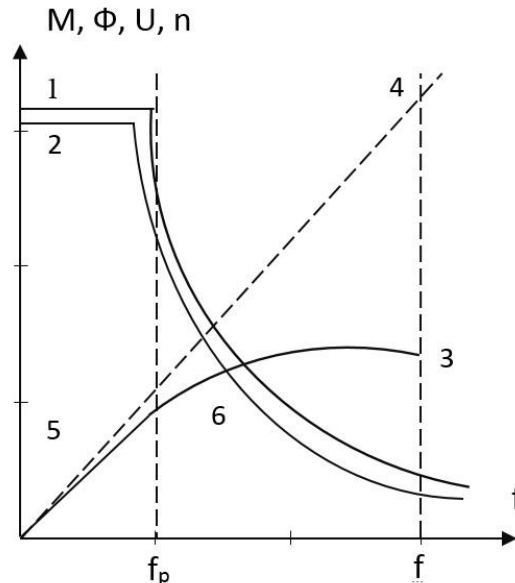


Рис.1. Графики работы при  $f > f_p$  и понижающейся нагрузке: 1 – вращающий момент; 2 – магнитный поток; 3 – изменение напряжения; 4 – скорость вращения ротора; 5 – зона постоянного вращающего момента при рабочей частоте; 6 – зона изменения вращающего момента при снижении нагрузки.

Если  $f \leq f_p$ , то отношение  $U/f$  остается неизменным и момент вращения двигателя будет поддерживаться постоянным.

Перемещение груженой кабины лифта вверх, а порожней вниз происходит при максимальной мощности двигателя. Тогда как перемещение порожней кабины лифта вверх, а груженой вниз происходит при потреблении минимальной мощности и малом вращающем моменте.

После разгрузки кабины на предельном этаже переход на высокую скорость может выполняться мгновенно, например, переключением соединения обмоток двигателя со «звезды» на «треугольник».

Графики механических характеристик двигателей при изменении частоты питания приведены на рис. 2.

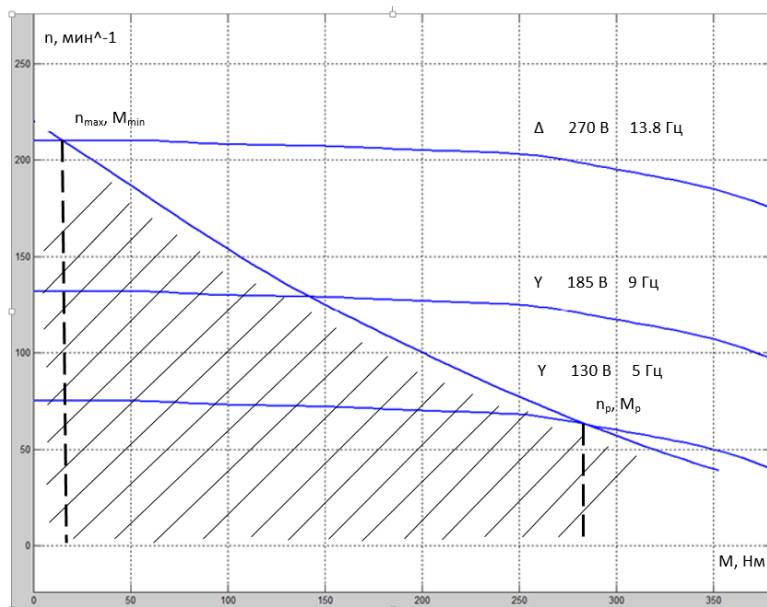


Рис. 2. Вращающий момент, скорость, нагрузка.

В приведенном примере рассматривается работа привода в I квадранте, когда груженная кабина перемещается вверх (точка с координатами  $n_r$  и  $M_r$ ). При вызове порожней кабины с верхнего этажа перемещение выполняется с высокой скоростью (точка с координатами  $n_{max}$  и  $M_{min}$ ).

Таким образом, кабина лифта или грузоподъемное устройство крана может перемещаться с разной скоростью в зависимости от величины нагрузки и направления движения.

Использование способа управления скоростью при изменении частоты питания позволит качественно изменить технологии управления грузоподъемными механизмами и снизить энергопотребление.

*Баин А.М., Каунг Сан, Портнов Е.М.*

## **К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

*Национальный исследовательский университет "МИЭТ"  
(evgen\_uis@mail.ru)*

Для систем телемеханики (СТ), ориентированных на работу в стационарном и аварийном режимах, главным критерием является не столько обслуживание стационарного потока канала телеуправления (ТУ), интенсивность которого незначительна, сколько обслуживание пикового аварийного потока, оставляющего за собой "шлейф" из цепочки взаимосвязанных переключений состояния объ-

ектов. Для оценки возможности СТ по обработке аварийного потока ТУ проведем анализ его пропускной способности при возникновении цепочки аварий на всех объектах контроля. За исходные данные примем требуемую минимальную разрешающую способность устройства обслуживания заявок каналов связи, равную  $T_p = 10$  мс. Среднестатистическая скорость возникновения аварийной информации равна:

$$V_{ав} = \frac{n_1}{T_p m_0}, \quad (1)$$

где  $n_1=200$  - среднестатистическое число объектов контроля на контролируемых пунктах (КП),  $m_0=600$  1/год - число переключений одного объекта контроля.

Вычисления показали, что загрузку центра обработки информации (ЦОИ) аварийным потоком телеуправления можно привести к следующему виду:  $\eta_{ав} = 2.25x + 0.07$ , где  $1 > x \geq 0$  определяет долю данных, требующих обработки.

Как видно, начиная с величин  $x = 0.1$  в ЦОИ не только остается времени для других видов информации, но и не хватает ресурсов для обслуживания только заявок канала телеуправления. Таким образом, для повышения пропускной способности каналов связи необходимо обеспечивать сжатие данных, т.е. уменьшение интенсивности потока заявок по каналам телеуправления.

Предлагаемый способ повышения пропускной способности канала ТУ основан на следующих положениях: в состав устройства КП вводится буферная память для регистрации и хранения аварийной информации; ЦОИ определяет изменения состояния датчиков, при этом контролирует число фиксируемых изменений от момента завершения обработки предшествующей заявки; при обнаружении второго и последующих изменений включается механизм регистрации в буферной памяти КП: адреса объекта контроля изменившего свое состояние; временного сдвига между первым и каждым последующим событием; зафиксированного состояния объектов контроля.

Накопленная в буферной памяти КП информация вводится в ЦОИ после завершения аварии. Длительность аварии ограничивается временем срабатывания систем защиты энергообъектов, составляющим  $t_{ав} = 5 - 10$  с. Примем, что за время аварии число изменений состояний объектов контроля равно их числу. Для каждого такого изменения в буферную память КП вносится:

-код адреса объекта контроля;

-код значений временных сдвигов между регистрируемыми событиями, причем число разрядов кода  $n_{код} = \log \frac{t_{ав}}{t_{дис}}$ , где  $t_{дис}$  - установленное время дискретизации смежных аварийных событий;  
- зафиксированное состояние объекта контроля.

Учитывая байтовую структуру информационных кодовых слов, можно определить общее число информационных сообщений, которые должны быть введены в ЦОИ :

$$N_{ав} = E \frac{\log n_1 + \log \frac{t_{ав}}{t_{дис}}}{m_0} n_1 + 2, \quad (2)$$

где  $E$  - знак округления до ближайшего большего целого. Второе слагаемое - двухбайтная посылка, с помощью которой определяется временной сдвиг между началом ввода информации в ЦОИ и моментом фиксации первого аварийного события. По данным этой посылки восстанавливается астрономическое время всех событий с дискретностью в 10 мс, что дает возможность расширить пределы временного сдвига от момента начала аварии до момента ввода аварийной информации в ЦОИ до величины  $T_c = 300$  с, что вполне достаточно для выбора отрезков времени, когда ЦОИ может воспринять аварийную информацию без корреляции с необходимостью ввода других видов информации.

Результаты расчетов показали, что благодаря предложенному авторами способу повышения пропускной способности каналов связи, скорость ввода аварийной информации в ЦОИ, равно как и его загрузка снизилась примерно на один порядок, что говорит об эффективности предложенного авторами подхода.

***Баранов Р.А., Пресняков М.Ю.***

## **ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ СКРЫТОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ**

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

Анализ вооруженных конфликтов последнего времени показывает, что принято считать управление скрытым, если удалось сохранить в тайне от разведки противника принятую систему управления, основные мероприятия по подготовке операции и осуществление управления войсками в ходе операции. Используя высокий уровень

корреляции между системой управления и системой связи авиационного формирования (АФ), противник может с помощью средств разведки вскрывать систему управления авиационного формирования, выявлять мероприятия по подготовке операции и обнаруживать управление в ходе боевых действий.

В качестве основного требования к системе связи АФ по достижению скрытости управления, рекомендуется принять способность системы связи находится в разведзащищенном состоянии в течение требуемого времени ( $T_{тр}$ ) с требуемой вероятностью ( $P_{скр.тр}$ ) [1]. Поэтому в качестве главного показателя принята вероятность выполнения системой связи АФ требования по скрытости управления в течении требуемого времени ( $T_{тр}$ ).

Установлено, что управление авиационным формированием будет скрытым, если радио-, радиотехническая разведка противника (РРТР) вскрыет менее 80% элементов системы связи в течении требуемого времени [1]. Поэтому в качестве критерия оценки эффективности системы связи по главному показателю принято выражение:

$$P_{скр.тр} \left( \bar{T}_{вскр.эсс} (0,8N_{эсс}) > T_{тр} \right) \geq 0,8, \quad (1)$$

где  $\bar{T}_{вскр.эсс}$  - среднее время вскрытия элемента системы связи АФ;

$N_{эсс}$  - количество элементов в системе связи АФ.

Разведзащищенность системы связи можно оценить через разведзащищенность узлов связи и разведзащищенность линий воздушной и наземной связи. Исходя из этого общим показателем в работе принято среднее время вскрытия системы связи авиационного формирования системой РРТР противника на уровне  $0,8N$  ее элементов.

В ходе исследования установлено, что среднее время вскрытия системы связи на уровне  $0,8N$  не должно быть менее 24 ч. Поэтому в качестве критерия оценки разведзащищенности системы связи по общему показателю принято выражение.

Если рассматривать узел связи пункта управления (УС ПУ) как систему, то ее элементами можно считать все станции, группы и центры, образующие сам узел связи как систему.

Узел связи считается вскрытым, если вскрыто 80 % и более радиэлектронных средств входящих в его состав и определена принадлежность узла связи к пункту управления по совокупности разведывательных признаков, выявленных за время функционирования узла связи с требуемой вероятностью распознавания принадлежности. Поэтому в качестве критерия оценки разведзащищенности узлов связи АФ по частному критерию принято выражение:

$$\bar{T}_{вскр. УС.АФ} = T_{вскр.эл. УУ.АФ} (0,8N_{эл}) \geq 24 \text{ ч}, \quad (3)$$

где  $\bar{T}_{\text{вскр}} \text{ эл УСАФ}$  - среднее время вскрытия 80% элементов узлов связи АФ.

Оценка скрытости управления АФ по времени вскрытия системы связи дает возможность проводить сравнительную оценку нескольких вариантов построения системы связи и осуществлять выбор наиболее целесообразного.

Предложенные показатели позволяют оценивать разведзащищенность линий и узлов связи в частности, а также системы связи в целом по достижению скрытости управления АФ.

Таким образом, выбранные показатели полно характеризуют способность системы связи обеспечить скрытость управления АФ и поэтому могут быть использованы для оценки системы связи в соответствии с выбранной методикой.

#### *Библиографический список*

1. Скоморохов Н.М. Теория эффективности боевых действий авиации.– Монино: ВВА, 2008. – 96 с.
2. Комарович В.Ф. и др. Защита систем военной связи от радиоразведки и радиоподавления противника. -Л: ВАС, 2009. - 248 с.

*Баршутин С.Н., Ушаков А.В., Баршутина М.Н.*

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИМЕСЯМИ БЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(aspirs@yandex.ru).*

Исследование структур, содержащих частицы размером единицы нанометров, не возможно без учета квантовых состояний этих частиц. Поэтому применение квантово-механической модели при описании свойств подобных структур является обязательным условием. Однако учет всех параметров в квантово-механической модели практически не возможен и на практике применяют ряд ограничений при использовании модели. В нашем случае для правильной постановки задачи на первом этапе построения модели необходимо провести анализ состояний и построить энергетические уровни этой структуры.

Рассмотрим структуру, состоящую из двух металлических электродов между которыми расположен диэлектрик с примесями. Пока природа диэлектрика для нас не важна, как и природа примеси. Ис-

ходными данными в нашем случае будет является структура представленная на рис.1., в которой сделаем допущение, что диэлектрик 2 будет иметь достаточно высокие барьеры, чтобы не учитывать над барьерный проход электронов, а примесь имеет размеры порядка 0,5 нм.

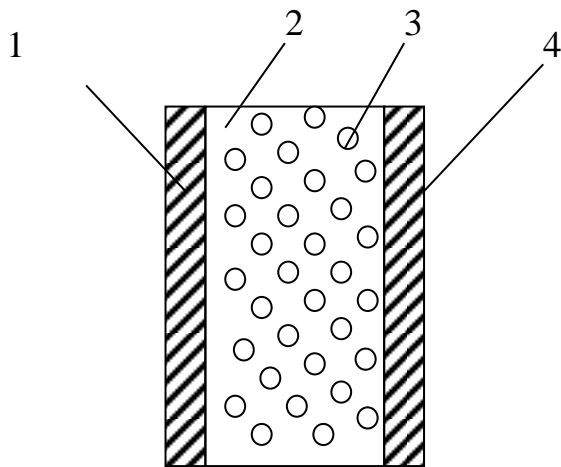


Рис.1 Структура диэлектрической матрицей с примесями.  
1, 4 – электроды,  
2 – диэлектрическая матрица,  
3 – примеси.

Для простоты описания подобной структуры сделаем еще одно допущение: частицы примеси 3 расположены друг от друга на относительно равных расстояниях и в связи с их малым размером относительно расстояния между частицами взаимодействие между частицами без наложения электрического поля учитывать также не будем.

Еще одним условием при построении энергетической структуры было наличие только однотипной примеси с одинаковым распределением энергетических уровней.

В результате энергетическая диаграмма структуры, изображенной на рис.1 представлена на рис.2

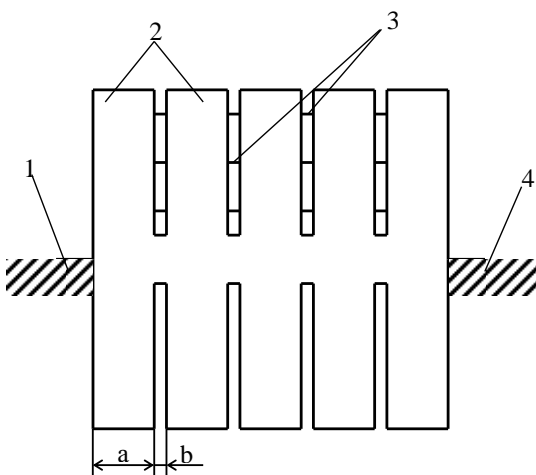


Рис. 2 Энергетическая модель структуры диэлектрической матрицей с примесями:  
1, 4 – энергетические уровни электродов, 2 – энергетические уровни диэлектрической матрицы, 3 – энергетические уровни примеси, а – расстояние между примесями, b - размер примеси.



*Безрядин В.А., Стафеев М.А., Шелухин Р.Г.*

## **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ ПО РАДИОКОНТРОЛЮ**

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

В течение последнего десятилетия в авиации произошли принципиальные изменения, характеризующиеся, в первую очередь, изменением парка используемых систем и средств связи, использованием современных цифровых радиосредств (РС) и передачи данных [1].

Указанные изменения в организации и техническом обеспечении РС авиации наряду с одновременным резким возрастанием возможностей радиоразведки (РР) по добыванию информации обусловили возрастание роли радиоконтроля (РК) в пресечении утечки сведений, составляющих государственную и служебную тайну.

В связи с ограниченностью ресурса сил и средств РК может осуществляться выборочно, что предполагает определение объема выборки. Эта задача может быть решена на основе подхода к оценке информативности линий связи с учетом потенциальной важности передаваемых сообщений.

Оценка информативности проводится с учетом имеющейся информации об объектах защиты и проводится с целью выявления каналов связи, которые используются для передачи служебной информации должностными лицами частей и подразделений, выполняющих работы, связанные со сведениями, составляющими государственную и (или) служебную тайну.

Оценку информативности каналов связи целесообразно осуществлять в два этапа.

На первом этапе с целью определения объема и порядка проведения дальнейших работ по оценке информативности средств РС проводится оценка потенциальной информативности каналов связи без применения средств РК.

На втором этапе с целью подтверждения предварительных выводов о потенциальной информативности каналов связи проводится оценка информативности каналов связи с применением средств РК.

Показателем информативности конкретной линии связи (канала связи) является коэффициент информативности, учитывающий:

уровни важности объектов и мероприятий, проведение которых планируется (предполагается) на объекте защиты;

количество и сроки проведения на объектах мероприятий, представляющих интерес для РР.

Коэффициент информативности линий связи рассчитывается на каждом временном интервале (календарный день) по формуле

$$W_j = \sum_{i=1}^L Z_{ij}, \quad (1)$$

где  $i$  – номер объекта ( $i=1, L$ ,  $L$  – количество объектов защиты);  $j$  – номер канала связи;  $Z_{ij}$  – частный коэффициент информативности  $j$ -го канала связи, характеризующий его информативность при использовании на  $i$ -м объекте и рассчитываемый по формуле

$$Z_{ij} = V_i m_i k_{ij}, \quad (2)$$

где  $V_i$  – весовой коэффициент, который характеризует уровень важности  $i$ -го объекта защиты при проведении на нем  $r$ -го мероприятия ( $r=1, m_i$ ,  $m_i$  – количество мероприятий, проведение которых планируется на  $i$ -м объекте на рассматриваемом временном интервале);  $k_{ij}$  – двоичный индикатор, характеризующий использование  $j$ -го канала связи на  $i$ -м объекте и принимающий значение «0», если канал на  $i$ -м объекте не используется, или «1», если канал используется.

Весовой коэффициент  $V_i$  рассчитывается по формуле

$$V_i = V_{O3} + \sum_{r=1}^{m_i} V_r, \quad (3)$$

где  $V_{O3}$  – весовой коэффициент, характеризующий уровень важности объекта;

$V_r$  – весовой коэффициент, характеризующий уровень важности мероприятия, проводимого на объекте защиты.

Таким образом, указанный методический подход позволит проводить оценки потенциальной информативности каналов связи и может использоваться при подготовке исходных данных для планирования работ по РК объектов защиты авиации.

### *Библиографический список*

1. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации. –М.: Радио и связь, 1985. –247 с.

*Безрядин В.А., Стафеев М.А., Шелухин Р.Г.*

## **ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЯЗИ В ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛАХ**

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

Одной из важнейших задач связи и радиотехническое обеспечение (РТО) является оценка их эффективности [1]. В то же время в настоящее время насчитывается около 500 основных показателей, характеризующих эффективность связи и РТО. Они характеризуются многообразием, разнотипностью, уровнем детализации и другими особенностями. В связи с этим возникает задача структуризации таких показателей с учетом уже сложившейся классификации верхнего уровня таких показателей [1,2].

В интересах решения данной проблемы была проведен анализ показателей в интересах формирования их рациональной структуры. Такая работа проводится в рамках разработки научно-методического пособия «Показатели, используемые для оценки эффективности связи в Военно-воздушных силах». Данное пособие предназначено для слушателей факультета обеспечения боевых действий авиации, обучающимся по направлению подготовки магистратуры по специальности «292300 управление боевым обеспечением войск (сил)» и дисциплине «Связь, радиотехническое обеспечение и автоматизации управления в Военно-воздушных силах».

В результате анализа рациональная структура показателей представляется следующим образом:

1. Своевременность.
  - 1.1. Оперативность.
  - 1.2. Пропускная способность
2. Достоверность.
3. Безопасность военной связи (безопасность информационного обмена).
4. Имитостойкость.
5. Устойчивость.
  - 5.1. Устойчивость линий связи в условиях РЭБ.
  - 5.2. Помехоустойчивость.
    - 5.2.1. Помехозащищенность.
    - 5.2.2. Помехозащищенность радиоэлектронного комплекса (системы).
    - 5.2.3. Помехозащищенность средств и линий военной связи.

5.2.4. Количественная мера энергетической помехозащищенности РЭС.

5.2.5. Разведзащищенность.

5.2.6. Разведывательная доступность.

5.2.7. Энергетическая разведзащищенность.

5.3. Живучесть.

5.4. Надежность.

6. Основные показатели оценки эффективности телекоммуникационных сетей (ТКС).

7. Эффективность связи, эффективность направления связи.

8. Основной показатель эффективности однозвенной системы передачи (ОСП).

9. Основной показатель эффективности многозвенной системы передачи (МСП).

10. Управляемость.

11. Доступность.

12. Мобильность.

13. Боевая готовность.

Таким образом, большое количество, многообразие, разнотипность, уровень детализации и другие особенности показателей, характеризующих эффективность связи и РТО, потребовало решение задачи их структуризации. Сформированная структура показателей учитывает сложившуюся классификацию верхнего уровня таких показателей.

### *Библиографический список*

1. В.И.Борисов, В.М. Зинчук. Помехозащищенность систем радиосвязи. Вероятностно-временной подход. Издательство Радио и связь. 1999, с.256.

2. А.В.Боговик, В.В.Игнатов. Эффективность систем военной связи и методы ее оценки. Военная академия связи. Санкт-Петербург, 2006. с.183.

*Беляев П.В., Меркулов С. А., Фролов В.А., Козлов П.В.*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
( polymers@asp.tstu.ru).*

Повышение качества дорожных покрытий является одной из важнейших проблем отечественной инфраструктуры. Для улучшения

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 организации производства и 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 [1].

С целью снижения стоимости модификатора дорожных вяжущих нами проводятся исследования по частичному замещению термоэластопласта ДСТ вторичными полимерными материалами. В настоящей работе проведены исследования, направленные на получение оптимальной рецептуры комплексного модификатора на основе ДСТ, вторичного полиэтилена и адгезионной присадки. Введение вторичного ПЭ позволяет снизить содержание дорогостоящего первичного ДСТ при сохранении физико-механических свойств вяжущего [2]. Важной составляющей технологии приготовления полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) является время процесса модификации, от которого зависит степень диспергирования смеси, гомогенизации и энергозатраты на производство. Основанием для принятия решения являлось достижение требуемых физико-механических показателей ПБВ: пенетрации, растяжимости, эластичности, температуры размягчения.

Нами проведены исследования определению оптимального времени модификации битума представленным выше комплексным модификаторов. Процесс модификации битумов проводили на лабораторной установке при температуре 160 °С и частоте вращения рабочих органов 800 об/мин. Результаты экспериментальных исследований по диспергированию модификатора в битуме с разным временем смешения в интервале от 30 до 90 минут и зависимости физико-механических показателей ПБВ от времени модификации приведены в таблице 1.

С увеличением времени смешения в интервале от 30 до 60 минут происходит улучшение физико-механических показателей битума. Это можно объяснить наибольшей степенью диспергирования полиэтилена и его более равномерным распределением в объеме битуме, вследствие чего увеличивается вязкость полученного ПБВ, что приводит к некоторому снижению значения пенетрации вяжущего. После 45 минут смешения наблюдается процесс агломерации частиц полиэтилена, вследствие чего снижаются показатели дуктильности вяжущего и происходит возрастание значения его пенетрации. Наиболее опти-

мальными показателями пенетрации, дуктильности и эластичности обладает ПБВ, полученное в течение 60 минут. Увеличение времени до 90 минут не приводит к улучшению показателей модифицированного битума, но увеличивает затраты на приготовление ПБВ. Из-за чего можно сделать вывод, что оптимальным временем модификации битума при температуре 160 С° и частоте вращения рабочих органов смесителя 800 об/мин является интервал времени 45-60 минут.

Таблица 1. Зависимость показателей физико-механических показателей дорожного вяжущего от времени смешения

Время смешения, мин	Пенетрация, П25*0,1мм	Дуктильность, мм	Температура размягчения, С°	Эластичность, %
Исходный	117	1000	47	-
30	66	520	57	54
45	56	981	68	83
60	66	830	72	83
90	54	777	67	82

#### ***Библиографический список***

1. Беляев П.С. Модификация дорожного битума термоэластопластом ДСТ совместно с полиэтиленом. / П.С. Беляев, О.Г. Маликов, С.А. Меркулов, Д.Л. Полушкин, В.П. Беляев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 39. С. 184-189.

2. Беляев П.С. Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего / П.С. Беляев, О.Г. Маликов, С.А. Меркулов, Д.Л. Полушкин, В.А. Фролов // Строительные материалы. 2013. № 10. С. 38–41.

***Богомолов В.Ю., Лазарев С.И., Вязовов С.А.***

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МЕМБРАННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(geometry@mail.nnn.tstu.ru).*

Процесс производства сыра упрощенно сводится к свертыванию сырной массы из молока. Однако масса сыра составляет 10–20% массы молока, в то время как 80–90% приходится на молочную (подсырную) сыворотку, которая и является основным отходом сыродельных производств. Однако при правильном подборе и разработке мембранного оборудования, сыворотка может стать сырьем для изготовления

сухого сывороточного концентрата, пользующегося повышенным спросом в пищевой индустрии.

Классическая линия концентрирования подсырной сыворотки мембранными методами состоит из стадии подготовки сыворотки, ее деминерализации методами ультрафильтрации или обратного осмоса и мембранного концентрирования сыворотки до необходимой концентрации ценного компонента [1]. В результате экспериментального исследования различных мембранных процессов разделения модельных растворов нами было установлено, что применение ультрафильтрационных мембран с импульсным наложением электрического поля позволяет объединить две стадии – концентрирование и деминерализацию сыворотки и проводить их в одном аппарате, что значительно снижает затраты энергии на проведение процесса.

При этом экспериментальные исследования коэффициента задержания и удельного потока растворителя при мембранном концентрировании сыворотки с наложением электрических импульсов показали, что наложение электрических импульсов, помимо эффекта деминерализации, оказывает положительное влияние на кинетические параметры процесса. При наложении импульсов начинается процесс коагуляции молекул белков, что, вероятно, приводит к их укрупнению и повышению коэффициента задержания

Однако, было установлено, что наложение электрического поля в данном случае приводит к нагреванию раствора за счет выделения тепла, при прохождении электрического тока через элементы аппарата и раствор, имеющие различные проводящие свойства. Такое нагревание крайне нежелательно при переработке вторичного молочного сырья, т.к. приводит к активизации деятельности молочнокислых бактерий и, в конечном счете, к сбраживанию сырья.

Нами были разработаны мембранные аппараты, позволяющие эффективно проводить процессы мембранного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки, а также эффективно бороться с увеличением температуры сырья, путем отвода излишков тепла непосредственно от камер разделения аппарата [2]. В настоящее время ведутся разработки рулонного мембранного аппарата, удовлетворяющего тем же условиям протекания процесса, для его последующего использования в промышленности.

В предлагаемом нами оборудовании производится подвод электрического тока, а также оно очень чувствительно к любым колебаниям технологического режима. Отсутствие непрерывного контроля за параметрами работы оборудования может привести к значительному перерасходу энергии и к засорению мембран. А дополнительная операция промывки – это тоже дополнительный расход энергии. Поэтому

для оптимизации процесса мембранного концентрирования подсырной сыворотки нами были разработаны компьютерные программы, рассчитывающие все технологические параметры процесса.

Таким образом нами получен эффект экономии порядка 0,07 кВт энергии на 1 кг конечного продукта за счет объединения двух стадий в одном аппарате. Подробный расчет энергетической эффективности разрабатываемого подхода приведен в работах [3] и [4].

### ***Библиографический список***

1. Храмцов А.Г. Молочная сыворотка. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240 с.
2. Лазарев С.И., Ковалев С.В., Вязовов С.А., Богомоллов В.Ю. Патент РФ №2532813. В01D61/42. Электробаромембранный аппарат с плоскими фильтрующими элементами. Бюл. № 31. 10.11.2014.
3. Богомоллов В.Ю., Лазарев С.И., Кочетов В.И., Горбунов В.П., Краснова А.В. Повышение эффективности мембранного концентрирования подсырной сыворотки // Вестник Тамбовского государственного университета. 2014. Т. 19. Вып. 3. С. 944-946.
4. Лазарев С.И., Богомоллов В.Ю., Полянский К.К. Мембранный метод концентрирования отходов на Бондарском сыродельном заводе // Сыроделие и маслоделие. 2014. № 4. С. 34-36.

***Богословский Е.А., Белоусов Д.Н.***

## **ПУТИ РАЗВИТИЯ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК СОВРЕМЕННЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Военно-учебный научный центр «Военно-воздушная академия имени профессора  
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
(gro76@yandex.ru)*

В настоящее время самое широкое применение в военной сфере получают беспилотные летательные аппараты (БЛА). Круг решаемых ими задач весьма обширен – это и применение в качестве воздушных мишеней, и использование БЛА в качестве ударных комплексов, которые в состоянии скрытно подобраться к цели нанести ей ощутимый урон, и множество других узкоспециализированных назначений [1,2].

Развитие технической оснащенности вооруженных сил, заключающееся в поступлении на вооружение высококомобильных образцов вооружения и военной техники, на передний план выводит применение БЛА в качестве средства ведения воздушной разведки. Не последнюю роль в этом играет и совершенствование образцов систем видео-



наблюдения. БЛА способны продолжительное время вести скрытое наблюдение за различными объектами противника, как на переднем крае, так и в тылу. Интересна также возможность применения БЛА в качестве ретрансляторов связи, позволяющая увеличить эффективность подсистем связи различных звеньев управления [1-3].

Классифицируются БЛА в зависимости от взлетной массы и радиуса действия. Семейство отечественных БЛА содержит представителей, начиная от массы до 5 кг и дальностью действия до 25-40 км (ZALA 421-12, «Элерон-3», «Иркут-2М», «Истра-10», Инспектор 101 и др.) до беспилотных боевых самолетов (ББС), характеризующихся дальностью действия около 1500 км и массой от 1500 кг. На сегодняшний день в России в классе ББС представлено два проекта: «Прорыв-У» и «Скат» [3].

Понятно, что для успешного решения вышеперечисленных задач необходимо увеличивать продолжительность времени нахождения БЛА в воздухе, что, соответственно, выдвигает ряд требований к энергоэффективности используемых силовых установок.

На сегодняшний день предлагается три варианта развития силовых установок, которые в перспективе будут использоваться в БЛА [4]:

- создание гибридной силовой установки нового типа – в составе электромотора и малогабаритного дизельного двигателя с турбонаддувом;
- использование водородных топливных элементов;
- использование солнечных батарей.

В первом случае возникает необходимость адаптировать дизель, которому требуется тяжелое топливо, к беспилотникам, что пока нецелесообразно – в основном по причине значительных размеров и массы моторов, использующих дизтопливо. Второй вариант предпочтительней в плане дешевизны топлива и относительной простоты использования электродвигателя. Однако оба пути сейчас являются все еще перспективными и исследования в этих направлениях продолжаются.

Заслуживающим внимания, на наш взгляд, является использование солнечной энергии. Для увеличения энергоэффективности силовой установки БЛА необходимо, чтобы все доступные поверхности на крыле и хвосте беспилотника были покрыты специальными солнечными панелями, а аккумуляторные батареи могут быть смонтированы в крыле или фюзеляже. Расчеты показывают, что такой аппарат в состоянии сгенерировать внушительное количество энергии, которой достаточно для того, чтобы в условиях недостаточной освещенности (ночью) использовать только лишь заряд аккумуляторной батареи.

Таким образом, исследования по использованию солнечной энергии в силовых установках БЛА, позволяющие улучшить их энергоэффективность, являются в настоящее время весьма перспективными.

### *Библиографический список*

1. Ганин С.М., Карпенко А.В., Колногоров В.В., Петров Г.Ф. Беспилотные летательные аппараты. СПб.: «Невский бастион», 1999.
2. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий /Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. – М.: Физматлит, 2003. – 280 с.
3. Богословский Е.А., Белоусов Д.Н. Классификация отечественных беспилотных летательных аппаратов. Тезисы доклада Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере», 9-11 апреля 2015 г. ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж).
4. В. Щербаков Беспилотник на батарейках [Электронный ресурс]: URL: <http://www.vpk-news.ru/authors/72>.

***Бондарева Ж.Ю., Обыденная В.А.***

## **РАСШИРЕНИЕ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

*Южный федеральный университет, Россия, г. Таганрог  
(jeanne\_bond@mail.ru, vaobydennaya@mail.ru)*

В данной работе приведены результаты эксперимента по уменьшению добротности пьезокерамического преобразователя путем демпфирования стержневых пьезоэлектрических элементов. В качестве активного материала применена пьезокерамика ЦТБС-3, в качестве демпфирующего материала – стеклотекстолит марки СТЭФ-1. Жесткая связь с демпфером приводит к тому, что после окончания действия возбуждающего электрического или принимаемого звуковых импульсов импульса свободные колебания пьезоэлемента быстро затухают, причем тем быстрее, чем меньше разница между импедансами демпфера и пьезоэлемента. Добротность обратно пропорциональна скорости затухания собственных колебаний в системе. То есть, чем выше добротность колебательной системы, тем меньше потери энергии за каждый период и тем медленнее затухают колебания. Задачи данного типа решаются при помощи электромеханических аналогий [1].

Добротность преобразователя рассчитывается по формуле (1):

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega RC} = \frac{1}{\omega RC_0(1-k_{31}^2)}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – циклическая частота системы, [Гц];  
 $L$  – индуктивность контура, [Гн];  
 $R$  – сопротивление контура, [Ом];  
 $C$  – ёмкость заторможенного контура, [Ф];  
 $C_0$  – ёмкость свободного контура, [Ф];  
 $k_{31}=0,45$  – коэффициент электромеханической связи;

Из приведенной выше формулы видно, что добротность обратно пропорциональна квадрату КЭМС. Сравним это с экспериментом.

Измерить значение КЭМС для каждого пьезоэлемента достаточно сложно. В данном случае целесообразно косвенно оценить влияние КЭМС на добротность преобразователей путём сравнения их электроакустических параметров, полученных эмпирически (рисунок 1).

В таблице 1 приведены результаты расчета добротности свободного преобразователя и преобразователей с демпферами различного размера, где  $l$  – длина одного преобразователя.

На рисунке 1 представлено сравнение электроакустических параметров пьезоэлементов, где кривая 1 показывает зависимость активной составляющей полного сопротивления ненагруженного пьезоэлемента; кривая 2 – пьезоэлемента с приклеенной планкой, ширина которой  $1/3$ , кривая 3 – пьезоэлемента с приклеенной планкой, ширина которой  $1/2$ , кривая 4 – пьезоэлемента с приклеенной планкой, ширина которой  $2/3$ .

Таблица 1. Значения рассчитанных и измеренных величин  $Q$  и  $\Delta f$

Исследуемые параметры	Свободный элемент	Длина демпфера относительно длины элемента $l$		
		$1/3$	$1/2$	$2/3$
Значение $Q$	4,389	4,25	4,207	4,128
Значение $\Delta f$ , кГц	0,422	0,512	0,605	0,751

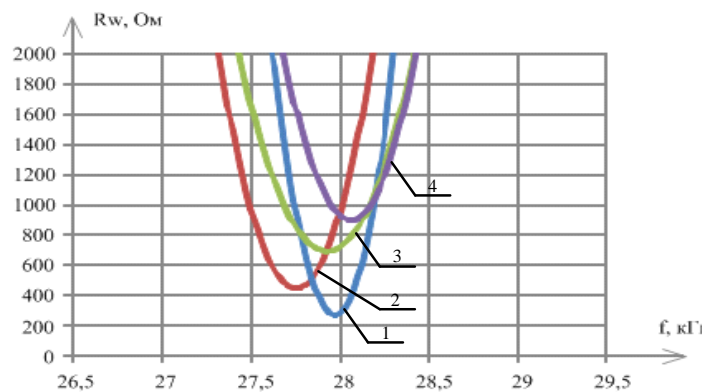


Рис. 1 Частотные зависимости активной составляющей полного сопротивления пьезоэлементов

Эксперимент показал, что уменьшение добротности приводит к расширению полосы пропускания пьезоэлектрического преобразователя. Уменьшение добротности можно достичь путём приклеивания к пьезоэлементу стеклотекстолитовых планок. Теоретический расчет показал, что уменьшение добротности за счет увеличения длины планок ведет к увеличению ширины преобразователя. Следует отметить, что наиболее интенсивный полосу пропускания наблюдается до достижения значения длины планки, равного  $l/2$ .

Развитие и усовершенствование методов и средств расширения полосы пропускания преобразователей позволит решить ранее не доступные задачи в области аварийно-спасательных, обзорно-поисковых, научно-исследовательские работ. В основе работы автономных подводных аппаратов и систем лежит использование широкополосных приёмных антенн и сохранения не больших массогабаритных параметров. Уменьшение добротности преобразователя есть наиболее простой в реализации метод расширения полосы пропускания, при котором габариты и масса антенной системы практически не изменяются.

#### ***Библиографический список***

1. М.В. Королев, А.Е. Карпельсон, Широкополосные ультразвуковые пьезопреобразователи. М.: «Машиностроение», 1982г.-157 с.
2. Воронин В.А., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Построение широкополосных и сверхширокополосных антенн гидроакустических поисковых средств. Труды XI Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2012. – С. 108 – 111.

***Власов А.И., Журавлева Л.В., Сергеева Н.А, Цивинская Т.А.***

#### **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ МАССОВОГО РАСХОДА В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМАХ**

*\*Московский государственный технический университет  
им.Н.Э.Баумана, Россия, Москва, ( info@iu4.bmsttu.ru).*

Актуальность создания новых конструкций датчиков массового расхода определяется тем, что в настоящее время при решении задач различной производственной деятельности (от небольшого гражданского производства, ЖКХ до крупных военных предприятий) на первый план выходит необходимость осуществления максимально точных измерений расхода жидкостей и газов. Это в свою очередь, приводит к необходимости создания новых и усовершенствования уже

имеющихся конструкций датчиков расхода жидкостей и газов, в том числе и работающих в агрессивных средах [1].

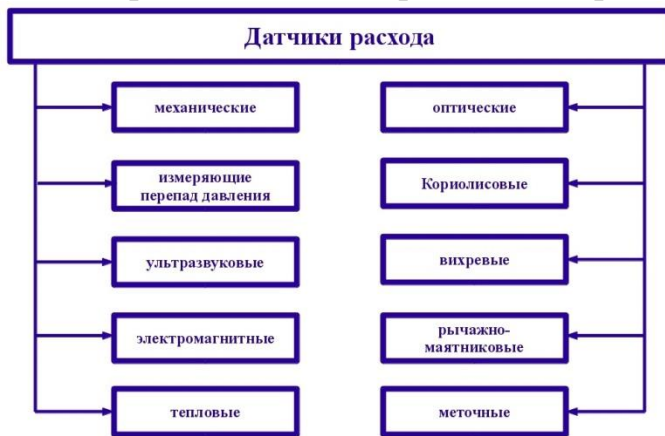


Рис.1 Классификация датчиков расхода

Датчик расхода – прибор, измеряющий расход вещества, проходящего через данное сечение трубопровода в единицу времени [1]. Основным недостатком существующих является наличие теплообмена между нагревательным элементом и системой термодатчиков.

Это приводит к искажению показаний датчика расхода. В качестве главной причины данной проблемы можно указать необходимость усиления термоизоляции блоков устройства и добавлении схемы термокомпенсации. Целью настоящей работы является комплексное решение проблемы искажения показаний датчиков массового расхода посредством усовершенствования системы нагрева, термоизоляции и термокомпенсации.

Для измерения расхода газа наиболее популярны расходомеры, основанные на термометрическом принципе измерения. Они изготавливаются во фланцевом и погружном исполнениях. Из зарубежных расходомеров наиболее известны приборы фирм ABB, Endress & Hauser. В России подобные приборы производит фирма НПО «Турбулентность» - Дон (г. Ростов).

В приборах FMT200-ECO2 фирмы ABB для измерения расхода воздуха установлены два пленочных термоанемометра, включенных в мостовую схему.

Эффективный датчик массового расхода должен обладать следующими свойствами:

- наличие схемы термокомпенсации;
- фильтр-интегрированность;
- обод для поддержки чувствительных зон;
- термочувствительный элемент, представленный батареей из кремний-металлических термопар;
- теплоизоляция датчиков, организованная посредством создания полости в отдельном полупроводниковом слое, отделенном от структурированного слоя диэлектриком;
- функция самоподогрева;
- уменьшенная толщина подложки;

- возможность измерения расхода вязких жидкостей;
- компактность и искробезопасная работа;
- наличие нескольких интерфейсов, таких как HART + токовая петля 4 ... 20 мА, RS-485, CAN.

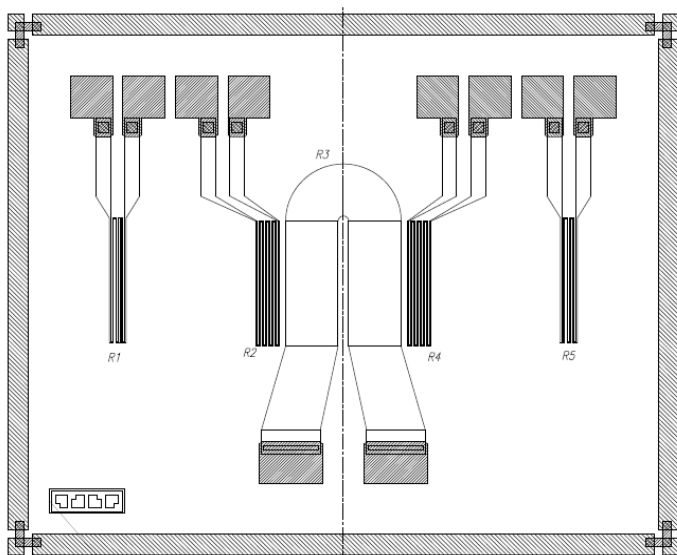


Рисунок 2 – Общий вид структуры кристалла терморезистивного чувствительного элемента

Основой конструктивной реализации такого датчика является кристалл с многослойной термокомпенсированной диэл. мембраной на кремниевой рамке-основании с нанесенными платиновыми резисторами и электронный предусилитель гибридной сборки, содержащий мостовую схему для съема разностного сигнала изменения сопротивлений резисторов.

Общий вид структуры кристалла терморезистивного чувствительного элемента датчика расхода газа приведен на рис.2. Работа выполнена в СКБ «Сенсорные системы» МГТУ им.Н.Э.Баумана ([www.iu4.ru](http://www.iu4.ru)).

### *Библиографический список*

1. Проектирование наносенсоров: учеб. пособие /А.А.Денисов, В.А.Кальнов, В.А.Шахнов - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2011. (Библиотека Наноинженерия»: в 17 кн. Кн.6). - 128 с.:ил.

*Гамова Л.Г.<sup>1</sup>, Глинкин Е.И.<sup>2</sup>*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОЦЕНОК ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

<sup>1</sup> *Елецкий государственный университет, Россия, Елец,*

<sup>2</sup> *ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(l.g.gamova@mail.ru, glinkinei@rambler.ru)*

Рассмотрена оптимизация метрологических оценок за счет тождественности характеристик и мер нормированным эквивалентам для

создания высокоэффективных метрологических средств интеллектуальных технических систем (ИТС).

Информационные процессы развивают жесткую структуру, копирующую аппаратно на комбинаторных схемах алгоритм градуировки тестера в гибкую матричную архитектуру с программно управляемыми связями систематизированного адресного пространства с нормированными алгоритмами коррекции, калибровки и идентификации ИТС. Матричная архитектура за счет избыточности организует линейное преобразование в процессе структурной и параметрической оптимизации алгоритмов расчета информативных параметров калибровочных характеристик в адаптивном диапазоне по образцам с нормируемыми мерами границ аналитического контроля.

Условиями эффективных метрологических средств ИТС служат адекватные физике контроля аналитические модели в явном виде с информативными параметрами, калибровочные характеристики и алгоритмы оптимизации параметров, программно управляемы критерии оценки и нормированные меры границ адаптивного диапазона. Закономерностями повышения эффективности являются постоянные единичного уровня нелинейность и точность, тождественность нулю погрешности и потенциала виртуальной земли, избыточность архитектуры и линейность преобразования, гальваническая развязка и согласованность компонент ИТС. Стандартные правила и методы статистической оценки точности фиксированной градуировочной характеристики не учитывают закономерности повышения эффективности, и их применение приводит программно управляемую архитектуру с гибкими алгоритмами универсального математического обеспечения к уровню жесткой структуры узкоспециализированного тестера. Для измерения действительных результатов эксперимента рассмотрим объективную аппроксимацию калибровочной характеристики с оптимальной оценкой эффективности по нормированным мерам.

Оптимизационная оценка  $a$  priori включает выбор нормированных средств и калибровку характеристик, подтверждение метрологической эффективности и измерение действительных значений.

1. Нормированными эквивалентами высокоэффективных метрологических средств интеллектуальных технических систем служат экспоненциальные математические модели и нормированные характеристики, предельные параметры и нормируемые меры, оптимальные критерии и оценки эффективности.

2. Закономерные тождественности измерений по эквивалентам упрощают и сокращают на порядки до минимума качественную и количественную оптимизацию алгоритмов расчета только двух инфор-

мативных параметров по измеренным и нормированным значениям границ диапазона.

3. В отличие от статистической градуировки по множеству нелинейных переменных с не перекрывающимися измерениями на аппаратно переключаемых поддиапазонах, программно управляемая калибровка ИТС по двум измерениям и нормируемым значениям образцов границ адаптивного диапазона на несколько порядков повышает точность и линейность диапазона контроля.

4. Высокоэффективные метрологические средства обусловлены структурной и параметрической избыточностью схем и программ, алгоритмов и характеристик архитектуры технических средств и континуума научного обеспечения интеллектуальных технических систем.

### *Библиографический список*

1. Глинкин, Е. И. Техника творчества / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010.- 168 с.

2. Гамова, Л.Г. Стандарты и оптимизация эффективности систем безопасности / Л.Г. Гамова, Е.И. Глинкин // Фундаментальные проблемы системной безопасности. – Елец: ЕГУ, 2014. – С.13 – 21.

3. Глинкин, Е. И. Схемотехника микропроцессорных систем / Е.И. Глинкин, М.Е. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010.- 168 с.

*Глинкин Е.И.*

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(glinkinei@rambler.ru)*

Компоненты компьютерных энергосберегающих систем (КЭС) по законам динамики [1, с. 116 – 119] интегрируются от структуры аппаратных средств в архитектуру программного обеспечения техники, от математического обеспечения – в метрологические средства науки. По закону динамизации жесткие структуры и фиксированные связи схем и программ техники, алгоритмов и характеристик науки развиваются по гибкости в программно управляемую архитектуру технических средств и систематизируемый по адресам континуум научного обеспечения. Законы динамики – неделимая совокупность законов динамизации (гибкости), интеграции (синтеза) и дифференциации (анализа), поэтому последний дифференцирует структуры и связи компонент от комбинаторной и релейной логики к матричной, со-



ответственно от фиксируемых неуправляемых и аппаратно управляемых соединений структур – к программно управляемым. При этом структуры и связи интегрируются в систематизированный по адресам континуум, который дифференцируется от последовательной и произвольной выборки данных по адресам – к ассоциативной выборке адресов по признакам эквивалентов.

Жесткая структура и фиксированные связи схем и алгоритмов, по аналогии копирующих среднестатистические градуировочные характеристики узкоспециализированных тестеров по законам динамики интегрируются в гибкую программно управляемую архитектуру технических средств с избыточным континуумом научного обеспечения, дифференцированного к ассоциативной выборке адресов по признакам эквивалентов.

Способы аналитического контроля определяют математическое (МО) обеспечение компьютерных энергосберегающих систем. Математические модели МО реализуются архитектурой КЭС в виде программно управляемых алгоритмов, настраивающих гибкую структуру программируемых логических матриц БИС, за счет избыточных связей, на выполнение заданного способа контроля [2, с. 31 – 32]. Для реализации в полном объеме универсальности и многофункциональности архитектуры КЭС необходимо проектирование программно управляемых сенсоров, которые используют гибкие алгоритмы и модели МО, отражающие перспективные способы определения состава и свойств веществ.

По закону динамизации жесткие структуры и фиксированные связи схем и программ техники, алгоритмов и характеристик науки развиваются по гибкости в программно управляемую архитектуру компьютерных энергосберегающих систем технических средств и систематизируемый по адресам континуум научного обеспечения.

Жесткая структура и фиксированные связи схем и алгоритмов, по аналогии копирующих среднестатистические градуировочные характеристики узкоспециализированных тестеров безопасности по законам динамики интегрируются в гибкую программно управляемую архитектуру КЭС технических средств с избыточным континуумом научного обеспечения, дифференцированного к ассоциативной выборке адресов по признакам эквивалентов.

Сенсоры компьютерных энергосберегающих систем с программным управлением параметрами ПИП за счет адаптации к процессу контроля позволяют использовать инженерные математические модели с алгоритмами в явном виде [2, 3], что соответствует нахождению математического обеспечения в координатах метрологической симметрии, в которых процесс динамических измерений стационарен.

В отличие от статистической градуировки по множеству нелинейных переменных с не перекрывающимися измерениями на аппаратно переключаемых поддиапазонах тестеров, информационная технология проектирования и оценки эффективности метрологических средств позволяет создавать компьютерные энергосберегающие системы с адаптивным диапазоном и заданной точностью контроля нормируемых эквивалентов границ калибровки [3].

### *Библиографический список*

1. Глинкин, Е.И. Техника творчества / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 168с.
2. Глинкин, Е.И. Схемотехника микропроцессорных систем / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 1998. – 158с.
3. Гамова, Л.Г. От стихийного анализа к планомерной информатизации / Л.Г. Гамова, Е.И. Глинкин // Фундаментальные проблемы системной безопасности. –Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2014. – С.75 – 80.

*Глинкин М.Е., Глинкин Е.И.*

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(glinkinei@rambler.ru)*

Информационные технологии проектирования инноваций систематизируют закономерности анализа и синтеза схемотехники, естественных и гуманитарных наук, выявленные изнурительным синтезом форм представления тестеров безопасности циклическими методами проб и ошибок. Методы итерационного анализа систем безопасности в результате трудоемкого ремесленничества последовательным приближением приводят, как правило, к псевдоновациям за счет подгонки к фантому с эфемерными характеристиками. Существенным отличием информационных технологий служит прямой метод целенаправленного синтеза оптимального результата с желаемыми характеристиками, выбранными а priori по известным закономерностям. Например, по закономерностям избыточности, равновесия и нормирования «в лоб» синтезируют ассоциативные матричные архитектуры с линейными характеристиками и без дрейфа, с нормированными результатами и гальванической развязкой.

Оптимальное проектирование инноваций реализует микропроцессорные системы (МС) с согласованными компонентами: упорядо-

ченными матричными схемами и гибкими программами, инициирующими программно управляемую архитектуру по универсальным моделям и линейным алгоритмам с высокоэффективными метрологическими средствами. В основу проектирования согласованных компонент МС положены методы оптимизации по производным и по тождественности исследований эквивалентам [1 – 3].

Тождественность по эквивалентам включает последовательность: анализ прототипа и задание эквивалентов, синтез условий и инноваций.

1. В отличие от анализа комбинаторных схем прототипа- тестера по жестким формам алгоритмов преобразования, управления и вычисления методами итерации, результатами технологии проектирования инноваций микропроцессорных систем являются интегральные схемы с реальными характеристиками исследуемого прототипа, которые оптимизируют по условиям тождественности эквивалентам.

2. В технологии проектирования инноваций микропроцессорных систем, в отличие от итерационного анализа псевдоинноваций, которые подгоняют под ответ методами проб и ошибок по произвольным характеристикам и эфемерным мерам из-за отсутствия эквивалентов и закономерностей, служат эквиваленты по известным закономерностям для создания инновации по целенаправленным правилам оптимизации прототипа.

3. Выявление условий новых закономерностей по известным ранее развивает целенаправленно познание от простого к сложному для реализации ассоциативной матричной архитектуры с программно управляемым алгоритмом и явной моделью с оптимальными параметрами универсального математического обеспечения интеллектуально-го микропроцессорных систем.

4. В отличие от итерационного анализа узкоспециализированного тестера с жесткой структурой комбинаторной логики, информационная технология соответствует созданию новой идеальной архитектуры микропроцессорной системы по целенаправленным правилам складывания оптимальных эквивалентов-кубиков по запланированному проекту в образе идеального конечного результата.

Таким образом, оптимальное проектирование инноваций реализует микропроцессорные системы (МС) с согласованными компонентами: упорядоченными матричными схемами и гибкими программами, инициирующими программно управляемую архитектуру по универсальным моделям и линейным алгоритмам с высокоэффективными метрологическими средствами. В основу проектирования согласованных компонент МС положены методы оптимизации по производным и по тождественности исследований эквивалентам.

## Библиографический список

1. Чичев, С. И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий / С.И. Чичев, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. – М.: Спектр, 2014-228с.
2. Коробов, А.А. Меры оценки регулирования температуры / А.А. Коробов, Е.И. Глинкин // Сб.:МНПК Комплексные проблемы техносферной безопасности.– Воронеж: ВГТУ, 2014, ч.V, С. 143 – 147.
3. Глинкин, Е. И. Схемотехника аналоговых интегральных схем / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2012.-152с.

**Горшкова Т.С, Мокрозуб В.Г., Горшков В.В.**

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДНИЩ И КРЫШЕК ЕМКОСТНЫХ АППАРАТОВ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(89202321261@yandex.ru, mokrozubv@yandex.ru, 89204719108@yandex.ru)*

Создание новых и модернизация существующих предприятий химической, нефтехимической и пищевой промышленности требует проектирования и изготовления соответствующего технологического оборудования. Одним из наиболее часто используемых видов технологического оборудования являются емкостные аппараты, основным элементов которых являются днища и крышки.

Функциональная диаграмма разработки конструкторско–технологической документации днищ в формате IDEF0 представлена на рис. 1.

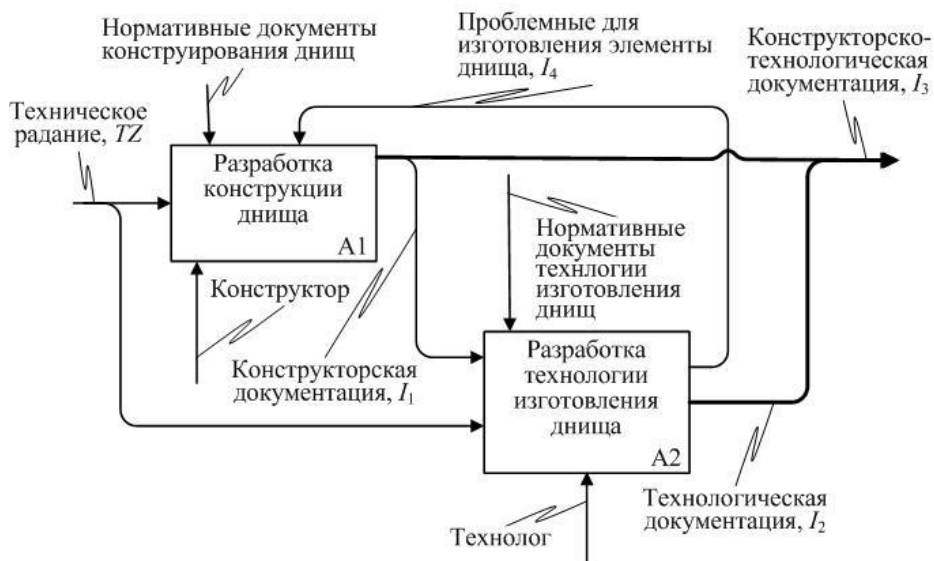


Рис. 1. Функциональная диаграмма разработки конструкторско–технологической документации днищ.

Для разработки системы автоматизированного проектирования днищ необходима информационная модель, которая должна позволить по данным технического задания, получить конструкторско–технологическую документацию с минимальным участием человека. Эта модель состоит из двух частей, информационной модели конструкции и информационной модели технологии.

Информационная модель конструкции представляется кортежем

$$M = \langle E, M^S, M^P, M^R \rangle,$$

где  $E = \{e_i, i = 1..I\}$  – множество элементов днища (патрубки, фланцы, строповочные устройства),  $M^S$  – модель типа и структуры днища,  $M^P$  – модель параметров элементов,  $M^R$  – модель позиционирования элементов в пространстве.

Модель типа и структуры днища,  $M^S$  представлена продукционными знаниями (правилами), позволяющими выбрать тип днища и его элементы по данным технического задания. Ниже представлены примеры правил.

Правило 1. Если вертикальное исполнение аппарата и обечайка цилиндрическая и рабочее давление больше 0,07МПа и диаметр днища больше 800мм, то днище эллиптическое отбортованное.

Правило 2. Если температура среды в аппарате больше минус 70°С и меньше плюс 300°С и условное давление меньше 0,25 Мпа и условный диаметр меньше 500 мм, то штуцер с фланцем стальным плоским приварным с соединительным выступом по ОСТ 26-1404-76.

Модель позиционирования,  $M^R$  содержит условия сопряжение элементов, которые позволяют собрать их в сборочную единицу. Например, модель позиционирования крышки и фланца (рис. 2), представляется в виде:

$$\begin{aligned} e1.Dv1 &= e5.Dv5, \\ e1.Os1 &\odot e5.Os5, \\ e1.Gr1 &\in e5.Gr5, \end{aligned}$$

где e1 – крышка, e51 фланец, знаки =,  $\odot$ ,  $\in$  обозначают равенство, соосность и принадлежность.

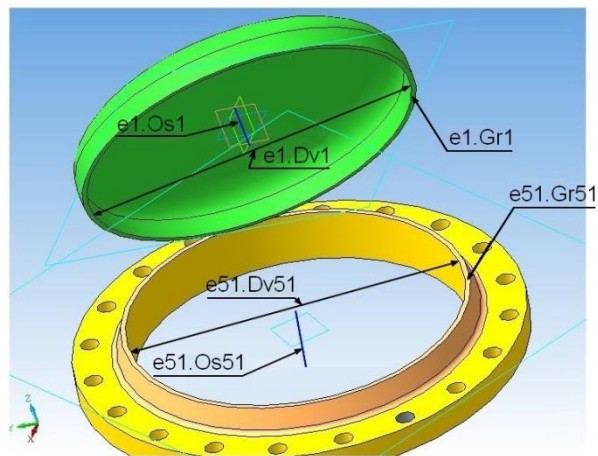


Рис. 2. Сопряжение крышки и фланца

Представленная модель используется авторами при разработке системы автоматизированного проектирования технологического оборудования

*Гостев В.В.*

## РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ БЛОКОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНВЕРТОРНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ФОРМЫ КРИВОЙ НАПРЯЖЕНИЯ

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Липецкий государственный  
технический университет», Россия, Липецк,  
(e-mail: jordan234523@yandex.ru).*

Для исследования процессов, происходящих в разработанной инверторной системе компенсации формы кривой тока и напряжения, целесообразнее всего прибегнуть к помощи имитационной модели, созданной на базе пакетного приложения Simulink математической матричной лаборатории MATLAB [1-2].

Блоки Main, Series, Parallel моделируют 3 основные ветви инверторной системы компенсации формы кривой напряжения. Структуры блоков, имитирующих ветви инверторной системы (Main, Series, Parallel) представлены на рис. 1-3. Блок Main моделирует ветвь, по которой протекает 1-ый поток энергии без каких-либо изменений. Блок Series моделирует ветвь, по которой протекает часть 2-ого потока электроэнергии, содержащая 1-ую гармонику. Блок Parallel моделирует ветвь, по которой протекает часть 2-ого потока электроэнергии, содержащая высшие гармонические составляющие.

После блока Parallel следует расположить модуль Gain [3,4], моделирующий фазовращатель с углом сдвига фазы на  $180^\circ$ . Внутренние параметры блоков Main, Series, Parallel и Gain подбираются таким образом, что их сопротивления распределяют поток энергии в пропорции 1:1, при этом первая часть потока идет через блок Main, а вторая – через блоки Series и Parallel.

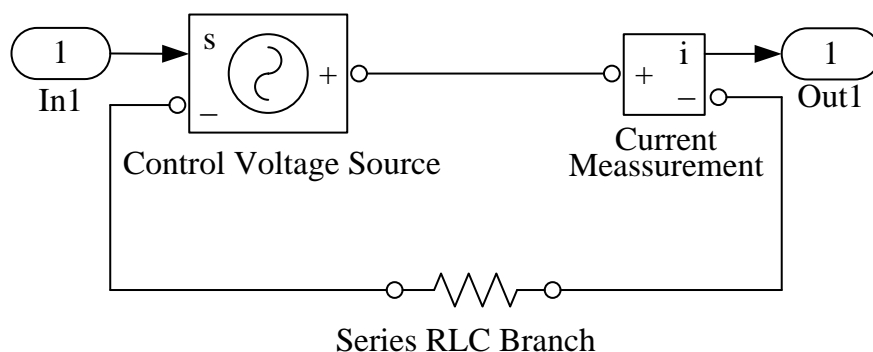


Рис. 1 – Схема блока Main,  
по которому протекает 1-ый поток электроэнергии

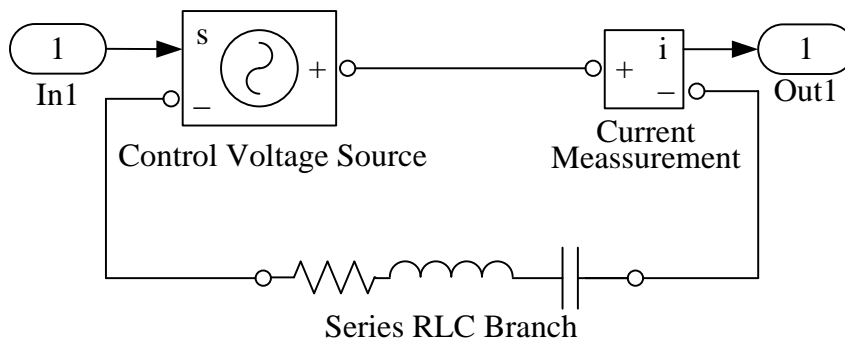


Рис. 2 – Схема блока Series, по которому протекает часть 2-ого потока электроэнергии, содержащая 1-ую гармонику

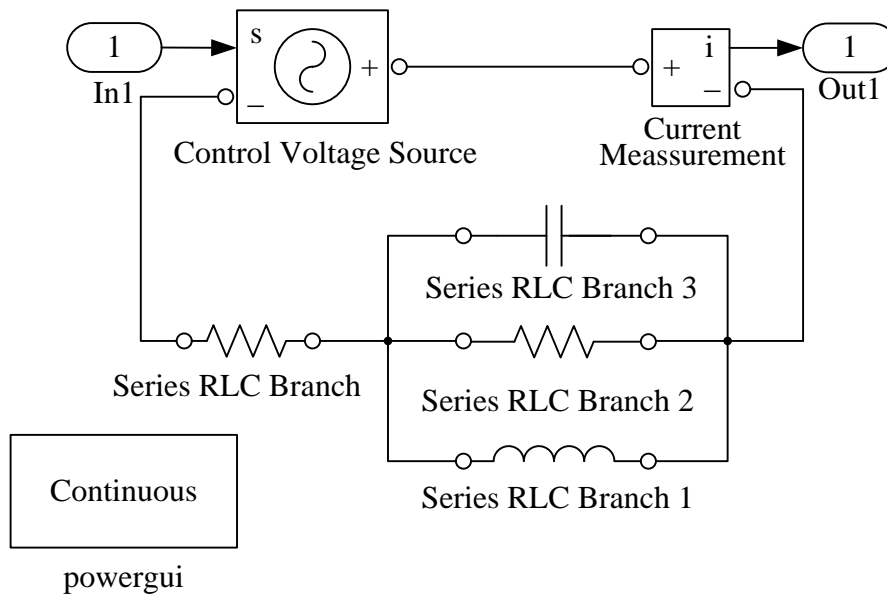


Рис. 3 – Схема блока Parallel, по которому протекает часть 2-ого потока электроэнергии, содержащая высшие гармоники

### *Библиографический список*

1. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
2. Дьяконов В. П. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, В. В. Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
3. Singh, M. Modeling Analysis and Solution of Power Quality Problems / M. Singh, V. Timary. – New York: McGraw-Hill, 2004. – 237с.
4. Karris, T. Steven. Signals and systems with MATLAB Applications / T. Steven Karris. – Fremont, California: Orchard Publications, 2004. – 598 с.

*Грибков А.Н., Дорохова Т.Ю., Куркин И.А.*

**ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
ДИНАМИКИ ЭНЕРГОЕМКИХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(tandor20@rambler.ru)*

Задачи повышения энергетической эффективности производства и внедрения энергосберегающих технологий являются очень актуальными, так как их решение позволяет снизить себестоимость конечного продукта и повысить его конкурентоспособность. Важным этапом создания системы управления является идентификация математической модели динамики объекта, однако получение аналитической модели на основе законов тепло- и массопереноса затруднительно в связи со сложностью реальных объектов управления. На практике часто применяются упрощенные модели, полученные на основе методов математической регрессии, линеаризации и т.д.

Одними из наиболее распространенных энергоемких технологических процессов на производстве являются процессы сушки. Рассмотрим практический пример решения задачи идентификации математической модели динамики барабанной сушильной установки торговой марки Vetter, применяемой на ОАО «Галвис» для сушки после-спиртовой барды [1].

Применительно к рассматриваемому технологическому процессу сушки можно выделить следующие контролируемые переменные состояния:  $z_1(t)$  – температура выходного материала;  $z_2(t)$  – температура воздуха в сушильной установке;  $z_3(t)$  – температура отводимого пара. При этом, вектор переменных состояния принимает следующий вид:  $Z(z_1(t), z_2(t), z_3(t))$ .

Управляющее воздействие, определяется выражением:

$$u(t) = p(t)u_s(t),$$

где  $p(t)$  – давление пара;  $u_s(t)$  – степень открытия парового клапана.

Решение задачи идентификации математической модели динамики сушильной установки будем осуществлять с использованием программного модуля [2], разработанного в системе компьютерной математики Maple. Рассмотрим переход сушильной установки из точки  $Z_0(82,89,103)$  в точку  $Z_k(109,82,114)$ , при массовой доле сухой барды на выходе  $96 \pm 1\%$ , массовой доле сухой барды на смесительной шнеке 20-23%, мощности вытяжных вентиляторов 100%, температуре



пара в системе 170-175°C, давлении пара 6-7атм, температуре окружающей среды 10°C и использовании пшеницы в качестве сырья.

Данный переход с достаточной точностью описывается линеаризованной математической моделью [3]:

$$\begin{cases} \dot{z}_1(t) = 1,48 \cdot 10^{-4} \cdot u(t); \\ \dot{z}_2(t) = -4,74 \cdot 10^{-3} \cdot z_2(t) + 4,06 \cdot 10^{-3} \cdot z_3(t); \\ \dot{z}_3(t) = -1,53 \cdot 10^{-4} \cdot z_3(t) + 8,11 \cdot 10^{-5} \cdot u(t). \end{cases}$$

Для идентификации параметров модели использовались 1120 точек траекторий переменных состояния, полученных экспериментально. Максимальные значения оценки относительной ошибки идентификации составили: 2,72% для  $z_1(t)$ , 4,34% для  $z_2(t)$  и 0,88% для  $z_3(t)$  [3].

При неизменности основных параметров влияющих на технологический процесс, линеаризованные математические модели динамики с разрывной правой частью удовлетворяют требованиям точности и адекватности, а их простота, делает возможным осуществление параметрической идентификации и коррекции модели в процессе реальной эксплуатации.

*Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, проекты №14-08-00489-а, 14-08-00198-а.*

### **Библиографический список**

1. Грибков А.Н., Куркин И.А. Идентификация математических моделей динамики барабанной сушильной установки на множестве состояний функционирования // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Специальный выпуск. – 2014. – №52. – С. 32-36.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611295 от 30.01.2014 г. «Программный модуль параметрической идентификации математических моделей динамики многосвязных объектов на множестве состояний функционирования». / Д.Ю. Муромцев, А.Н. Грибков, И.А. Куркин.

3. Грибков А.Н., Куркин И.А., Дорохова Т.Ю. Идентификация математической модели динамики барабанной сушильной установки по совокупности экспериментальных данных // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации: сб. науч. ст. Междунар. науч.-техн. конф. «Шлядинские чтения – 2014», Пенза: Изд-во ПГУ, 2014. – С. 32-35.

*Грибков А.Н., Куркин И.А.*

## ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(GribkovAlexey@yandex.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 энергоемкими технологическими объектами. К числу наиболее энергоемких процессов на производстве относятся процессы сушки. При этом, несмотря на высокую степень автоматизации технологических процессов и внедрение современных систем управления производством, непосредственное управление сушильной установкой в динамических режимах, зачастую, приходится осуществлять в ручном режиме.

Для решения задачи синтеза энергосберегающих управляющих воздействий предлагается ИУС динамическими режимами процесса сушки, состоящая из модулей, показанных на рис. 1.

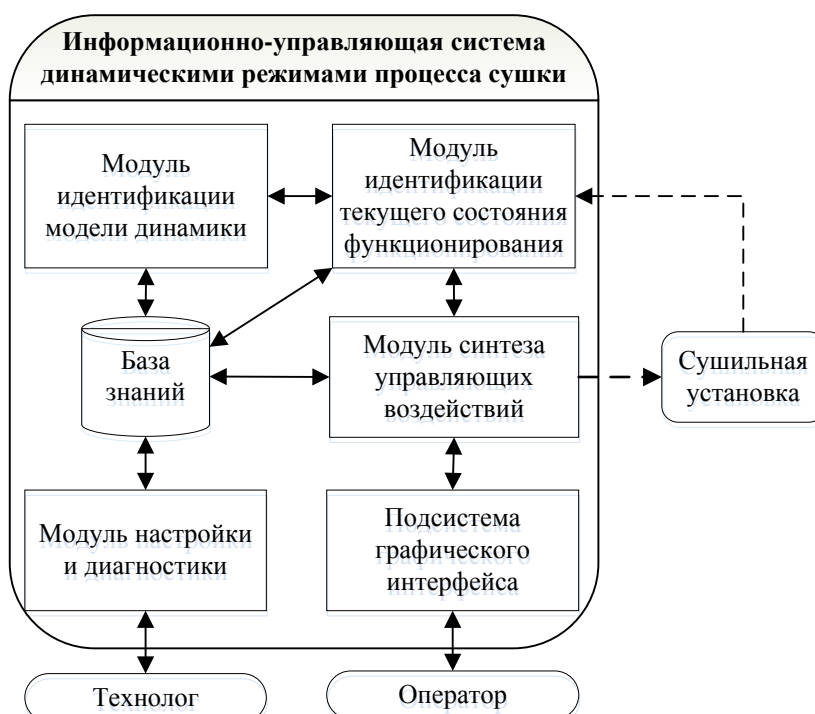


Рис. 1 Структурная схема ИУС

Модули ИУС имеют следующее функциональное назначение:

– модуль идентификации модели динамики обеспечивает решение задачи параметрической идентификации модели динамики сушильной установки [1];

– модуль идентификации текущего состояния функционирования определяет значения автоматически измеряемых параметров, влияющих на изменение состояния функционирования объекта.

– модуль синтеза управляющих воздействий, на основе массива исходных данных, определяет вид и параметры функции оптимального управления [2].

– модуль настройки и диагностики позволяет технологу производить изменение и дополнение базы знаний системы;

– подсистема графического интерфейса обеспечивает взаимодействие оператора с модулем синтеза управляющих воздействий.

– база знаний содержит процедурные знания о функциях, необходимых для синтеза конечной системы уравнений, решение которой определяет параметры функций оптимального управления для текущего состояния функционирования сушильной установки.

Устройства согласования с объектом, каналы управления и измерения (показанные на рис. 1 пунктирными линиями) реализованы в рамках существующей системы управления производством.

Применение ИУС для решения задач анализа и синтеза энергосберегающего управления динамическими режимами сушильной установки позволяет снизить затраты энергоресурсов и обеспечить требуемое качество выпускаемой продукции.

*Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, проекты №14-08-00489-а, 14-08-00198-а.*

### ***Библиографический список***

1. Грибков А.Н., Куркин И.А. Идентификация математических моделей динамики барабанной сушильной установки на множестве состояний функционирования // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Специальный выпуск. – 2014. – №52. – С. 32-36.

2. Грибков А.Н., Куркин И.А. Аналитический метод получения видов функций и расчета параметров оптимального управления многомерным объектом с учетом ограничений на управляющие воздействия // Информатика и системы управления. – 2014. – №3(41). – С. 71-83.

*Грибков А.Н.\* , Скрынников А.А.\*\**

## СИНТЕЗ КОМБИНИРОВАННОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

*\* ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*\*\* Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина», Россия, Воронеж  
(GribkovAlexey@yandex.ru, a1260@mail.ru)*

В настоящее время для решения задач мониторинга воздушного пространства, доставки полезной нагрузки в требуемую точку и др. применяются автономные беспилотные летательные аппараты (АБЛА). Отличительными особенностями АБЛА, в частности, являются: возможность длительного нахождения в состоянии полета; возможность как программного, так и дистанционного управления; самонаведение. Во всех режимах полета АБЛА предъявляются повышенные требования к точности и энергоэффективности управления.

Наиболее рациональным, например, при доставке полезной нагрузки в требуемую точку, можно считать комбинированный алгоритм управления, состоящий из дистанционного на начальном и самонаведения на конечном участке траектории. Алгоритмы согласованного дистанционного управления и самонаведения АБЛА могут быть получены на основе математического аппарата статистической теории оптимального управления [1].

В простейшем варианте аппарат этой теории позволяет для АБЛА, состояние которого описывается уравнением [2]

$$\dot{\mathbf{x}}_y = \mathbf{F}_y \mathbf{x}_y + \mathbf{B}_y \mathbf{u} + \xi_y, \quad (1)$$

при движении в заданную точку по требуемой траектории

$$\dot{\mathbf{x}}_m = \mathbf{F}_m \mathbf{x}_m + \xi_m, \quad (2)$$

при наличии измерений

$$\mathbf{z}(t) = \mathbf{H}\mathbf{x} + \xi_u, \quad (3)$$

сформировать сигнал управления

$$\mathbf{u} = \mathbf{K}^{-1} \mathbf{B}_y^T \mathbf{Q} [\hat{\mathbf{x}}_m - \hat{\mathbf{x}}_y], \quad (4)$$

оптимальный по минимуму локального функционала качества

$$I = M \left\{ [\hat{\mathbf{x}}_m - \hat{\mathbf{x}}_y]^T \mathbf{Q} [\hat{\mathbf{x}}_m - \hat{\mathbf{x}}_y] + \int_0^t \mathbf{u}^T \mathbf{K} \mathbf{u} dt \right\}, \quad (5)$$

где  $\mathbf{x}_m, \mathbf{x}_y$  –  $n$ -мерные векторы требуемых и управляемых координат;  $\mathbf{F}_y, \mathbf{F}_m$  – динамические матрицы, учитывающие внутренние связи процессов (1) и (2);  $\mathbf{B}_y$  – матрица эффективности  $r$ -мерного ( $r \leq n$ ) вектора

сигналов управления  $u$ ;  $z$  –  $m$ -мерный ( $m \leq n$ ) вектор измерений;  $H$  – модуляционная матрица связи обобщенного вектора состояния  $x = [x_m, x_y]$  и измерений;  $Q$  и  $K$  – матрицы штрафов за точность управления и величину сигналов управления;  $\hat{\phantom{x}}$  – знак оптимальной оценки;  $M$  – математическое ожидание функционала (5) при условии, что имеются измерения (3). В локальном функционале качества (5) первое слагаемое обеспечивает требуемую точность наведения АБЛА, а второе минимизирует затраты на управление.

В [2] рассмотрен синтез метода комбинированного наведения на маневрирующие воздушные цели, в котором органично сочетаются командное управление и самонаведение. Приведенный пример может быть распространен на случай дистанционного управления и самонаведения АБЛА при условии идентичности измеряемых и управляемых фазовых координат АБЛА.

В общем случае комбинированный алгоритм управления (4), оптимальный по минимуму функционала (5) при наличии измерений (3) состояния АБЛА (1), приводящий к движению по траектории (2) должен в частности обеспечить: минимальные поперечные перегрузки АБЛА; минимальный расход энергии управляющих сигналов; максимальную дальность полета АБЛА; требуемую точность наведения; практическую реализуемость.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ, грант №13-08-00594-а.*

#### ***Библиографический список***

1. Меркулов В.И. и др. *Авиационные системы радиоуправления*. Т.1. Принципы построения систем радиоуправления. Основы синтеза и анализа / Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2003.
2. Верба В.С., Меркулов В.И. Комбинированное управление летательными аппаратами с авиационного комплекса радиолокационного дозора и наведения // *Радиотехника*. – 2011, №5. – С. 66-70.

*Данилин М.А., Ивануткин А.Г., Файзулин Р.Г.*

## **МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО И НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина" (г. Воронеж)"  
(mazurova83@mail.ru).*

Одним из видов обеспечения государственной авиации является информационное и навигационное обеспечение, представляющие собой комплекс мероприятий, направленных на развертывание и эксплуатационное обслуживание элементов системы связи и радиотехнического обеспечения (РТО) полётов с целью своевременного, достоверного и безопасного обмена всеми видами сообщений (информации) в системе управления авиации, формирования и выдачи информации о местоположении воздушных судов в соответствующих зонах ответственности, повышения качества управления авиации.

При формировании структуры системы связи и РТО необходимо учитывать особенности выполнения ею задач.

Учёт всех возможных факторов при обосновании структуры системы связи и РТО является сложной и, зачастую, противоречивой задачей. Необходимыми условиями ее решения являются [1]: развитие международной нормативной базы; развитие техники связи и РТО, способов ее применения; возможность обеспечения первоочередных задач управления авиацией; развёртывание системы связи и РТО в сложных погодных и климатических условиях; учёт целевого предназначения каждой подсистемы по развертыванию и эксплуатационному обслуживанию определенного элемента системы связи и РТО; выделение необходимого ресурса сил и средств в резерв для восстановления элементов системы связи и РТО, а также решения внезапно возникающих задач; принятая структура системы связи и РТО; наличие сил и средств связи и РТО для восстановления ее элементов.

Задача определения структуры системы связи и РТО авиации сводится к классической задаче оптимального распределения ресурса и может решаться последовательным формированием вариантов структуры экипажей, станций, комплексов средств, подсистем и системы в целом а также последующей сравнительной оценкой их между собой по значениям показателей качества.

Из известных методических подходов к формированию структуры системы связи и РТО авиации наибольшее практическое значение приобретает системно-целевой подход, включающий следующие последовательно используемые методы [1]: структуризация целей; метод

аналогий; экспертно-аналитический; организационно-экономического моделирования.

Метод структуризации целей позволяет определить набор целей и подцелей, а также обеспечить уверенность, что все значительные цели или подцели распределены между подразделениями и должностями.

При применении метода аналогий формируется набор типовых решений схемы организационных структур, типовые положения о составе системы и должностные инструкции.

Экспертно-аналитический метод состоит в исследовании и аналитическом изучении состава и структуры системы связи и РТО авиации силами квалифицированных специалистов с тем, чтобы выявить специфические особенности и проблемы в функционировании системы, а также выработать рациональные рекомендации по её формированию и перестройке.

В составе организационно-экономического моделирования лежит разработка графических и методологических отображений связей между подразделениями и должностными лицами, а также распределение между ними прав и границ ответственности. Это отображение служит базой для анализа разрабатываемых рекомендаций по улучшению организационных структур [2].

Таким образом, военно-экономическое обоснование состава и структуры системы связи и РТО авиации включает в себя положение о необходимости и экономической целесообразности создания новой структуры, исходя из принятых международных нормативных документов, концепции развития системы связи и РТО авиации на современном этапе и возможностей промышленности по производству техники, а также содержит основные требования к создаваемой системе.

#### *Библиографический список*

1. Основы теории и методологии планирования строительства Вооружённых сил РФ. Военно-теоретический труд. Под общей редакцией кандидата социологических наук генерала армии Квашнина А.В. – Москва, Воениздат, 2002 г. С. 135-141.

2. Хвостикова В.А. Методологический подход к комплексному управлению текущими, капитальными затратами и денежными средствами. Инновационный вестник регион №4 (34) 2013 г. С.33-97.

*Добрыднева И.Ф., Никитенков Д.О., Кольтюков Н.А.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(resbn@jesby.tstu.ru)*

На всех предприятиях, занимающихся производством и переработкой полимерных материалов, находят применение смесительные машины, с электроприводами. Основной отличительной особенностью такого оборудования являются частые и значительные изменения нагрузки на приводную часть, которые ведут к существенному перерасходу энергии. В большей степени это проявляется на смесителях с асинхронным электроприводом, который в силу своих конструктивных особенностей имеет сильную зависимость к.п.д. ( $\cos \varphi$ ) от величины нагрузки. Важным резервом снижения энергопотребления в таких машинах является оптимальное управление динамическими режимами с учетом изменяющейся нагрузки. Теоретические исследования показывают, что при оптимальном управлении уменьшение затрат энергии в динамических режимах может достигать от 10 % до 30 % по сравнению с традиционным [1].

Асинхронный двигатель благодаря конструктивной простоте является наиболее массовым двигателем, широко применяемым в электроприводе промышленных установок. Уравнения динамики электромеханической системы с асинхронным двигателем в сочетании с уравнениями движения двухмассовой упругой системы могут быть записаны в виде:

$$\begin{aligned} R_1 \bar{i}_1 + \frac{d\bar{\Psi}_1}{dt} + j\omega_0 \bar{\Psi}_1 &= u_1, \\ R_2 \bar{i}_2 + \frac{d\bar{\Psi}_2}{dt} + j(\omega_0 - \omega_1) \bar{\Psi}_2 &= 0, \\ p_n L_{12} \operatorname{Im}[\bar{i}_1 \times \bar{i}_2^*] - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c1} &= J_1 p \omega_1, \\ c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c2} &= J_2 p \omega_2, \\ \bar{\Psi}_1 &= L_1 \bar{i}_1 + L_{12} \bar{i}_2; \bar{\Psi}_2 = L_2 \bar{i}_2 + L_{12} \bar{i}_1, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\bar{\Psi}_1, \bar{\Psi}_2$  - потокосцепления обмоток;  $p_n$  - число полюсов электродвигателя;  $M_{c1}, M_{c2}$  - суммарные моменты сопротивления на валу двигателя и механизма соответственно;  $J_1, J_2$  - приведенные моменты инерции;  $L_1, L_2, L_{12}$  - индуктивности статора, ротора и их взаимная индуктивность соответственно;  $c_{12}$  - жесткость связи;  $R_1, R_2$  - сопротивления обмоток статора и ротора;  $u_1$  - напряжение на обмотке статора;



$i_1, i_2$  - токи статора и ротора;  $\varphi_1, \varphi_2$  - углы поворота вала двигателя и механизма.

Для многих практических случаев целесообразно использовать линеаризованное уравнение динамической механической характеристики асинхронного двигателя:

$$\left(1 + \frac{1}{\omega_0 s_k} p\right) M = \frac{2M_k}{\omega_0 s_k} (\omega - \omega_1),$$

$$M - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c1} = J_1 p \omega_1, \quad (2)$$

$$c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c2} = J_2 p \omega_2,$$

где  $s_k$  – критическое скольжение;  $M_k$  – критический момент.

Более удобны для оперативного синтеза передаточные функции:  
- при управлении напряжением статора

$$W(p) = \frac{K_1(u_1)}{T_1(u_1)p + 1}, \quad (3)$$

где  $K_1(u_1) = \frac{\omega_0}{u_1} - \frac{s_k \omega_0 M_{c1}}{2M_k u_1^3}$  - коэффициент передачи двигателя;

$T_1(u_1) = \frac{s_k \omega_0 J_1}{2M_k u_1^2}$  - постоянная времени;  $u_1$  – напряжение на обмотках

статора; - для управления током ротора

$$W(p) = \frac{K_2(r_2)}{T_2(r_2)p + 1}, \quad (4)$$

где  $K_2(r_2) = \frac{\omega_0}{r_2} - \frac{M_c}{M_k}$  - коэффициент передачи двигателя;  $T_2(r_2) = \frac{J r_2}{M_k}$  -

постоянная времени;  $r_2$  – сопротивления обмоток ротора.

Таким образом, для оптимального управления асинхронными электродвигателями имеются модели, пригодные для синтеза энерго-сберегающего управления.

### **Библиографический список**

1. Кольтюков Н.А. Оптимальное энергосберегающее управление смешанными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов: Дис. на соиск. уч. степ.к.т.н. – Тамбов: ТГТУ, 2002. - 174 с.

Долгов М.О., Пудовкин А.П..

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ КАЛМАНОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(slim93@list.ru, resbn@jesby.tstu.ru,)

В современных АС УВД в режиме измерения координат используются алгоритмы фильтрации, в которых экстраполяция траектории осуществляется исходя из гипотезы относительного движения с постоянной скоростью. Для решения задачи сопровождения целей по дальности формируются оценки дальности  $D$  и скорости сближения  $V$  по алгоритму  $\alpha$  -  $\beta$  - фильтрации:

$$D_s(k+1) = D(k) + V(k)\tau, D(0) = D_0 \quad (1)$$

$$D(k+1) = D_s(k+1) + \alpha \Delta D(k+1); \quad (2)$$

$$V(k+1) = V(k) + \frac{\beta}{\tau} \Delta D(k+1), V(0) = V_0 \quad (3)$$

$$\Delta D(k+1) = D_{и}(k+1) - D_s(k+1), \quad (4)$$

На основании выражений (1) – (4) проводилось имитационное моделирование движения цели относительно НРЛС

Изменение ускорения цели при этом маневре “полупетля” показано на рис. 1.

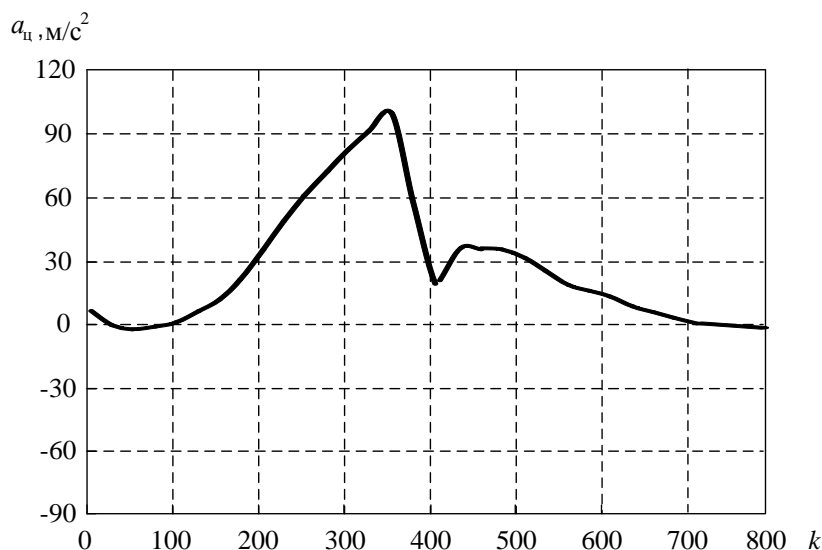


Рис. 1 – Изменение ускорения цели при этом маневре “полупетля”

На рис. 2 показано изменение среднеквадратического отклонения (СКО) оценки дальности  $\sigma_D$  для трех вариантов движения цели.

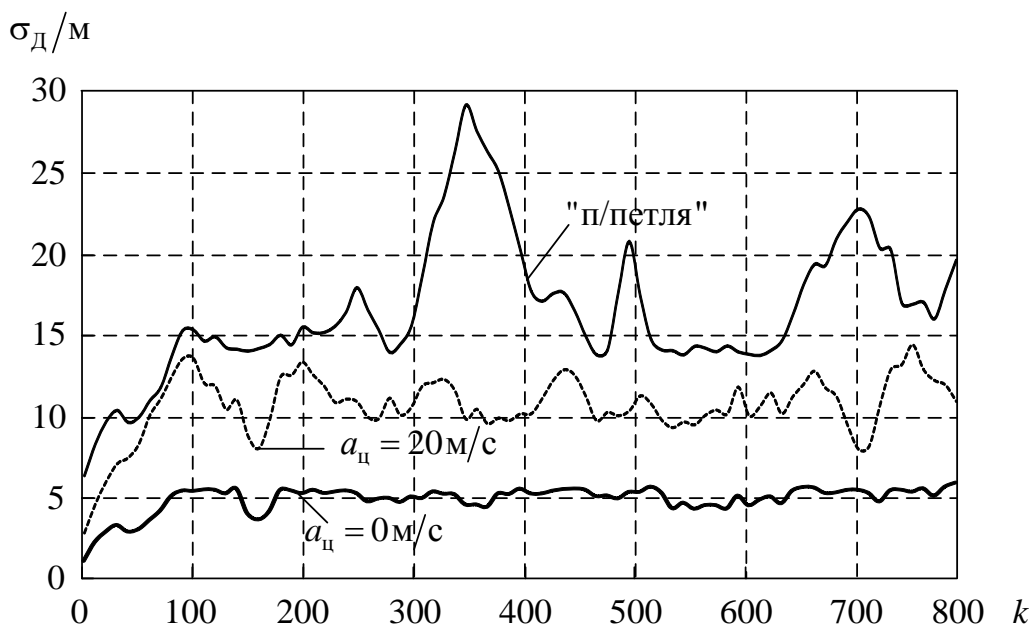


Рис. 2 – Изменение среднеквадратического отклонения (СКО) оценки дальности  $\sigma_d$  для трех вариантов движения цели

Из графика (рисунок 2) видно, что при одинаковых начальных условиях значения  $\sigma_d$  для трех вариантов различны.

В современных условиях, особенно при ведении боевых действий или при управлении большой группой воздушных судов, находящихся на малых интервалах, возникает необходимость обеспечения большей безопасности полетов при управлении воздушным движением. Для этого необходимо повышать точность определения координат и разрешающую способность РЛС.

Предпочтительным вариантом решения данной проблемы является синтез РЭСС по оценке траектории движения воздушной цели с использованием данных ее пространственной ориентации, который позволит более точно выбрать модель системы с учетом маневров ЛА, по сравнению с существующими моделями систем. Наличие ускорения цели в модели системы, которая может достаточно точно описать маневренные свойства цели, позволит обеспечить высокую надежность и помехоустойчивость.

#### *Библиографический список*

1. Пудовкин А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах. Научное издание. [Текст]: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. СПб.: «Экспертные решения», 2014

*Долгов М.О., Хмыз Д. Ю.*

## ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВЫХ ДАТЧИКОВ НА ТОЧНОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УВД

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(slim93@list.ru, e-mail: denis.hmiz@gmail.com)*

Ускорение цели относительно РЛС УВД имеет зависимость [1]:  

$$a_{ццв} = V_{ц}(\cos \theta \sin \varepsilon_B (\omega_\theta - \omega_B \cos(\varphi - \varepsilon_r)) + \sin \theta \cos \varepsilon_B (\omega_B - \omega_\theta \cos(\varphi - \varepsilon_r)) + \cos \theta \cos \varepsilon_B \sin(\varphi - \varepsilon_r)(\omega_r - \omega_\varphi)). \quad (1)$$

С учетом ускорения цели можно использовать следующую модель состояния в дискретном времени:

$$\left. \begin{aligned} D(k+1) &= D(k) + V(k)T + 0,5a(k)T^2; \\ V(k+1) &= V(k) + a(k)T; \\ a(k+1) &= V_{ц}(k)(\sin \varepsilon_B(k) \cos \theta(k)(\omega_\theta(k) - \omega_B(k) \cos(\varphi(k) - \varepsilon_r(k)) + \\ &\quad + \sin \theta(k) \cos \varepsilon_B(k)(\omega_B(k) - \omega_\theta(k) \cos(\varphi(k) - \varepsilon_r(k)) + \\ &\quad + \cos \varepsilon_B(k) \cos \theta(k) \sin(\varphi(k) - \varepsilon_r(k)) \cdot (\omega_r(k) - \omega_\varphi(k)); \\ \theta(k+1) &= \theta(k) + \omega_\theta(k)T; \\ \omega_\theta(k+1) &= (1 - \alpha T)\omega_\theta(k) + \xi_{\omega_\theta}(k-1); \\ \varphi(k+1) &= \varphi(k) + \omega_\varphi(k)T; \\ \omega_\varphi(k+1) &= (1 - \alpha T)\omega_\varphi(k) + \xi_{\omega_\varphi}(k). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для обеспечения оценки фазовых координат (2), должны измеряться дальность  $D_{и}$ , угол наклона  $\theta_{и}$ , угол поворота траектории  $\varphi_{и}$ :

$$\left. \begin{aligned} D_{и}(k) &= D(k) + \xi_{ди}(k); \\ \theta_{и}(k) &= \theta(k) + \xi_{\thetaи}(k); \\ \varphi_{и}(k) &= \varphi(k) + \xi_{\varphiи}(k), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

в которых  $\xi_{ди}$ ,  $\xi_{\thetaи}$ ,  $\xi_{\varphiи}$  - дискретные центрированные гауссовские шумы измерений с известными дисперсиями  $D_{ди}$ ,  $D_{\thetaи}$  и  $D_{\varphiи}$ .

На основании модели состояния (2), модели наблюдения (3) и с учётом выражений нелинейной фильтрации получен рекуррентный алгоритм первого порядка [1].

Имитационное моделирование проводилось для двух случаев. В первом случае в дальномерном канале не измеряются углы  $\theta_{ц}$  и  $\varphi_{ц}$  ( $a_B=0$ ). Во втором случае дальномерном канале измеряются углы  $\theta_{ц}$  и  $\varphi_{ц}$  ( $a_B \neq 0$ ).

На рисунках 1, 2, 3 в приведены графики изменения во времени СКО оценки фильтрации дальности ( $D$ ), скорости ( $V$ ) и ускорения ( $a$ ) по линии визирования между РЛС АС УВД и целью. Как видно из рисунков, при совершении целью маневра, СКО оценки  $D$ ,  $V$  и  $a$  значительно меньше при использовании информации бортовых датчиков

пространственного положения цели ( $a_B \neq 0$ ), чем при отсутствии этой информации ( $a_B = 0$ ).

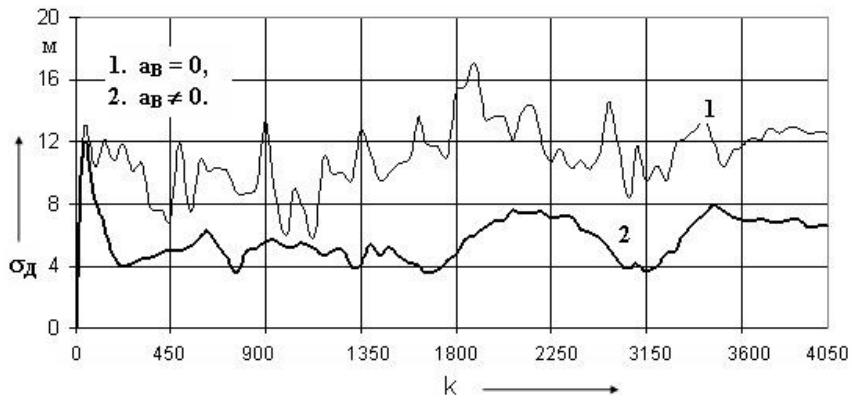


Рис. 1 – График изменения во времени СКО оценки фильтрации дальности

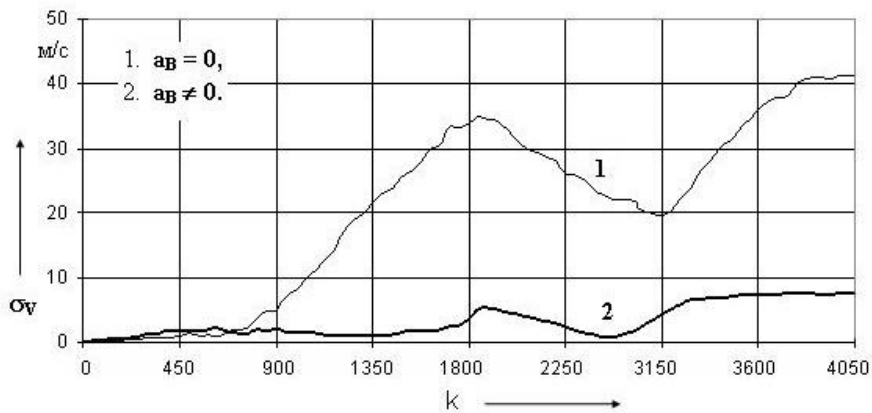


Рис. 2 – График изменения во времени СКО оценки фильтрации скорости

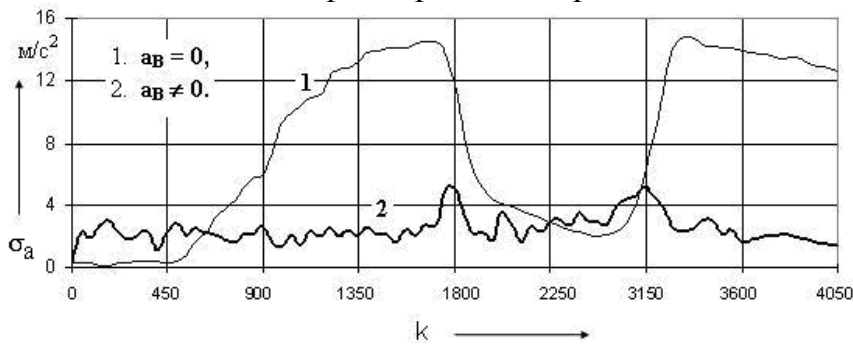


Рис. 3 – График изменения во времени СКО оценки фильтрации ускорения

Анализ результатов исследованных алгоритмов показал, что точность оценки фазовых координат цели значительно лучше по сравнению с существующими алгоритмами (СКО фазовых координат уменьшается в 2 раза).

Применение синтезированных алгоритмов позволит более качественно выполнять задачи системы УВД по увеличению пропускной способности при заданном уровне безопасности.

### *Список литературы*

1. Пудовкин А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах. Научное издание. [Текст]: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. СПб.: «Экспертные решения», 2014 – 256 с.

*Должикова Е. Ю., Углёва Е.М.*

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ**

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный технологический университет  
«СТАНКИН», Россия, Москва (e.doljikova@stankin.ru, kotik-fox@yandex.ru).*

На данном этапе развития энергетики становится экономически более выгодной структура внутрицехового электроснабжения, состоящая из централизованного мощного преобразователя промышленного трёхфазного тока в постоянный, внутрицеховой электросети постоянного тока и индивидуальных преобразователей постоянного тока в переменный. Индивидуальные преобразователи постоянного тока в переменный гораздо проще и дешевле полнокомплектных частотных преобразователей, так как не содержат выпрямительной части, фильтров, системы коррекции и подавления гармоник. Централизованный же выпрямитель большой мощности будет иметь более высокий КПД, его легче оборудовать интеллектуальной системой энергосбережения и коррекции качества электроэнергии. Блочно-модульная схема построения централизованного выпрямителя повысит надёжность и устойчивость функционирования системы в целом. Резервирование в сетях постоянного тока технически проще в реализации и требует меньших затрат, чем резервирование в сетях переменного тока. Немаловажным фактором будет также снижение уровня электромагнитных полей.

Поскольку внутрицеховая сеть постоянного тока может состоять из нескольких независимых подсетей, целесообразно снабдить рассматриваемый преобразователь как минимум двумя независимыми выходами постоянного тока с возможностью как отдачи всей мощности в одну из подсетей, так и распределения мощности между двумя подсетями.

Разработанная модель фрагмента системы электроснабжения групповых потребителей содержит 2 преобразовательно-распределительных устройства (ПРУ) мощностью по 3 кВт каждая с интеллектуальной системой управления, включенных встречно-последовательно друг другу трехжильным кабелем на постоянном токе («+», «-», «0»). На рисунке 1 показана структурная схема фрагмента системы [1].

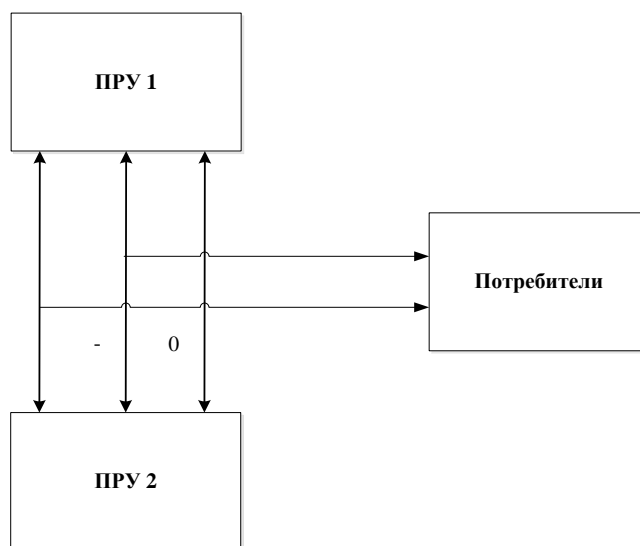


Рис.1. Разработанный фрагмент DC системы электроснабжения потребителей

Компьютерное моделирование ПРУ подтвердило возможность разделения колебательных процессов в нагрузке (2,5 кГц) и преобразователе (50-300 Гц) и на этой основе возможности замещения преобразователя внешней характеристикой с учетом их регулирования по току [2].

Благодаря проведенному компьютерному моделированию подтверждается работоспособность экспериментального образца фрагмента системы электроснабжения групповых потребителей с несколькими источниками с использованием постоянного тока с интеллектуальной системой управления, состоящего из нескольких преобразовательно-распределительных устройств и нескольких потребителей, а также созданы требования для увеличения надежности разрабатываемого оборудования.

#### ***Библиографический список***

1. Змиева К.А., Кузнецова Е.В., Углева Е.М. Моделирование сети электроснабжения промышленного предприятия с использованием постоянного тока. Вестник МГТУ «СТАНКИН». №4, 2014. С. 154-160.

2. Змиева К.А., Шульга Р.Н., Должикова Е.Ю., Тимофеев Е.М. Измерение токов и напряжений на высоком потенциале с помощью цифровых датчиков. Электричество. № 12. 2012. С. 13-17.

*Дудышев О.И., Мокрозуб В.Г., Малявко О.И*

## **МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СОСУДОВ И АППАРАТОВ В СРЕДЕ INTERNET**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(dudyshev.oleg@yandex.ru, mokrozubv@yandex.ru, girl\_dream\_555@mail.ru).*

Сосуды и аппараты (емкостные, колонные, выпарные и др.) используются в химической, нефтехимической, пищевой и др. областях промышленности и является опасным для человека и окружающей среды. В соответствии с этим для них необходимо выполнять механические (прочностные) расчеты, гарантирующие безопасность этих аппаратов в заданных рабочих условиях.

Для автоматизации механических расчетов сосудов и аппаратов существуют специальные программы, одной из которых является модуль механических расчетов виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования», [www.gaps.tstu.ru/kir](http://www.gaps.tstu.ru/kir).

Механические расчеты в виртуальном кабинет «Конструирование технологического оборудования» выполняются в среде Mathcad и представляют собой электронную книгу, содержащую тексты стандартов и примеры расчетов.

При всей привлекательности существующих программ механических расчетов сосудов и аппаратов, они выполняются на стороне клиента, и не являются кросс- платформенными, что в современных условиях, когда имеются многочисленные типы компьютерных систем, является существенным недостатком.

В связи с этим одним из направлений развития виртуального кабинета «Конструирование технологического оборудования» является разработка программного обеспечения, выполняющегося на стороне сервера.

На рисунке 1 представлено первичное меню механического расчета, выполняемого по ГОСТ Р 52857.2-2007. «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек выпуклых и плоских днищ и крышек». На рисунке 2 – пример расчета.

Разработанный модуль установлен на Linux-платформе, Web-сервер – Apache HTTP-сервер. Язык программирования PHP.



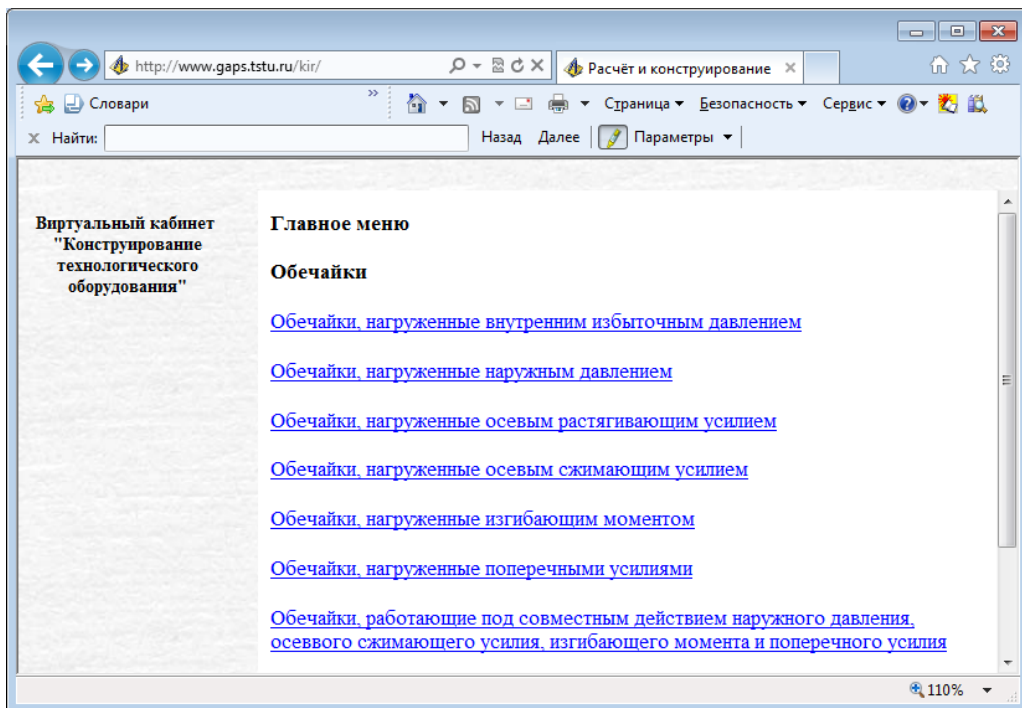


Рис. 1. Первичное меню механического обечайек и днищ расчета

Исходные данные:  
 Расчетное внешнее давление, МПа = 1.6  
 Внутренний диаметр сосуда или аппарата, мм = 1500  
 Толщину стенки определяем по формуле:

$$S = S_r + C \quad (1)$$

где расчетную толщину стенки вычисляют по формуле:

$$S_p = \max \left\{ 1,06 \cdot \frac{10^{-2} \cdot D}{B} \left( \frac{p}{10^{-5} \cdot E} \cdot \frac{l}{D} \right)^{0,4}; \frac{1,2 \cdot p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - p} \right\} \quad (2)$$

Расчетные формулы (1) и (2) применимы при условии:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1 \quad (3)$$

Коэффициент В вычисляют по формуле:

$$B = \max \left\{ 1; 0,47 \cdot \left( \frac{p}{10^{-5} \cdot E} \right)^{0,067} \cdot \left( \frac{l}{D} \right)^{0,4} \right\} \quad (4)$$

$[\sigma]$  = 150 - допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;  
 Расчетная длина гладкой обечайки, мм = 3000  
 Модуль продольной упругости при расчетной температуре,  $10^5$  МПа = 2  
 Коэффициент В = 1  
 Коэффициент sp1 = 19.188680750214  
 Коэффициент sp2 = 9.6514745308311  
 Расчетная толщина стенки, мм = 19.188680750214  
 С = 1 - сумма прибалок к расчетным толщинам стенок, мм.  
 S - Исполнительная толщина стенки, мм = 20.188680750214  
 Допускаемое внешнее давление вычисляют по формуле:

$$[p] = \frac{[p]_n}{\sqrt{([v]_n)^2}}$$

Рис. 2. Пример механического расчета обечайки

*Елисеев А.И., Удовикин В.Л.*

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ АВТОКОМПЕНСАТОРОВ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(www.mcfistik@rambler.ru)*

Пассивные методы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС, основанные на выборе необходимого частотнотерриториального разнеса между РЭС, создающими друг другу помехи, часто оказываются неэффективными. Это требует применения активных методов - различных устройств подавления помех.

На магистральных (радиорелейных и спутниковых) линиях связи возникают как непрерывные, так и импульсные помехи в общих либо соседних полосах частот. Для подавления помех в этих случаях могут использоваться как одноканальные, так и многоканальные компенсаторы помех (КП) - устройства, которые формируют копию помехи и вычитают эту копию из принимаемого сигнала, содержащего полезную и мешающую компоненты. Такие КП позволяют бороться с самыми разнообразными помехами, даже если их вид модуляции совпадает с видом модуляции полезного сигнала.

Оптимальные одноканальные КП представляют собой устройства, предназначенные для разделения АМ и ЧМ сигналов, одновременно поступающих на вход приемника (рис. 1).

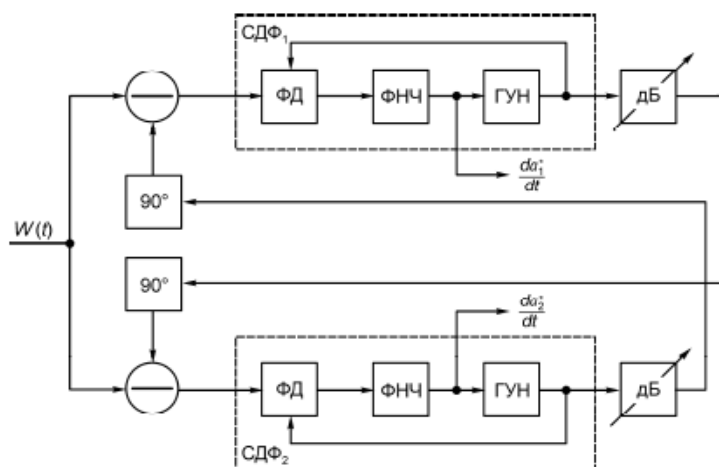


Рис. 1 Обеспечение ЭМС при помощи одноканальных КП

КП строится на синхронных фазовых детекторах (СФД), состоящих из фазового детектора (ФД) и генератора, управляемого напря-

жением (ГУН). Атенюаторы выравнивают амплитуды компенсирующих и компенсируемых сигналов. В результате:

- ЧМ сигналы одной и той же частоты и одинаковой амплитуды, сдвиг фаз между которыми равен  $90^\circ$ , могут быть полностью разделены без переходных помех между ними, что позволяет вдвое увеличить емкость систем без расширения занимаемой полосы частот;

- при случайных фазовых сдвигах между разделяемыми ЧМ сигналами для их эффективного разделения с малыми переходными помехами необходимо увеличить частотный разнос между несущими частотами.

КП должен с высокой точностью выделять сообщение  $a_i(t)$  из сложного сигнала  $W(t)$ , представляющего собой сумму  $N$  сигналов, действующих на входе приемника [1]:

$$W(t) = A \sum_{i=1}^N \mu_i S_i(t, a_i, \bar{\lambda}_i) + n(t) = S(t, \bar{a}, \bar{\lambda}) + n(t),$$

где  $S_i(t, a_i, \bar{\lambda}_i)$  -  $i$ -й сигнал, поступающий на вход приемника и модулированный сообщением  $a_i(t)$ ;  $\bar{\lambda}_i$  - его параметры;  $\mu_i A$  - амплитуда  $i$ -го сигнала;  $n(t)$  - белый гауссовский шум.

Модель следящего КП при  $N = 2$  (рис.2) два канала приема, в каждом из которых выполняется оценка одного из сообщений  $a_i^*(t)$ . Эти оценки поступают на модуляторы, где они преобразуются в сигналы  $\mu_i S_i(t, a_i, \bar{\lambda}_i)$  и  $\mu_i \partial S_i(t, a_i, \bar{\lambda}_i) / \partial a_i$ .

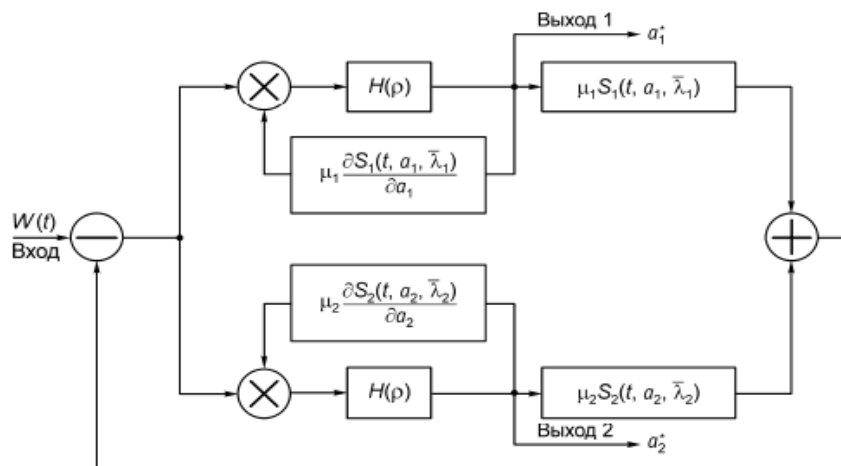


Рис. 2. Модель оптимального КП, разделяющего два сигнала

На выходе сумматора формируется копия принимаемого сигнала  $W^*(t)$ , которая по цепи обратной связи подается на вход устройства, где она вычитается из принимаемого сигнала а вторые подаются на умножители каждой ветви.

## Список литературы

1. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / Под ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. - М.: Эко-Трендз, 2006. - 376 с.

*Ермолаев В.В., Жуков В.М.*

### ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОСТАНЦИИ ОВЧ ДИАПАЗОНА С ПОМОЩЬЮ ШЕСТИЭЛЕМЕНТНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(vovchikerm@mail.ru, valzhuk@rambler.ru)*

Повышение энергетического потенциала радиолиний является актуальной проблемой систем радиосвязи ОВЧ диапазона. Современная радиостанция ОВЧ диапазона Р-166 потребляет 8 кВт. Излучаемая мощность равна одному киловатту. Следовательно, коэффициент полезной действия (КПД) равен 0,125, что является очень низким показателем. В радиостанции Р-166 применяются 5 разнотипных антенн ОВЧ диапазона с коэффициентом усиления от нуля до десяти децибел.

Предлагается замена всех антенн на одну кольцевую антенную решетку с числом элементов, равным 6-ти. При этом каждый элемент ОВЧ решетки запитывается от 200-ваттного усилителя. Такие усилители, в отличие от однокиловаттных, нетрудно реализовать в ключевом режиме с величиной промышленного КПД не менее 0,8.

Структурная схема шестиэлементной фазированной антенной решетки совместно с элементами радиопередающих устройств показана на рисунке 1.

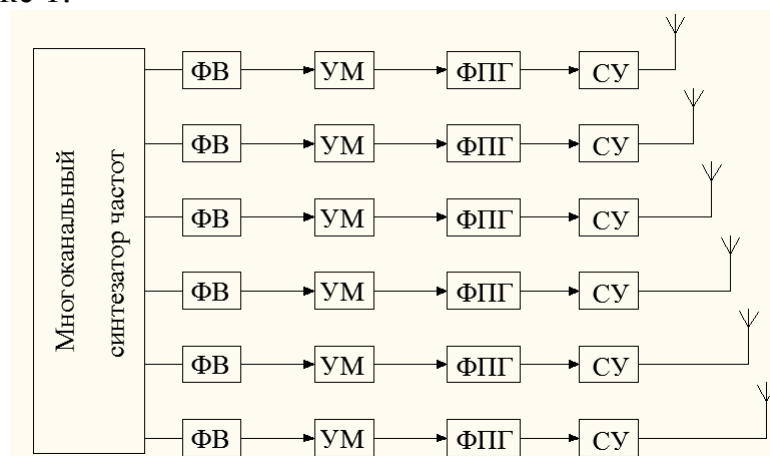


Рис. 1. Шестиэлементная ФАР

На рисунке 1 использованы следующие обозначения:

ФВ – фазовращатель; УМ – усилитель мощности; ФПГ – фильтр подавления гармоник; СУ – согласующее устройство.

Конфигурация ФАР может быть различной (линейной, прямоугольной, кольцевой). Величина коэффициента усиления в диапазоне 30 – 80 МГц изменяется от 10 до 13 дБ.

Устойчивость системы автоматической настройки согласования и фазирования элементов решетки в переходном режиме исследовано в [1]. На рисунке 2 показан процесс изменения дисперсии погрешности системы в переходном режиме при разных коэффициентах связи  $K_a$  между элементами.

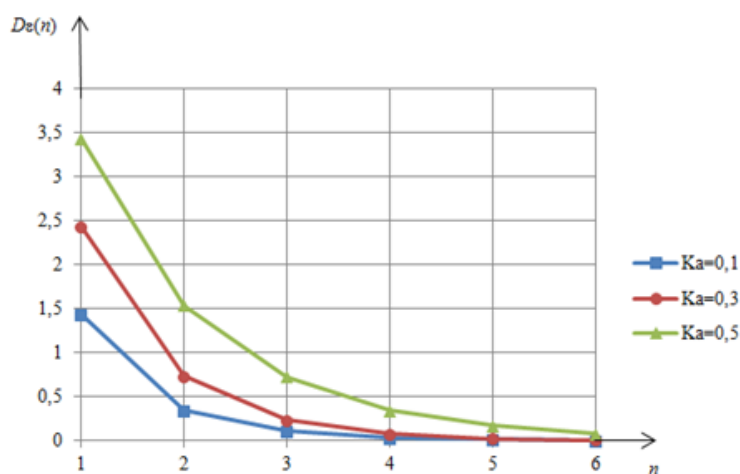


Рис. 2. График изменения дисперсии погрешности

Из вышеприведенного следует, что для питания радиопередающих устройств ОВЧ диапазона достаточно электроагрегата мощностью 3 кВт. Т.е. КПД радиостанции увеличится в 2,7 раза, а энергопотенциал радиолиний увеличится в среднем на 5 – 12 дБ.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00489 А.*

### **Библиографический список**

1. Ермолаев В.В. Исследование устойчивости цифрового автоматического устройства согласования элементов шестиэлементной фар УКВ диапазона / В.В. Ермолаев, В.М. Жуков, А.И. Колодин, Р.Н. Перелыгин // Теория и техника радиосвязи. – 2013, №3.– С.77-82.

*Ермолаев В.В., Жуков В.М., Перелыгин Р.Н.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОСТАНЦИИ ВЧ ДИАПАЗОНА С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(valzhuk@rambler.ru)*

Актуальной проблемой радиосвязи является повышение энергетического потенциала радиолиний при одновременном снижении потребляемой мощности [1,2]. Современная радиостанция ВЧ диапазона Р-166 потребляет 8 кВт при работе ВЧ канала радиосвязи. Излучаемая мощность равна одному киловатту. Следовательно, коэффициент полезного действия (КПД) равен 0,125, что является очень низким показателем. В радиостанции Р-166 применяются 7 разнотипных ВЧ антенн с коэффициентом усиления от двух до девяти децибелл.

Предлагается замена всех антенн на одну кольцевую антенную решетку с числом элементов, равным 12-ти. При этом каждый элемент ВЧ решетки запитывается от 100-ваттного усилителя. Такие усилители, в отличие от однокиловаттных, нетрудно реализовать в ключевом режиме с величиной промышленного КПД не менее 0,85.

Теория кольцевых антенных решеток дает возможность моделирования ДН, согласно выражению:

$$F(\Delta, \varphi) = \sum_{n=1}^N \overset{\bullet}{A}_n \times \exp \left\{ j2\pi \frac{R}{\lambda} \cos \Delta \cos(\varphi - \varphi_n) \right\},$$

здесь  $\overset{\bullet}{A}_n$  – комплексная амплитуда тока возбуждения  $n$ -го элемента КФАР;  $\Delta, \varphi$  – азимутальный угол и угол места, отсчитываемый от осей  $X$  и  $Y$  соответственно;  $\varphi_n = \frac{2\pi(n-1)}{N}$  – угол расположения  $n$ -го излучателя;  $\lambda$  – длина волны.

Значение КНД КФАР в направлении максимума излучения определяется выражением

$$D_0 = \frac{4\pi |F(\Delta_0, \varphi_0)|^2}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi F^2(\Delta, \varphi) \cos(\Delta) d\Delta d\varphi}.$$

Радиостанция диапазона 1,5 – 30 МГц с кольцевой фазированной антенной решеткой (КФАР) показана на рисунке 1. Изменение величины коэффициента усиления (КУ) 12-ти элементной КФАР ВЧ диапазона от шести до двенадцати децибелл приведено на рис. 2.

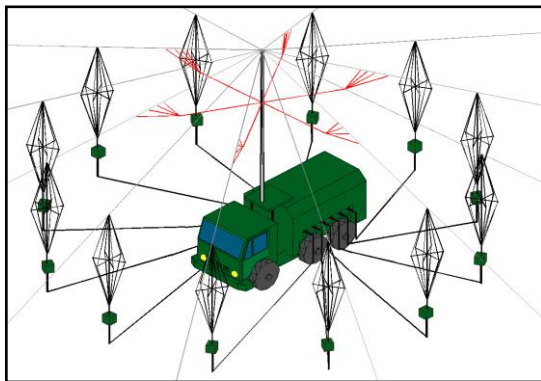


Рис. 1. Радиостанция

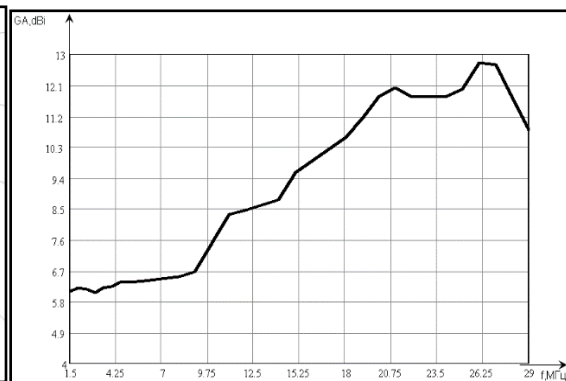


Рис. 2. Коэффициент усиления

### Выводы.

Для питания радиопередающих устройств решетки ВЧ диапазона достаточно электроустановки мощностью 3 Квт. Т.е. КПД радиостанции увеличится в 2,7 раза, а энергопотенциал радиолиний увеличится в среднем на 4 – 5 дБ.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00489 А.*

### Библиографический список

1. Перельгин, Р.Н. Автоматическая настройка Г-образных согласующих устройств / В.М. Жуков, В.В. Ермолаев, А.И. Колодин, Р.Н. Перельгин // Теория и техника радиосвязи. 2013.
2. Перельгин, Р.Н. Антенная система мобильной радиостанции / А.Б. Беседин, В.М. Жуков, А.Ф. Харин, Р.Н. Перельгин // М.: «Радиотехника», 2013.

***Ефремова А.С., Белоусов О.А.<sup>1</sup>, Рязанова А.Г.***

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СЕТЕЙ СТАНДАРТА ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*anastasiya25tmb@gmail.com , jjour314@gmail.com, alexandra.ryazanova@yandex.ru*

В настоящее время энергоэффективность для антенных систем сетей стандарта четвертого поколения является важнейшей областью развития. Среди множества антенных систем для данного стандарта, работающего в диапазоне частот 2,1 ГГц, наиболее подходящими являются фрактальные антенные решетки с улучшенными массогабаритными характеристиками.

В результате имитационного моделирования и экспериментов установлено, что фрактальные антенны позволяют получить практи-

чески тот же коэффициент усиления, что и обычные, но при меньших габаритах, что важно для мобильных приложений.

Из всего множества фрактальных антенн следует выделить фрактальные антенны на основе ковra Серпинского, обладающие широкополосными свойствами.

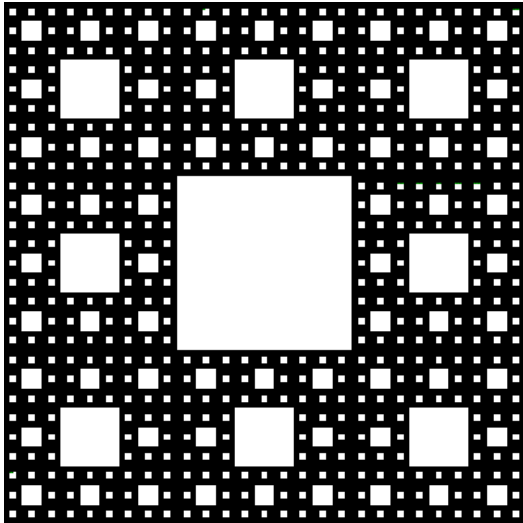


Рис. 1 Фрактальная антенна на основе ковra Серпинского.

Для построения ковra Серпинского будут использованы следующие выражения[1,2]:

$$W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}},$$

$$\varepsilon_{\text{reff}} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2},$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\varepsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left[ \frac{W}{h} + 0,264 \right]}{(\varepsilon_{\text{reff}} + 0,258) \left[ \frac{W}{h} + 0,8 \right]}, \quad (1)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\varepsilon_{\text{reff}}}},$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L,$$

где  $f_0$  - рабочая частота, ГГц;  $\varepsilon_r$  - диэлектрическая проницаемость подложки;  $h$  - толщина подложки, мм.

Использование фрактальных излучателей в составе антенных систем в диапазоне 2,1ГГц позволяет существенно увеличить зону покрытия, пропускную способность канала связи и повысить энергоэффективность конечных и абонентских терминалов в целом.



### *Библиографический список*

1. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации.- М.: Логос, 2002
2. Слюсарь В.И. Фрактальные антенны / В.И. Слюсарь // Высокие технологии. – 2002. – №8

*Журавков В.М., Рябов А.В.*

## **ПРОБЛЕМЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ**

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

Современные комплексы авиационной радиосвязи должны выполнять задачи информационного обеспечения системы управления в любой, в том числе сложной сигнально-помеховой обстановке, при воздействии комплекса дестабилизирующих факторов с заданным качеством. С другой стороны перспективные средства связи должны удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) и энергетической эффективности.

Обеспечение помехоустойчивости основывается на достижении превышения отношением сигнал/шум  $q$  на входе приемника радиолинии требуемого значения  $q_{\text{тр}}$  при котором обеспечивается заданная вероятность правильного приема [1]

$$P(q = P_c/P_{\text{ш}} \geq q_{\text{тр}}), \quad (1)$$

где  $P_c$  – мощность сигнала на входе приемника;  $P_{\text{ш}}$  – мощность шумов на входе приемника, представляющих собой совокупность преднамеренных и непреднамеренных помех. При этом повышение энергетической эффективности средств связи требует минимизации уровня излучаемой передатчиком мощности  $P_{\text{прд}}$  при обеспечении требования (1), что можно выразить условной вероятностью

$$P(q \geq q_{\text{тр}} | P_{\text{прд min}}). \quad (2)$$

Выполнение условия (2) возможно при адаптивном управлении структурой, параметрами и алгоритмами функционирования радиолиний [1]. Стратегиями управления являются:

- обеспечение требуемого качества связи (в этой работе ограничимся достоверностью связи, определяемой вероятностью правильного приема);

- повышение эффективности использования энергетического ресурса радиолинии при выполнении требований к качеству связи.

Обеспечение требуемой вероятности правильного приема возможно при использовании следующих управляющих воздействий:

1. Минимизация требуемой величины  $q_{\text{тр}}$  при фиксированном среднем значении  $q$  на основе применения следующих методов [2]:

- разнесенный прием сигналов в совокупности с компенсацией помех по пространственным координатам;

- компенсация сигналов на основе использования методов модемных подавителей;

- передача сообщений по составным радиолиниям через ретрансляторы;

- использование помехоустойчивых сигнально-кодовых конструкций (широкополосные сигналы, помехоустойчивое кодирование);

2. Обеспечение превышения среднего значения отношения сигнал/шум над найденным требуемым значением  $q_{\text{тр}}$ , что может быть достигнуто повышением энергетики полезного сигнала, пришедшего в точку приема и (или) снижением уровня шумов на входе приемника.

Как следует из уравнения передачи [1], повышение энергетики сигнала в точке приема, при заданном уровне излучаемой мощности, возможно на основе применения антенн с высокими направленными свойствами, наиболее эффективными из которых являются фазированные антенные решетки и адаптивные антенны. Их замечательным свойством является способность формировать максимум диаграммы направленности в направлении точки приема (передачи) и формировать минимум диаграммы направленности в направлении источников интенсивных помех.

Снижение уровня шумов на входе приемника возможно при использовании методов параметрической адаптации (по частоте, мощности, скорости передачи, режимам работы, и др.), применении направленных антенн.

3. Минимизация излучаемой передатчиками мощности до уровня минимально необходимого для выполнения условия (1).

Таким образом, комплексное использование методов адаптивного управления структурой, параметрами и алгоритмами функционирования радиолиний позволяет обеспечить требуемую вероятность правильного приема и создает условия для минимизации уровня излучаемой передатчиками мощности, что в свою очередь повышает ЭМС и энергетическую эффективность радиолиний.

## Список литературы

1. Рябов А.В., Федюнин П.А. и др. Управление мощностью передающих устройств автоматизированных линий декаметрового радиосвязи. Монография. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 140 с.

2. Антонюк Л.Я., Игнатов В.В. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки. С.Пб.: ВАС, 1994. 124 с.

*Зырянов Ю.Т.\* , Лебедев В.В.\*\* , Рязанов И.Г.\*.*

### **ФОРМИРОВАНИЕ СМЕШАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ НА ОСНОВЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*\*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*( zut-tmb@mail.ru, chief.ryazanoff2012@yandex.ru).*

*\*\*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Россия,  
Воронеж, (e-mail: ww168@mail.ru).*

Постановка задачи по формированию смешанной системы (по трем базовым методам) управления техническим состоянием (ТС) сложной технической системы (СТС) формулируется следующим образом. Необходимо разработать алгоритм формирования смешанной системы управления техническим состоянием (ТС) на основе декомпозиции СТС, состоящей из  $S = \{s_i, i = \overline{1, S}\}$  элементов, в наибольшей степени удовлетворяющий множеству эксплуатационно-технических показателей

$$\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_\eta\}, \quad (1)$$

где  $\Gamma$  – множество значений эксплуатационно-технических показателей объекта;  $\eta$  — число показателей. На уровне элемента СТС это означает, что необходимо определить последовательность  $\varepsilon^{s_i}$  проведения профилактических работ (ПР), т. е.

$$\varepsilon^{s_i} = \langle t_1^{s_i}, t_2^{s_i}, \dots, t_m^{s_i} \rangle, \quad (2)$$

где  $t_m^{s_i} > t_2^{s_i} > t_1^{s_i}$  – периодичность проведения ПР;  $m$  – общее число проверок (контроля), зависящее от выбранного метода управления ТС СТС и ресурса  $T$  элемента. Смешанная система управления ТС для элементов СТС включает все базовые методы управления ТС, и является комбинацией всех  $m$  проверок. В общем случае для СТС, состоящего из  $S$  элементов

$$E = \varepsilon^{(1)} \times \varepsilon^{(2)} \times \dots \times \varepsilon^{(s)}, \quad (3)$$

где  $E$  – комбинация последовательностей ПР, проводимых при применении комплексной системы ТО. Оптимальная комбинация последовательности  $E^*$  проведения ПР и соответствующая этой последовательности комплексная система ТО, в наибольшей степени удовлетворяющий множеству характеристик объекта  $\Gamma$  связаны соотношением

$$E^* = \zeta^{-1}(\Gamma), \quad (4)$$

где  $\zeta$  – вектор-функция, отображающая комплексное ТО во множестве значений конструктивных и эксплуатационно-технических характеристик. Для выбора оптимальной последовательности проведения ПР вводим гипотезу о независимости методов управления ТС. В этом случае задачу можно разделить на следующие этапы: выбор оптимального метода управления ТС для каждого  $s_i$ -го элемента; определение критериев оптимальности для каждого метода управления ТС; определение последовательности проведения ПР для каждого  $s_i$ -го элемента  $\varepsilon^{s_i}$  в соответствии с выбранным методом управления ТС; разработка алгоритмов прогнозирования периодичности и объема проведения ПР для методов управления по техническому состоянию; разработка методики комплексного ТО СТС. Для построения зависимости конструктивных и технико-экономических характеристик от метода управления ТС используются экспертные процедуры, основанные на знании характеристик надежности элементов и трудоемкости их ТО, а для выбора метода управления ТС, использовать многокритериальный подход. Формализованная задача управления ТС СТС может быть представлена следующее. Пусть имеется множество ПР  $Q = \{q_n\}$ ,  $n = \overline{1, N}$ , выполнение которых обеспечивает управление ТС СТС при эксплуатации по ресурсу, достаточного для эффективного применения объекта по назначению и достижения заданного уровня его надежности. При эксплуатации по техническому состоянию, в зависимости от ТС –  $\xi$ , на момент  $t$  установленный с достоверностью  $d$ , может быть выбрано любое подмножество работ  $\{q_n\}$ . Тогда средние удельные затраты на проведение ТО  $R_{y\partial}$  зависят от решений, принимаемых с учетом текущего ТС –  $\xi_0$  запишутся в виде  $R_{y\partial}(\xi_0, d, q_n)$ .  $P(\tau, \xi_0, d, q_n)$  – вероятность безотказной работы на заданном интервале времени  $\tau$  кратному периоду ТО, которая определяется с учетом текущего ТС СТС  $\xi_0$  в момент  $t$ , установленного с достоверностью  $d$ . Тогда критерии, характеризующие методы управления ТС по состоянию, будут сформулированы следующим образом: минимум удельных затрат на проведение ПР с заданной вероятностью безотказной работы СТС при управлении ТС по состоянию с контролем параметров; максимум вероятности безотказной работы объекта с заданным значением удельных затрат при управлении ТС по состоянию с контролем

уровня надежности. Классификация методов управления ТС по соответствующим критериям будет проводиться с учетом конкретизации набора работ  $\{q_n\}$ ,  $n \in N$  и метода определения ТС.

*Зырянов Ю.Т\*., Мельник О.В.\*\*., Наумова А.Ю.\**

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

*\* ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов (zut-tmb@mail.ru,  
nastja\_23\_1095@mail.ru).*

*\*\* ООО «Snow-media», Россия, Тамбов, (melfice.bft@gmail.com)*

Существующие методы проектирования информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) базируются на использовании средств автоматизации испытаний, организационных и методических аспектах сокращения логических ошибок программного кода. Современная практика испытаний базируется, в значительной степени, на квалификации и интуиции конкретных специалистов, что способствует большому различию в трудоемкости разрабатываемого программного обеспечения (ПО) и оценки достигаемого его качества.

Надежность, наряду с функциональностью, удобством использования, эффективностью, сопровождаемостью и переносимостью относится к характеристикам модели качества ПО и определяется международным стандартом ISO/IEC 9126-1:2001 «Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model». Уровень качества процессов разработки ПО основывается на модели СММ. Она предусматривает, что организации обязаны накапливать статистические данные о процессе разработки программных средств, результатах их эксплуатации. К сожалению, общепринятой методики их сбора, обработки и анализа таких статистических данных, в настоящее время, не существует.

В основе настоящего исследования лежат результаты работ в области: развития методов и средств автоматизации отладки и испытаний надежности ПО (Гласа Р., Майерса Г.); достижений в области методов отладки программных средств (В.В. Липаев, М.Б. Игнатъев, В.В. Фильчаков, Л.Г. Осовецкий); поиску устойчивых ошибок в ПО (Б. В. Архангельский, В.В. Черняховский); разработки диагностического обеспечения (Р.Д. Беннетса, Л.П. Глазунова, Г. Гордона, В.П. Калявина, А.В. Мозгалевского, А.Н. Смирнова, Е.С. Согомояна, П.П. Пархоменко, Г.Б. Уильямса. З).

Несмотря на постоянные усилия исследователей в области оценки надежности ПО, разработчики так и не получили эффективного инструмента прогнозирования надежности программного продукта до его запуска в эксплуатацию. Предложено большое количество моделей, но ни для одной из них не была доказана универсальность; более того, как правило, даже незначительное отклонение значений показателей от типовых параметров для таких моделей способно разбалансировать показания из-за ряда обязательных допущений, отступление от которых сразу делает теорию, выдвигаемую при моделировании, несостоятельной.

Широко распространенным инструментом повышения надежности ПО ИИУС является его испытания, однако, несмотря на большое количество методик, даже широкомасштабные испытания не позволяют выявить все логические и семантические ошибки в реализациях. Кроме того, испытания узкоспециализированного ПО ИИУС зачастую является весьма затруднено в силу требований к надежности функционирования и субъективности оценки данных.

Основные проблемы испытаний программных модулей ИИУС обусловлены массовостью таких компонент, их относительной простотой и доступностью для теоретического анализа, а также необходимостью обеспечения высокого качества при разумных затратах.

Это, в свою очередь требует разработки и апробации методов объективного измерения качества и степени корректности программных компонент. Необходимо учесть, что показатели качества весьма разнообразны и могут изменяться в зависимости от назначения и функциональных особенностей программных модулей и могут трансформироваться при анализе качества. Поэтому методы формирования номенклатуры и измерения показателей качества программных модулей (ПМ) ИИУС подлежат исследованиям.

Достижимое качество ПМ ИИУС непосредственно зависит от ресурсов, которые могут быть выделены для испытаний. Функциональная связь между качеством и затратами на его достижение зависит от многих параметров и в том числе от методов и уровня автоматизации испытаний. Изучение этих зависимостей составляет предмет широких научных изысканий и позволяет оптимизировать отбор эффективных способов испытаний и последовательность их применения. Отдельным направлением является исследование методов оптимизации программных модулей, содержания и числа тестов при их испытаниях.

Уровень корректности используемых программных модулей информационно-измерительных и управляющих систем и надежность функционирования программного средства в целом тесно связаны. Однако глубина этой связи и ее зависимость от различных факторов изучены слабо.

*Зырянов Ю.Т.\*, Мельник О.В.\*\*\*, Наумова А.Ю.\**

## **ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПО ТЕСТОВЫМ СЛУЧАЯМ**

*\* ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(zut-tmb@mail.ru, nastja\_23\_1095@mail.ru).*

*\*\* ООО «Snow-media», Россия, Тамбов, (melfice.bft@gmail.com)*

Современные программные модули информационно-измерительных систем (ПМ ИИС) в силу разных причин (алгоритмическая сложность, применение высокоуровневых языков программирования или специальных инструментальных средств и др.) не имеют полных описаний. В связи с этим на практике формирование тестов для ПМ ИИС осуществляется по так называемым «тестовым случаям». При таком подходе сначала определяют наиболее важные и часто используемые функции ИИС, возможные режимы и критические (предельные) параметры работы ПМ (фактически при этом в неявном виде формулируется класс возможных ошибок). Затем подбираются проверки для этих тестовых случаев. Для этого часто используется функциональная модель ИИС. Несмотря на то, что каждый ПМ по своему специфичен и уникален, удалось выделить ряд целей тестирования по тестовым случаям, которые позволяют говорить об этом подходе, как об одном из способов построения тестов, пригодных для широкого применения.

При подборе тестовых проверок по тестовым случаям обычно выделяют:

**тестирование функций** – проверка правильности выполнения основных функций программы;

**стрессовое тестирование** – проверки исполнения программ в нештатных ситуациях, при граничных значениях входных данных, в критических ситуациях по условиям и логике решения задач;

**тестирование корректности использования ресурсов** – проверки качества и безопасности исполнения программ при ограниченности ресурсов памяти и производительности вычислительной системы;

**тестирование параллельного исполнения программ** – проверки согласованности использования исходных и промежуточных данных общей памяти, а также процессоров при параллельном исполнении нескольких программ;

**тестирование эффективности защиты от искажений исходных данных** (случайных или преднамеренных);

**тестирование эффективности защиты от сбоев** – проверка реакции программного обеспечения при сбоях в работе аппаратуры и/или невыявленных дефектах программ;

**тестирование диалоговых средств взаимодействия с пользователем;**

**тестирование конфигураций** – проверка работоспособности при различных конфигурациях оборудования и программной системы, и др.

Проектирование тестов по тестовым случаям достаточно трудно формализовать. Однако в научно-технической литературе можно найти многочисленные практические рекомендации по принципам выбора проверок для различных тестовых случаев [1-2]. Так, при стрессовом тестировании предварительно следует определить, когда и при каких условиях возникают «стрессовые» ситуации в работе программы. Для этого разработчик теста должен сформулировать для себя ряд вопросов, чтобы определить требования к элементарным проверкам.

Например: В каких режимах работы требуется максимальный объем вычислительных ресурсов? Можно ли и как перегрузить систему? Что случится, когда другие процессы потребуют совместного использования одного и того же ресурса? Какие существуют ограничения на обработку данных и на ресурсы? Можно ли одновременно запускать несколько процессов? Что будет, если ввести данные, со значениями вне допустимого диапазона?

Для создания «напряжений» (стрессовых ситуаций) в работе тестируемого ПМ можно: уменьшить доступную область памяти или дискового пространства, запустить параллельно несколько экземпляров приложения, создать значительное количество прерываний, превысить граничные значения и параметры, сгенерировать множество асинхронных управляемых событиями процессов, выполнить большое число вводов или повторений определенных действий, отправить большой сложный запрос в систему баз данных, запустить приложение, когда система выполняет резервирование, поиск данных или копирование, и др.

### *Библиографический список*

1. Тампре, Л. Тестирование программного обеспечения / Л. Тампре; пер. с англ. – М.: Изд. дом. «Вильямс», 2003. – 368 с.
2. Калбертстон, Р. Быстрое тестирование / Р. Калбертстон, К. Браун, Г. Кобб; пер. с англ. – М.: Изд. дом. «Вильямс», 2002. – 384 с.



*Зырянов Ю. Т., Рязанов И. Г., Наумова А.Ю.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ НЕЛИНЕЙНОГО ОПТИМАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(e-mail: zut-tmb@mail.ru, chief.ryazanoff2012@yandex.ru, nastja\_23\_1095@mail.ru).*

В настоящее время в процессе решения сложных задач нелинейного оптимального оценивания рассматривается возможность применения искусственных нейронных сетей (НС) [1-3]. Из всего множества архитектур НС наибольшее внимание уделяют применению хорошо изученных многослойных сетей прямого распространения [4]. Важнейшим и наименее изученным вопросом в процедуре решения задачи оценивания с использованием НС является вопрос выбора типа НС, обеспечивающего точность, близкую к точности оптимального байесовского алгоритма [4,5].

Постановка задачи байесовского оценивания заключается в следующем: необходимо оценить  $n$ -мерный вектор  $x = [x_1, x_n]^T$  по  $m$ -мерным измерениям  $y = [y_1, y_m]^T$ , которые могут быть записаны следующим образом:

$$y = s(x) + v, \quad (1)$$

где  $s(x) = [s_1(x), s_m(x)]^T$  -  $m$ -мерная в общем случае нелинейная вектор-функция векторного аргумента;  $v(x) = [v_1, v_m]^T$  - случайный вектор, передающий наличие ошибок измерения.

Отличительная особенность байесовской постановки задачи оценивания заключается в том, что априорная информация об оцениваемом векторе  $x$  и используемых измерениях  $y$  задается либо в виде их совместной функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ)  $f(x, y)$ , что характерно для традиционной постановки, либо в виде согласованного набора реализаций:

$$\left[ \left( y^{(j)}, x^{(j)} \right) \right]_{j=1}^N, \quad (2)$$

характерных для постановки задачи оценивания с использованием обучаемых систем, таких как НС [4].

Решением задачи байесовского оценивания будет являться нахождение оценки  $\tilde{x}(y)$ , минимизирующую критерий:

$$J = M \left[ (x - \tilde{x}(y))^T (x - \tilde{x}(y)) \right] = M \| (x - \tilde{x}(y)) \|^2 = \iint \| (x - \tilde{x}(y)) \|^2 f(x, y) dx dy, \quad (3)$$

где  $M$  - знак математического ожидания, соответствующий плотности  $f(x, y)$ .

Для обучаемых систем требуется, располагая значением вектора  $y$  и обучающей выборкой  $\left[ \left( y^{(j)}, x^{(j)} \right) \right]_{j=1}^N$ , найти оценку  $\tilde{x}(y)$  минимизирующую критерий:

$$\tilde{J}^*(\tilde{W}) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left\| x^{(j)} - \tilde{x}(y^{(j)}, \tilde{W}) \right\|^2, \quad (4)$$

где  $\tilde{W}$  - вектор или матрица, определяющая набор параметров, конкретизирующих функцию  $\tilde{x}(y, \tilde{W})$  в выбранном классе. Для байесовского оценивания с помощью НС существуют два основных режима работы [4]. Первый из них – это режим обучения с учителем, второй – штатный режим оценивания в реальном времени. В режиме обучения, с использованием обучающего множества (2) отыскивается зависимость вида  $\tilde{x}^{NN(j)}(y^{(j)}, \tilde{W})$  в соответствии с заданным критерием (4), т.е. отыскиваются оптимальные параметры  $\tilde{W}^*$  нейронной сети. В штатном режиме с использованием найденных на предыдущем режиме параметров  $\tilde{W}^*$  отыскивается оценка вектора  $x$  по вектору измерений  $y$ . Результатом применения НС в решениях задач нелинейного оптимального оценивания является простота реализации алгоритмов обработки данных и точность их обработки, что особенно важно для решения прикладных задач [6].

### *Библиографический список*

1. Lo J. T. H. Synthetic approach to optimal filtering // IEEE Trans. Neural Networks. – 1994. – Vol.5, N 5. – P.803-811.
2. Haykin S. and P. Yee. Optimum nonlinear filtering // IEEE Trans. On Signal Processing. – 1997. – Vol.45. – P.2774-2786.
3. Степанов О.А., Амосов О.С. Байесовское оценивание с использованием нейронной сети // Авиакосмическое приборостроение. – 2004. - №6. – С.46-55.
4. Степанов О.А., Амосов О.С. Байесовское оценивание с использованием нейронной сети с радиально базисными функциями // Авиакосмическое приборостроение. – 2013. - №2. – С.127-133.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – Изд. 2-е. Пер. с англ. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2006.
6. Зырянов Ю.Т., Рязанов И.Г. Модели диагностирования энергоэффективных систем при техническом обслуживании по состоянию/ Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: Международная конференция с элементами научной школы. Тамбов, 23-25 апреля 2014г./ Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2014. – С. 328-329.

*Ивануткин А.Г., Данилин М.А., Файзулин Р.Г.*

## **ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИЕЙ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина" (г. Воронеж)"  
(mazurova83@mail.ru).*

Во многих литературных источниках система связи и РТО определена как организационно-техническое объединение сил и средств связи и РТО, создаваемое для обеспечения обмена всеми видами сообщений (информации) в системе управления авиацией и решения задач радиотехнического обеспечения, а автоматизированная система управления авиацией.

Интеграция – процесс соединения, слияния, связывающий разрозненное в единое целое [1]; объединение в целое каких-либо частей или элементов [2, 3].

Сам процесс интеграции включает в себя следующие виды деятельности: теоретическую деятельность, практическую деятельность и научно-исследовательскую деятельность.

В данной статье под методологией понимается учение об организации деятельности.

Если методологию мы рассматриваем как учение об организации деятельности, то, естественно, необходимо рассмотреть содержание понятия «организация». В соответствии с определением, данным в [4], организация – 1) внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленная его строением; 2) совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого; 3) объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил.

Процесс осуществления деятельности может быть рассмотрен в рамках проекта, реализуемого в определенной временной последовательности по фазам, стадиям и этапам, причем последовательность эта является общей для всех видов деятельности. Завершенность цикла деятельности (проекта) определяется тремя фазами: фаза проектирования, результатом которой является построенная модель создаваемой системы и план ее реализации; – технологическая фаза, результатом которой является реализация системы; рефлексивная фаза, результатом которой является оценка реализованной системы и определение необходимости либо ее дальнейшей коррекции, либо «запуска» нового проекта.

Таким образом методология интеграции систем связи, РТО и АУ государственной авиации – учение о теории и практике интеграции систем связи, РТО и АУ государственной авиации, включающее целостную, логически взаимосвязанную совокупность терминологии, теоретических, концептуальных и научно-практических основ, принципов и методов, используемых при решении проблем интеграции систем связи и РТО, АСУ ВВС в военной науке.

В целях получения объективных результатов организации интеграции возникает необходимость разработки модели данного процесса.

Объектом методологии интеграции является система управления государственной авиацией. Предметом – система связи, РТО и АУ. Субъектом – должностное лицо, организующее функционирование данной системы в любых условиях обстановки. Для осуществления процесса интеграции необходимы формы, средства и методы интеграции вышеуказанных систем.

Таким образом, в данной статье предложена общая структура методологии систем связи, РТО и АУ государственной авиации, которая может быть применима для исследования проблем интеграции различных систем военного назначения.

#### *Библиографический список*

1. Секлитова Л.А., Стрельникова Л.Л. Словарь космической философии. М.: Армита-Русь, 2004. С.64-65.
2. Современный словарь иностранных слов. М.: Русский язык, 1993. С.240.
3. Локшина С.М. Краткий словарь иностранных слов. М: Сов. Энциклопедия, 1966. С.324.
4. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: СИН-ТЕГ. – С.20.

*Казарян О.А., Курносоев Р.Ю., Рязанова А.Г.*

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ SMART-АНТЕНН ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*ofelichka16@mail.ru, romankurnosov@rambler.ru, alexandra.ryazanova@yandex.ru*

Современный этап развития информационно-телекоммуникационных систем характеризуется стремительным увеличением объемов информационных ресурсов. Однако увеличение числа пользователей, объемов информационных ресурсов и мультимедийных серви-

сов происходит намного быстрее, чем развитие физической инфраструктуры для информационно-телекоммуникационных систем, в результате этого не всем пользователям доступен качественный доступ к широкополосным мультимедийным услугам.

Проблема предоставления доступа к широкополосным мультимедийным услугам усугубляется увеличением числа мобильных пользователей, доступ которых осуществляется по беспроводным технологиям, имеющим существенные ограничения по пространственным и скоростным параметрам.

Применительно к беспроводным технологиям доступа ключевым элементом радиоканала является антенная система, от качества функционирования которой зависит работа всей радиосистемы. Основой для создания smart-антенны являются антенные решетки, позволяющие формировать многолучевые диаграммы направленности (ДН) и допускающие управление формой ДН в зависимости от решаемых задач.

Реализация многолучевой антенной решеткой, в зависимости от сложившейся обстановки, таких smart функций как изменение своей диаграммы направленности, количество лучей, их форму, относительный уровень и фазу, а также осуществлять пространственную режекцию помех, можно говорить об устройстве с интеллектуальной первичной обработкой сигналов.

Smart антенна позволяет существенно уменьшить излучаемую мощность от базовой станции. Это связано с тем, что требуется гораздо меньшая энергия на формирование и излучение одного луча, т.к. обычная секторная антенна излучает энергию в широком диапазоне и, часто, на значительное расстояние.

Наиболее простыми средствами многофункциональность может быть реализована в AP с комплексным управлением, содержащих в канале каждого излучателя так называемое комплексное взвешивающее устройство, способное изменять требуемым образом амплитуду и фазу сигнала.

При разработке многолучевых smart-антенн для технологий широкополосного доступа в сетях Wi-Fi, Wi-Max, 4G и WRAN могут быть использованы методы синтеза AP:

- с регулируемой фазой максимумов многолучевой ДН, позволяющий учитывать многолучевость распространения сигналов в плотной городской застройке;
- с управляемыми уровнями максимумов многолучевой ДН, позволяющий перераспределять излучаемую мощность при изменении числа абонентов и их местоположения;
- с управляемой поляризацией максимумов диаграммы направ-

ленности приема сигналов, позволяющий реализовать поляризационную селекцию сигналов от множества абонентов;

- метод квазиоптимального синтеза АР, позволяющий оптимально реконфигурировать раскрыв АР и перераспределять ее энергетический потенциал в зависимости от реализуемых функций.

- метод синтеза широкополосных АР, функционирующих в полосе частот и на фиксированных частотах при воздействии точечных и распределенных помех.

Таким образом, в настоящее время существуют реальные предпосылки для создания многолучевых smart-антенн, способные накапливать опыт своего функционирования во времени и извлекать из этого опыта управляющую информацию, способствующую расширению ее функциональных и энергоэффективных возможностей.

### ***Библиографический список***

1. Беркман Л. Н., Выговский Р. В. Оптимизация критерия адаптации smart-антенн для технологии WiMAX//, 2010.
2. Башлы П.Н., Д.В. Синтез многофункциональных антенных решеток с комплексным управлением, 2008. – 402с.

***Калашиников С.Н., Белоусов О.А.1, Горшков П.А.***

### **ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*deform.wl@mail.ru, jjour314@gmail.com, pavel\_gorshkov@rambler.ru*

Зона покрытия цифровым телевидением незначительна особенно на окраинах региона и требует применение дополнительных направленных антенн и соответствующих усилителей сигнала. Использование плоских эквидистантных фазированных антенных решеток (ФАР) на основе спирального излучателя на базовых станциях и ретрансляторах позволит существенно расширить зону покрытия и снизить требования к окончательному оборудованию абонента.[1,2].

Основными геометрическими параметрами спиральной антенны (рис. 1) являются:  $l$  – осевая (общая) длина спирали,  $S$  – шаг спирали,  $L$  – длина витка спирали,  $n$  – число витков спирали,  $\alpha$  – угол подъема витка,  $D$  – диаметр спирали.

Для обеспечения режима осевого излучения диаметр спирали  $D$  выбирают так, чтобы длина витка  $L$  была примерно равна средней длине волны тока в спирали  $\lambda$ .

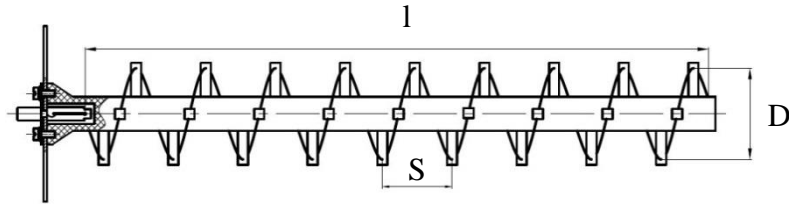


Рис. 1 Общий вид спиральной антенны.

Нормированная по напряженности поля диаграмма направленности определяется по формуле(1)[2]:

$$F(\varphi) = \frac{\sin\left(\frac{nk}{2}\right)(\varepsilon L - S \cos(\varphi))}{n \sin\left(\frac{k}{2}\right)(\varepsilon L - S \cos(\varphi))} \quad (1)$$

где  $k$  – волновое число

$$\varepsilon = \frac{S + \lambda}{L}$$

Для того, чтобы в множителе антенной решетки (АР) существовал бы только один главный лепесток, расстояние между излучающими элементами должно быть равным[2]:

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

где  $\lambda$  – длина волны.

Множитель диаграммы направленности (2) для антенной решетки будет иметь следующий вид:

$$F_{mv}(\varphi) = \cos\left(\frac{kd \sin(\varphi)}{2}\right) \quad (2)$$

где  $k$  – волновое число,  $d$  – расстояние между соседними рядами и этажами АР.

Используя теорему перемножения диаграммы направленности (3) (ДН) получим ДН ФАР (рис. 2).

$$F_v(\varphi) = F(\varphi)F_{mv}(\varphi) \quad (3)$$

Применение данного типа решеток позволит существенно снизить мощности передатчиков и повысить энергетические параметры передающих станций в целом, что положительно скажется на энергопотреблении и ресурсе окончного оборудования.

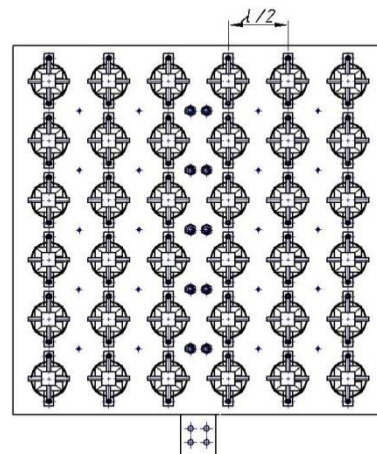


Рис. 2 Фазированная антенная решетка.

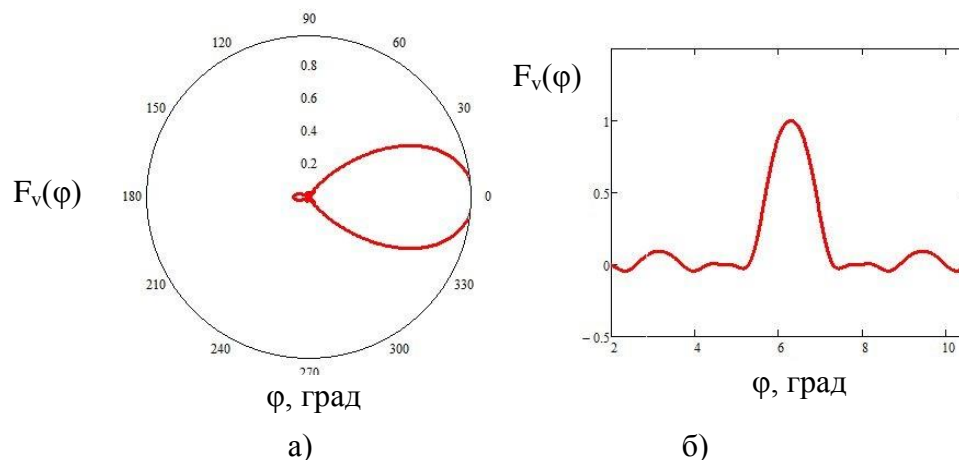


Рис. 2 Нормированная ДН АР по напряженности поля в полярной(а) и декартовой(б) системе координат.

### *Библиографический список*

1. Вендик, О. Г. Антенны с электрическим сканированием (введение в теорию) : учеб. пособие / О. Г. Вендик, М. Д. Парнес ; под ред. Л. Д. Бахрах. – М. : Сайнс-Пресс, 2001. – 232 с.
2. Воскресенский, Д. И. Проектирование фазированных антенных решеток / Д. И. Воскресенский, В. А. Каплун, В. И. Степаненко. – М. : Радиотехника, 2003. – 632 с.

***Калашников С.Н., Белоусов О.А.1, Горшков П.А.***

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СПИРАЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ГИБРИДНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*deform.wl@mail.ru , jjour314@gmail.com, pavel\_gorshkov@rambler.ru*

На сегодняшний момент к сфере цифрового эфирного телевидения проявляется огромное внимание. Внедрение стандарта DVB-T2 на территории России позволяет доставлять цифровой аудио/ видео контент эфирного вещания с различными мультиплексами, но и создать основу для реализации гибридного цифрового телевидения (HbbTv). Все это накладывает определенные ограничения, как на терминальное оборудование абонента, так и на оконечное оборудование эфирных станций, в частности это расширение уверенной зоны приёма с минимумом использования ретрансляторов и т.д. [1,2]. Таким образом, для минимизации таких ограничений не обходимо использовать эффективные антенные системы, которые позволят увеличить зону охвата бес снижения качественных характеристик. В качестве таких систем желательно использовать системы на основе фази-



рованных антенных решеток или Smart –антенн[1]. Основная проблема при реализации антенных решеток заключается в выборе вида антенной решётки, а также ее излучателя. В настоящий момент известны довольно много излучателей, которые могут применяться в составе антенных решеток. Наибольший интерес с позиции электродинамических характеристик представляют собой спиральные излучатели[1]. Спиральные антенны (рис. 1) относятся к классу антенн бегущей волны. Данные излучатели имеют круглую цилиндрическую спираль из толстого провода или металлической трубки.

При угле намотки  $\alpha=90^\circ$ , она вытягивается в прямолинейный проводник – несимметричный вибратор [3].

Для формирования требуемой диаграммы направленности, необходимо использовать режим одностороннего осевого излучения[3,4]. Поэтому, необходимо соблюдать ряд условий:

- длина одного витка спирали, должна быть равна средней длине волны (1), т.е.

$$L = \lambda \quad (1)$$

где  $L$  – длина витка спирали,  $\lambda$  - длина волны.

- спираль необходимо установить перед экраном (2), диаметр которого определяется как:

$$d = 1.1 \cdot \lambda \quad (2)$$

Для синтеза спиральной антенны, необходимы следующие геометрические параметры:  $l$  – осевая (общая) длина спирали, м;  $S$ – шаг намотки спирали (3), м;  $L$ – длина витка спирали, м;  $n$  - число витков спирали,  $\alpha$ - угол подъема витка,  $R$ - радиус спирали(4), м.

$$S = L \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

$$R = \frac{\sqrt{L^2 - S^2}}{2\pi} \quad (4)$$

Увеличение максимальной широкополосности антенны достигается изменением угла  $\alpha$  который выбирают от  $5^\circ$  до  $14^\circ$ .

Осуществим компьютерное моделирование антенны.

Анализ построенной модели излучателя показывает, что он обладает существенными направленными свойствами, имеет неплохой КНД,  $K_u$  (8дБ), КСВ (1.35) и малый уровень боковых лепестков.

Применение такого типа излучателя в составе антенной системы позволит существенно расширить зону покрытия, повысить энергоэффективность оконечного оборудования и качество передаваемого мультимедийного контента, что является не маловажным при реализации технологии гибридного цифрового телевидения

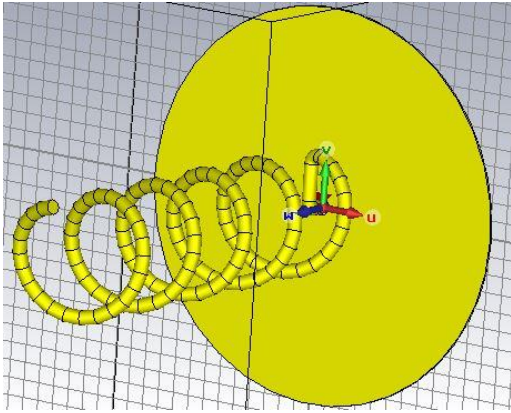


Рис. 1. Компьютерная модель спиральной антенны.

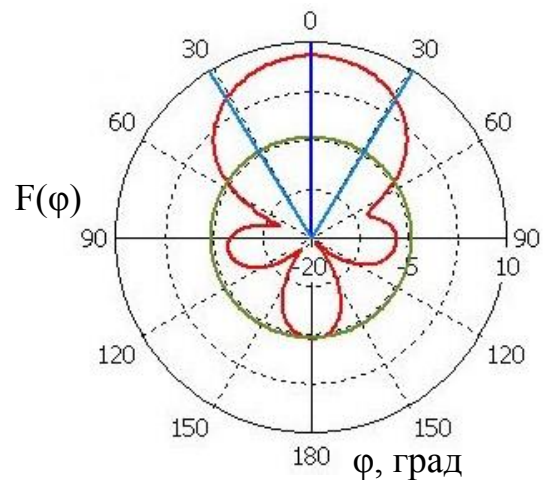


Рисунок 2. Диаграмма направленности спиральной антенны

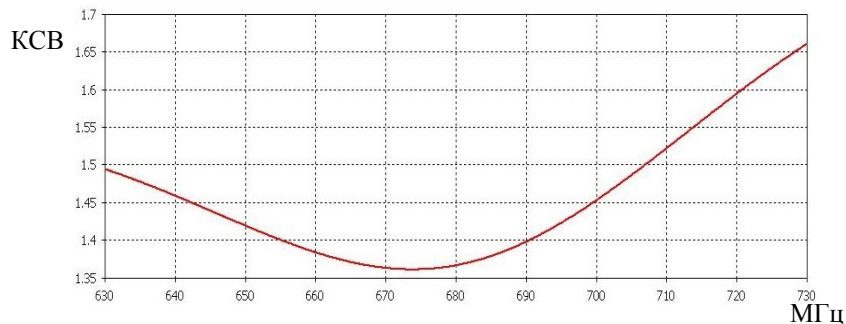


Рис. 3. Зависимость значения КСВ от частоты.

### *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. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов, 2-е изд., переработанное и дополненное / Карякин В.Л. – М: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. – 448с.
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.

*Капитанов А.В.*

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
(av.kapitanov@stankin.ru)*

Техническую энергосистему (*technical energy system*) принято рассматривать как совокупность оборудования и предприятий, взаимодействующих друг с другом для производства, потребления или преобразования, хранения, транспортирования или обработки энергопродукта [1].

Методика исследования технических энергосистем имеет два различных, но при этом взаимодополняющих метода.

*Первый метод* – исследование комбинированной технической энергосистемы (*макроуровень*). Звенья, формирующие техническую энергосистему, использующие энергетический продукт или использующие напрямую источники энергии, могут быть сопоставлены и оптимизированы с различных точек зрения:

- технической (безопасность, осуществимость, надежность);
- экономической (конкурентоспособность, экономическая доступность, эффективность);
- экологической (выбросы, климат, биосфера).

Данный метод исследования позволяет учесть воздействия на социальную среду, в том числе здоровье, благосостояние и общественные затраты. Также, этот метод позволяет принимать стратегические решения в таких глобальных вопросах, как сохранение ресурсов, экономия материальных затрат, национальная безопасность и др. Всестороннее сравнение угольной, нефтяной, газовой, гидравлической, ветровой, био-, солнечной и водородной технических энергосистем составляет примеры данного метода исследования.

*Второй метод* – альтернативные варианты технических энергосистем в пределах существующей (*микроуровень*). Энергосистема может быть образована из одной или нескольких подсистем, которые могут быть скомбинированы, проанализированы или сопоставлены с альтернативной технической энергосистемой на различных этапах. Эти альтернативные комбинации могут касаться методов производства, преобразования, усовершенствования, трансформации, передачи, переработки или хранения энергетических продуктов, либо энергопотребляющих процессов.

Движение энергии в пределах объединенной энергосистемы в процессе прохождения стадий от входа энергетического ресурса до

выхода конечной энергетической продукции, которая необходима для производства продуктов или предоставления услуг общего свойства, приведены на рисунке 1 [2].

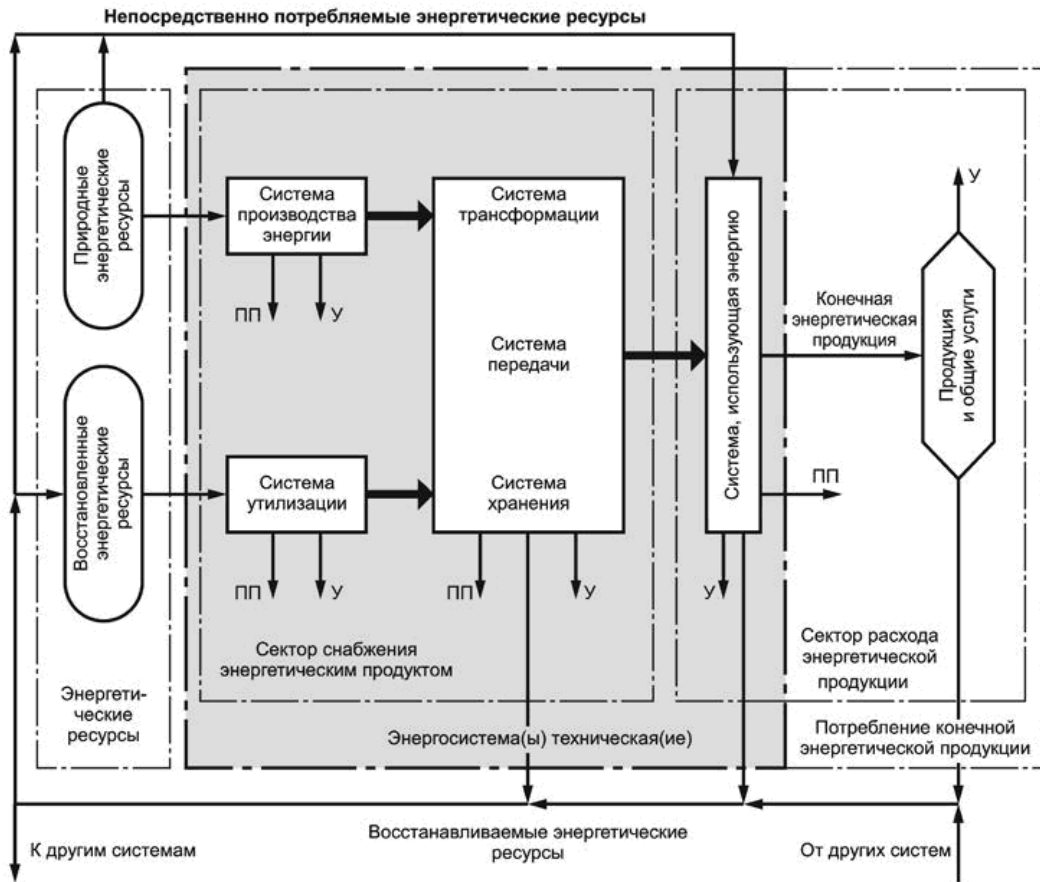


Рис. 1 Движение энергии в пределах объединенной технической энергетической системы: У - утечка; ПП - попутная продукция;

- ➔ – энергетический продукт;
- – энергетические ресурсы, использованные для энергосистемы;
- ▭ – энергосистема или технологическое звено;
- ⬡ – продукция или общие услуги, использующие конечную энергетическую продукцию.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 13600-2011. Системы технические энергетические. Основные положения.
2. ГОСТ Р 54428-2011. Системы технические энергетические. Методы анализа. Часть 1. Основные положения.

*Каракеян В.И., Ларионов Н.М., Рябышенков А.С.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Россия, Москва  
(e-mail: ind\_ecology@mail.ru)*

Опыт эксплуатации чистых помещений (ЧП) свидетельствует об определяющей зависимости их энергопотребления от аэродинамического режима потока в системе кондиционирования воздуха (СКВ). В классической компоновке СКВ этот режим формируется её рециркуляционным контуром (РЦК), включающим кондиционер-доводчик (КД), нагнетательный воздуховод (НВ), буферный объем (БО), расположенный перед финишными фильтрами (ФФ), фальшпол (ФП), подфальшпольное пространство (ПФП) и вытяжной воздуховод (ВВ), удаляющий воздух из системы.

Основная задача РЦК состоит в обеспечении заданной скорости ламинарного потока воздуха на местах выполнения основной технологии, что требует соответствующего перепада давлений по обе стороны от ФФ. Поскольку РЦК представляет собой комплекс достаточно сложных устройств, который можно рассматривать как подсистему, входящую в СКВ, к его исследованию применимы принципы системного анализа [1]. Тогда проблема стабилизации воздушного потока по объему помещения может быть представлена в виде “дерева” причин и последствий, приоритетность которых оценивается 10 экспертами по 5-ти балльной шкале, определяющей иерархию задач в “дереве” целей (рис.1). Из структуризации задач следует, что решению главной проблемы должны предшествовать исследования во всех элементах РЦК. Приоритетность факторов влияния различного порядка определяется методом экспертных оценок, которые усредняются, суммируются по группам и нормируются с условием, что сумма нормированных оценок по каждой из них была равна единице.

Из результатов обработки мнений экспертов следует, что цель «Стабилизация аэродинамического режима» может быть достигнута, прежде всего за счёт конструктивно-технологических мероприятий, разработка которых предполагает исследование и расчет потерь давления по участкам РЦК. Нормированные оценки  $q_i$  в порядке убывания распределяются следующим образом: потери давления в ФФ (подцель 1.1 с  $q_i = 0,27$ ), в ФП (подцель 1.3 с  $q_i = 0,23$ ), в воздуховодах и буферном объеме (подцель 1.5 с  $q_i = 0,22$ ), в ПФП (подцель 1.4 с  $q_i = 0,19$ ) и в самом ЧП (подцель 1.2 с  $q_i = 0,09$ ). Реализация орг-

техмероприятий (подцель 2 с  $q_i = 0,28$ ) может быть обеспечена за счет рационального размещения оборудования (подцель 2.1 с  $q_i = 0,51$ ) и соблюдения персоналом правил поведения (подцель 2.2 с  $q_i = 0,49$ ).

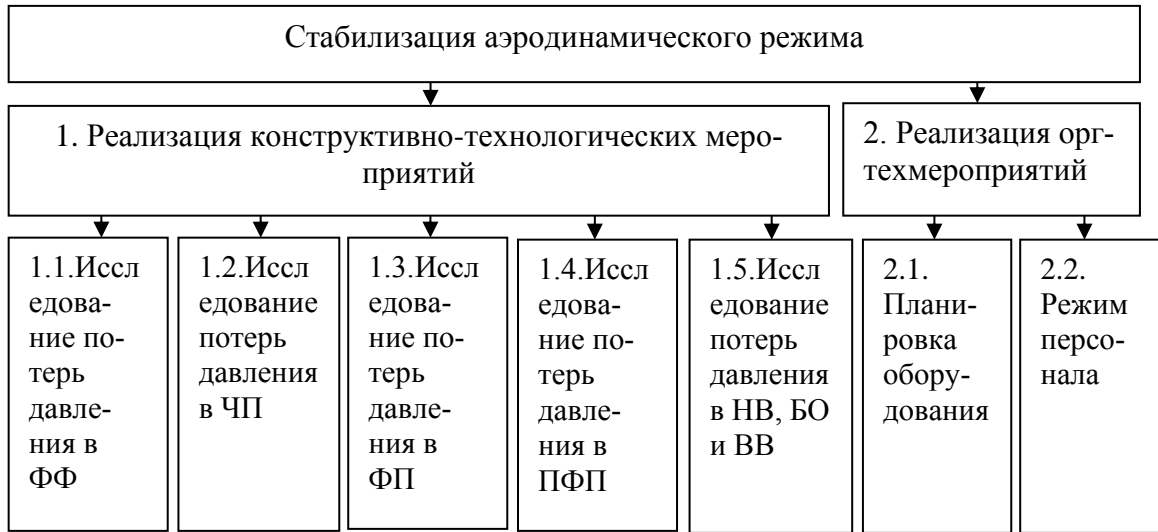


Рис. 1. Дерево целей для решения проблемы стабилизации аэродинамического режима

Наибольший интерес с точки зрения науки и практики представляет комплекс процессов в РЦК, определяющий энергетику и экономику эксплуатации ЧП. Суммарная потеря давления во всём РЦК составляет  $\Delta P_{РЦК} = \Delta P_{н} + \Delta P_{в}$ , где  $\Delta P_{н}$ ,  $\Delta P_{в}$  – потери давления в нагнетательной и всасывающей частях системы. В свою очередь  $\Delta P_{н} = \Delta P_{вн} + \Delta P_{бо} + \Delta P_{фф}$ , а  $\Delta P_{в} = \Delta P_{фп} + \Delta P_{пфп} + \Delta P_{вв}$ , где  $\Delta P_{вн}$ ,  $\Delta P_{вв}$  – потери давления в нагнетательном и вытяжном воздуховодах;  $\Delta P_{бо}$ ,  $\Delta P_{пфп}$  – потери давления в БО и ПФП;  $\Delta P_{фп}$ ,  $\Delta P_{фф}$  – потери давления в ФФ и ФП. С позиций энергосбережения и качества выпускаемой продукции наиболее ответственным является участок, включающий ФФ, собственно ЧП и ФП, где происходят основные аэродинамические процессы, влияющие на основную технологию.

Гидравлические сопротивления ответственных элементов РЦК могут быть определены по полученным авторами формулам, учитывающим специфические требования к конструктивным элементам ЧП, а также особенностям аэродинамики воздушных потоков внутри ЧП. Предлагаемый метод удобен для оценки динамики изменения параметров воздуха в ЧП и анализа энергоэффективности производства.

#### *Библиографический список*

1. В. Ф. Комаров, Л. В. Волкова, В. И. Пирогов Проблемно-ориентированная методика анализа и решения организационно-экономических задач. ЭКО, 2008, №7, С.97-109.

*Князев И.В., Панасюк Ю.Н., Чернышов В.Н.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ПЕРЕГРУЗКАХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(knyazivan@mail.ru, pyunikol@rambler.ru, elters@crimeinfo.jesby.tstu.ru)*

Одним из перспективных методов улучшения точностных характеристик радиоэлектронных следящих систем является использование дополнительной информации, поступающей от бортовых датчиков летательного аппарата (ЛА), для формирования оценки дальности до ЛА. В качестве дополнительной информации могут выступать данные датчиков различных параметров движения ЛА, в частности, датчиков, измеряющих перегрузки, испытываемые ЛА.

Известно, что даже при движении ЛА по прямолинейному участку траектории с постоянной скоростью, дальность между РЛС и ЛА, а также скорость и ускорение по линии визирования изменяются нелинейно[1]. Поэтому, для более точного описания движения ЛА целесообразно оценивать ускорение по линии визирования используя дополнительную информацию – перегрузки. Вектор перегрузки определяется следующим образом

$$\vec{n} = \vec{a}/g, \quad (1)$$

откуда

$$\vec{a} = \vec{n} \cdot g. \quad (2)$$

Чтобы использовать перегрузки для оценки ускорения по линии визирования необходимо найти проекцию вектора перегрузки на линию визирования, то есть, на ось  $Ox_l$  лучевой системы координат. Найдём сначала проекции составляющих вектора на оси нормальной системы координат. Для определения указанных проекций необходимо знать угол наклона траектории  $\theta$ , угол поворота траектории  $\varphi$ , угол скоростного крена  $\gamma_{ск}$  (см. рис.1 а-в). Проекция вектора перегрузки на ось  $Ox_g$ :

$$n_{xg} = n_x \cos\varphi \cdot \cos\theta - n_y \sin\theta \cdot \cos\gamma_{ск} - n_z \sin\varphi \cdot \cos\gamma_{ск}. \quad (3)$$

Проекция вектора перегрузки на ось  $Oy_g$ :

$$n_{yg} = n_x \sin\theta - n_y \cos\theta \cdot \cos\gamma_{ск} - n_z \sin\gamma_{ск}. \quad (4)$$

Проекция вектора перегрузки на ось  $Oz_g$ :

$$n_{zg} = n_x \sin\varphi \cdot \cos\theta - n_y \sin\gamma_{ск} - n_z \cos\varphi \cdot \cos\gamma_{ск}. \quad (5)$$

Чтобы определить проекцию получившихся составляющих вектора перегрузки на линию визирования потребуются угол места  $\varepsilon_B$  и азимут  $\varepsilon_r$  (см. рис.1 г).

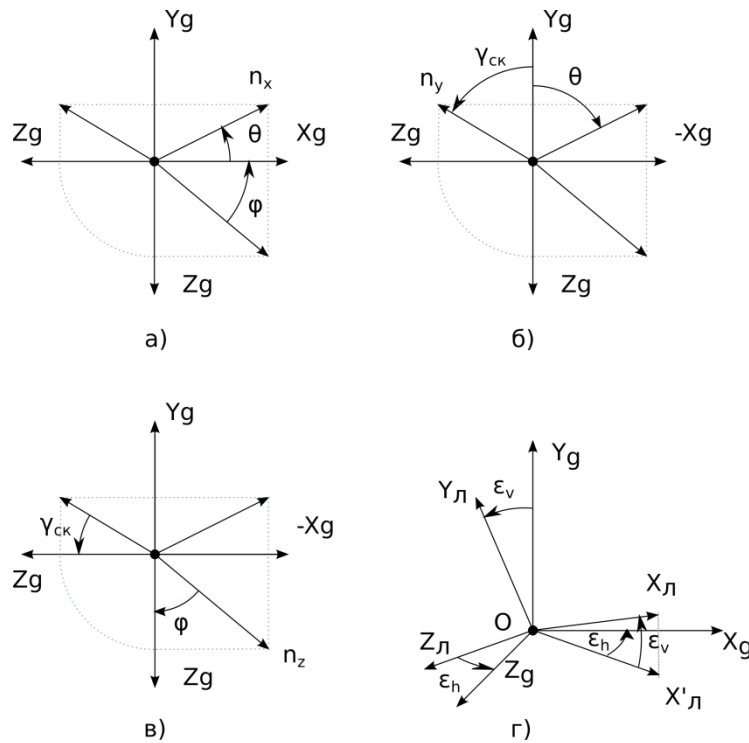


Рис.1 Углы, необходимые для расчёта проекций

Проекция вектора перегрузки на ось  $Ox_l$ :

$$n_{xl} = n_{xg} \cos \varepsilon_r \cdot \cos \varepsilon_g - n_{yg} \sin \varepsilon_B - n_{zg} \sin \varepsilon_r \cdot \cos \varepsilon_B, \quad (6)$$

Тогда, учитывая выражения (2) – (6) можно записать проекцию вектора ускорения на линию визирования, то есть, выражение для ускорения сближения, учитывающее перегрузки, испытываемые ЛА:

$$A = g(n_x \cos \varphi \cdot \cos \theta - n_y \sin \theta \cdot \cos \gamma_{ck} - n_z \sin \varphi \cdot \cos \gamma_{ck}) \cos \varepsilon_r \cdot \cos \varepsilon_g - \\ - g(n_x \sin \theta - n_y \cos \theta \cdot \cos \gamma_{ck} - n_z \sin \gamma_{ck}) \sin \varepsilon_B - \\ - (n_x \sin \varphi \cdot \cos \theta - n_y \sin \gamma_{ck} - n_z \cos \varphi \cdot \cos \gamma_{ck}) \sin \varepsilon_r \cdot \cos \varepsilon_B, \quad (6)$$

Применение информации о перегрузках, испытываемых ЛА позволит значительно точнее оценивать ускорение сближения, а следовательно и дальность.

### Библиографический список

1. Пудовкин А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах. Научное издание. [Текст]: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. СПб.: «Экспертные решения», 2014 – 256 с.



Ковалев С.В\*, Лазарев С.И., Ковалева О.А.

## СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ БАРОМЕМБРАННОГО И ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РАСТВОРА СУЛЬФАТА ЦИНКА

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: sseedd@mail.ru).

Процессы баромембранного и электробаромембранного разделения растворов доказали свои несомненные преимущества. Процессы баромембранного разделения растворов позволяют разделять, выделять, концентрировать растворы при помощи полупроницаемой перегородки. Процессы электробаромембранного разделения растворов позволяют выделять и очищать растворы от растворенных в них веществ при наложении на систему «мембрана-раствор» постоянного электрического тока.

При сравнении процессов мембранного разделения обратноточеским и электрогиперфильтрационным методами одним из главных показателей является работа, затрачиваемая на процесс разделения раствора. Которая для процесса с наложением на систему «мембрана-раствор» постоянного электрического тока рассчитывается следующим образом:

$$A_{T.об} = P \cdot V + U \cdot I \cdot \tau, \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение,  $V$ ;  $I$  – сила тока,  $A$ ;  $\tau$  – время проведения эксперимента (время работы электробаромембранной установки), с..

Стоит отметить и тот факт, что теоретически затрачиваемая работа будет расходоваться также на сжатие разделяемого раствора, практически несжимаемой среды [1, 2].

Анализируя зависимость теоретических затрат энергии для мембраны МГА-95 от времени проведения эксперимента при разделении водного раствора

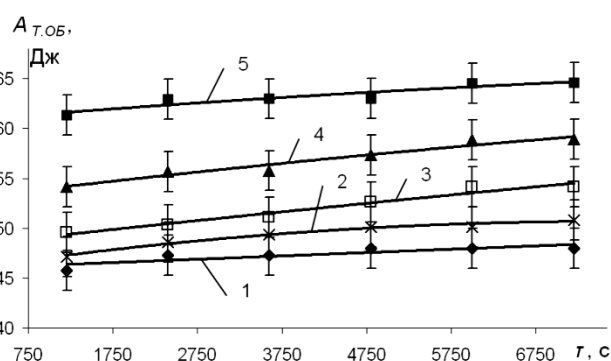


Рис. 1 – Зависимость теоретического расхода энергии от времени проведения эксперимента при разделении электрогиперфильтрацией водного раствора сульфата цинка на мембране МГА-95 с  $c_{исх} = 0,5 \text{ кг/м}^3$  при постоянном давлении  $P = 1,5 \text{ МПа}$  и варьировании плотностью тока  $i = 0 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,017 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,034 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,057 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,08 \text{ А/м}^2$

сульфата цинка с  $c_{исх} = 0,5; 1,0 \text{ кг/м}^3$ , можно отметить, что увеличение затрат энергии, рис. 1, 2, связано также с разогревом прианодного пермеата и прикатодного ретентата которые влияют на получение потока пермеата большим объемом (возрастание удельного потока с течением времени) и изменяют коэффициент задержания и извлечения при наложении на систему мембрана-раствор электрического тока.

Сравнительным вариантом затрат энергии на процесс баромембранного и электрогиперфильтрационного разделения исследуемого раствора сульфата цинка с  $c_{исх} = 0,5; 1,0 \text{ кг/м}^3$  при постоянном давлении  $P = 1,5 \text{ МПа}$  является то, что для обратноосмотического метода затраты энергии практически постоянны, так как не происходит возрастание температуры пористого и непористого электрода и соответственно пермеата и ретентата, рисунок 1, 2 (зависимость (1) при  $i = 0 \text{ А/м}^2$ ), в отличие от электробаромембранного процесса, для которого с течением времени затраты энергии возрастают, рисунок 1, 2 (зависимости (2-5) при  $i = 0,017 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,034 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,057 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,08 \text{ А/м}^2$ ).

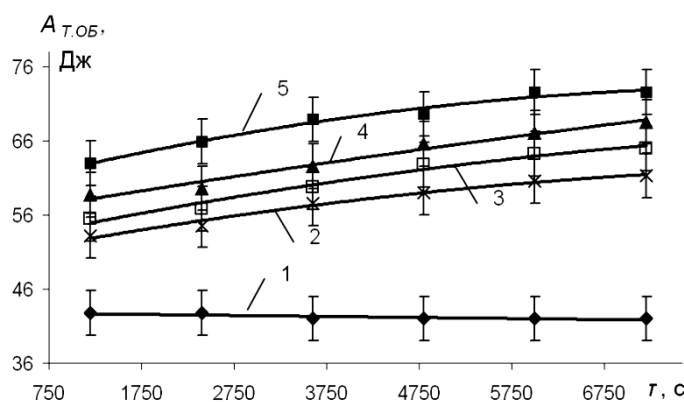


Рис. 2 – Зависимость теоретического расхода энергии от времени проведения эксперимента при разделении электрогиперфильтрацией водного раствора сульфата цинка на мембране МГА-95 с  $c_{исх} = 1,0 \text{ кг/м}^3$  при постоянном давлении  $P = 1,5 \text{ МПа}$  и варьировании плотностью тока  $i = 0 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,017 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,034 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,057 \text{ А/м}^2$ ;  $i = 0,08 \text{ А/м}^2$

### Библиографический список

1. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
2. Ковалев С.В. Методика исследования гидродинамической проницаемости мембран от градиента давления и температуры. Мембраны и мембранные технологии. 2013. Т 3, № 3. С. 191-198.

*Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.*

## **ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК И ИХ ИСПОЛНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*roman.kovergin@gmail.com*

*crems@crems.jesby.tstu.ru*

Процессы планирования и контроля функционирования цепей поставок (ЦП) на различных временных горизонтах являются одной из функциональных областей концепции управления ЦП. Практические задачи, решаемые в таких процессах, как правило, сводятся к решению задач оптимального распределения материальных потоков от их источников до конечных потребителей через промежуточные узлы при заданных ограничениях и с минимальными издержками [2]. Такая задача может формулироваться и решаться как для производственных предприятий, так и для предприятий, осуществляющих поставки продукции конечным потребителям. Для производственного предприятия объектом управления являются материальные потоки в виде сырья и незавершенного производства (полуфабрикатов), которые распределяются между рабочими центрами или производственными установками. Для предприятий, осуществляющих поставки товаров клиентам, объектом управления являются материальные потоки в виде сырья или готовой товарной продукции которые распределяются между конечными потребителями через географически распределенную товаропроводящую логистическую сеть.

На примере вертикально-интегрированных нефтяных компаний (ВИНК) показана практическая применимость информационных систем на базе математического аппарата линейного программирования (ЛП) для поддержки принятия решений относительно краткосрочных планов функционирования ЦП [2]. Такие системы позволяют формулировать и успешно решать задачи оптимизации всей логистической системы компании: от выбора оптимального плана распределения нефти, расчета оптимальных производственных программ на заводах, и до оптимального, с точки зрения совокупной маржи, планов распределения товарной продукции. Однако, известные недостатки ЛП, связанные с допущением о детерминированном характере исходных данных и получаемых в результате оптимизационных расчетов решений, а также ошибки в прогнозных данных могут приводить к формированию неточных предпосылок для процессов исполнения планов [1].

Указанное обстоятельство в числе прочих приводит к тому, что сформированные планы функционирования ЦП подлежат корректив-

ровкам в течение всего планового периода. Эти изменения могут касаться как планов поставок нефти и нефтепродуктов, так и планов по выпуску готовой продукции и полуфабрикатов на производственных предприятиях ВИНК. Реализацию всех изменений планов осуществляют эксперты, которые принимают решения относительно целесообразности и эффективности корректировок оперативных планов ЦП в ходе процессов их исполнения. В перечень решаемых экспертами задач входит формирование таких корректирующих воздействий на планы ЦП, которые учитывали бы интересы всех участников ЦП, минимизировали степень негативного влияния на бизнес-процессы, связанные с исполнением этих планов и максимизировали экономическую эффективность корректировок. При таком подходе, принятие решений осуществляется на основании опыта лиц, принимающих решения (ЛПР), а также исходя из предпосылок, в рамках которых корректируются планы ЦП, и, как правило, в условиях влияния факторов неопределенности на данные бизнес-процессы.

В условиях, когда эффективность функционирования ЦП напрямую зависит от управленческих решений, принимаемых в процессах планирования и контроля изменений оперативных планов ЦП, менеджментом ВИНК предъявляются повышенные требования к квалификации и опыту ЛПР, однако, высокая степень неопределенности и отсутствие автоматизированной информационной системы, которая позволила бы ее снизить, повышает риск принятия ЛПР ошибочных решений.

#### *Библиографический список*

1. Ковергин Р.Е. Инструменты планирования цепочек поставок и влияние на них факторов неопределенности // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVIII Всерос. науч.-технич. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Рязан. гос. радиотехнич. ун-т. 2013. С.273-275.
2. Колесников А.О., Рефлов В.А. Организация корпоративных систем планирования цепочек поставок в вертикально интегрированных нефтяных компаниях // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 1. – С.14-17.

*Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.*

**РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ПЛАНИРОВАНИЯ  
РАБОТЫ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК И ИХ ИСПОЛНЕНИЯ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК**

*roman.kovergin@gmail.com, crems@crems.jesby.tstu.ru*

В условиях нестабильности мировой экономики компании, имеющие географически распределенные и протяженные цепочки поставок (ЦП) сырья и готовой продукции от их источников до конечных потребителей через промежуточные логистические узлы, подвержены влиянию высокой волатильности спроса на продукцию в точках продаж. Это обстоятельство может приводить к «эффекту хлыста» (bullwhip effect) – феномену, который определяется в рамках концепции управления цепями поставок (УЦП) и заключается в усилении амплитуды колебаний объемов производства и поставок продукции и сырья в звеньях ЦП по мере их отдаления от источников возникновения исходных колебаний. Источником возникновения колебаний, как правило, являются места возникновения спроса на товарную продукцию в ЦП [3].

На примере деятельности одной из российских компаний топливно-энергетического комплекса (ТЭК) на основе статистических данных установлено, что наиболее частым корректировкам подлежат оперативные планы распределения товарной продукции между конечными потребителями. Такие изменения в работе одного сегмента ЦП могут приводить к корректировкам деятельности других участников ЦП. Так, например, в результате изменений планов поставок продукции потребителям, могут изменяться планы производственных предприятий по выпуску товарной продукции, соответствующих им планов поставок сырья, планов деятельности логистических посредников и т.д. В практической деятельности все изменения оперативных планов распределения товарной продукции реализуются через запросы на изменения планов поставок, которые поступают на обработку соответствующим специалистам. Перед людьми, принимающими решения (ЛПР), стоит задача обработки поступающих от инициаторов заявок и принятия решений относительно их полного или частичного удовлетворения, отказа, возврата инициатору на доработку или выработке предложений на изменения планов ЦП в соответствии с изменившимися макропараметрами их функционирования.

В ряде источников отмечается, что «эффект хлыста» может быть снижен за счет повышения качества прогнозных данных, а также

улучшения информационного взаимодействия всех участников ЦП [2,3]. Однако не менее важную роль в снижении указанного эффекта может играть использование статистической информации о работе ЦП за прошедшие плановые периоды, а также решения, которые были приняты ЛПР в процессах корректировки краткосрочных планов ЦП.

Можно предположить, что экспертные знания ЛПР и предположения, на основании которых принимаются решения относительно изменений оперативных планов ЦП, могут быть систематизированы, а на их основе получена соответствующая база знаний в виде совокупности логических выводов, правил и статистических фактов [1]. Реализованная на основе такой базы знаний информационная система поддержки принятия решения (ИС ППР) позволила бы снизить степень неопределенности при принятии ЛПР решений относительно планов функционирования ЦП и тем самым повысить эффективность их исполнения, что в итоге привело бы к снижению «эффекта хлыста» в ЦП ВИНК.

Учитывая высокую важность решений, принимаемых в процессах планирования и исполнения оперативных планов ЦП, задача разработки алгоритмов сбора, анализа и систематизации информации о фактической реализации планов ЦП и решений, принимаемых ЛПР в процессах контроля их исполнения, является перспективным направлением развития ИС ППР в ЦП ВИНК.

#### ***Библиографический список***

1. Джаратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
2. Дыбская В.В., Зайцев Е.И. и др. ЛОГИСТИКА: интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок: учебник под ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.
3. Сергеев В.И. Управление цепями поставок: учебник для бакалавров и магистров. М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 479 с.

*Колмыков Р.Ю., Белоусов О.А., Горшков П.А.*

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОСКИХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*romankolmykov@gmail.com, jjour314@gmail.com, pavel\_gorshkov@rambler.ru*

С начала 90-х годов в спутниковой связи используются малые спутниковые наземные станции. В качестве приемопередающего устройства, для увеличения энергоэффективности станций используют антенны с электрическим сканированием луча.

Под антенной с электрическим движением луча понимается антенное устройство, способное при помощи действия электрических элементов схемы изменять в пространстве направление главного максимума или в некоторых случаях форму диаграммы направленности, оставаясь механически неподвижным[1].

Для того чтобы осуществить управление диаграммой направленности антенны в пространственном секторе, необходимо создать систему излучателей, расположенных на некоторой поверхности или в объеме. Наиболее простая система излучателей, позволяющая получить пространственное движение луча, - это простая решетка[1,2].

Плоские решетки разделяют на две группы: решетки с неизменным расстоянием между элементами и решетки с переменным расстоянием. Эквидистантные решетки не только значительно проще в отношении анализа, но и позволяют максимально использовать площади антенны, т.е. при заданной площади получить максимальный коэффициент направленного действия (КНД):

$$D = \frac{4\pi S}{\lambda^2}. \quad (1)$$

Диаграмма направленности решетки записывается следующим образом:

$$\Phi(\theta, \alpha) = \sum_{p=1}^N I_p e^{jk(x_p \cos \alpha + y_p \sin \alpha) \sin \theta}, \text{ где} \quad (2)$$

$x_p, y_p$  – координаты  $p$ -ого излучателя[1].

Данная запись диаграммы направленности (2) допускает любое расположение излучателей на плоскости, поэтому нумерация излучателей представлена одномерной, а не двумерной, как принято в прямоугольном расположении излучателей.

Излучатели плоской антенной решетки должны обладать малыми массогабаритными параметрами и обеспечивать требуемое изме-

нение характеристик направленности в рабочей полосе частот. Этим требованиям удовлетворяют излучатели Вивальди.

Щелевой излучатель Вивальди представляет собой экспоненциально расширяющуюся щель в тонком слое металла на диэлектрической подложке или в свободном пространстве. Излучатели Вивальди относятся к классу антенн бегущей волны.

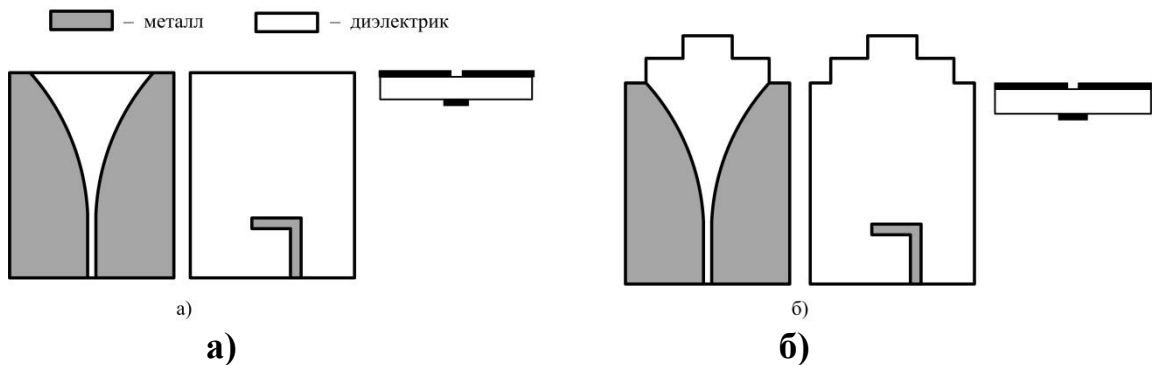


Рис. 1 Излучатели Вивальди (а) излучатель Вивальди (б) излучатель Вивальди с двухступенчатым диэлектрическим трансформатором

Благодаря конструктивной простоте и широкой рабочей полосе антенны Вивальди нашли применение в радиоастрономии, системах мобильной спутниковой связи т.д.

Таким образом, применение плоских эквидистантных антенных решеток существенно сказывается на снижении потребляемой энергии спутникового терминала за счет малых габаритов и улучшенных электродинамических характеристик.

#### *Библиографический список*

1. Ведник О.Г., Парнес М.П. под редакцией Бахраха Л.Д. Антенны с электрическим сканированием: «Советское Радио», 2001. 252 с.
2. Воскресенский Д.И., Канашенков А.И. Активные фазированные антенные решетки. М.: Радиотехника, 2004. 488 с.



*Королев А.П., Макаруч М.В.*

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД В ОПИСАНИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛЕВОЙ СТРУКТУРЕ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(korolevanpal@yandex.ru)*

Проблема описания связи наноразмерных процессов с микропроцессами занимает довольно важное место среди основных задач микроэлектроники. С помощью более детального описания наномира можно будет в полной мере изучить доселе неизведанные и неучитываемые процессы, происходящие в материалах электронной техники.

Наиболее удобной, распространенной и перспективной структурой является структура металл – диэлектрик – полупроводник (МДП). Структуры МДП были известны задолго до открытия квантово-размерных эффектов и использовались (и продолжают использоваться) в качестве полевых транзисторов, датчиков и других микроэлектронных элементов в дискретном и интегральном исполнении. В сильных электрических полях в МДП-структурах в зависимости от полярности на границе раздела  $Si-SiO_2$  образуется треугольный потенциальный барьер и происходит квантовомеханический туннельный перенос электронов сквозь этот барьер (рис.1).

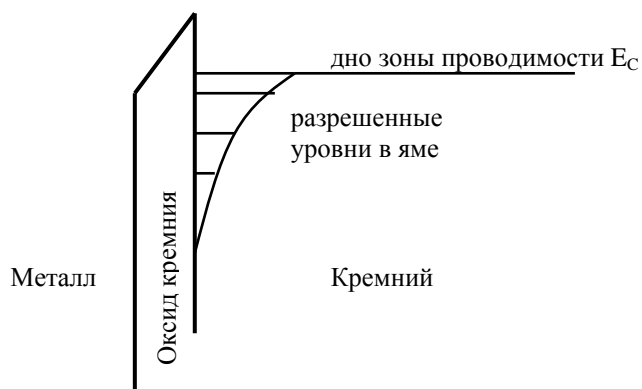


Рис. 1 Энергетическая диаграмма полевой структуры с треугольной квантовой ямой.

В рассматриваемой структуре на границе диэлектрик – полупроводник образуется двумерный электронный газ и двумерная квантовая яма. Одна граница этой ямы – поверхность кремния, другая – граница слоя обеднения.

По мере увеличения изгиба зон поперечный размер потенциальной ямы позволяет говорить о возникновении размерного квантования. Такая поверхностная квантовая яма обычно аппроксимируется с

треугольной квантовой ямой, которая является частным случаем прямоугольной квантовой ямы.

Учитывая условия квантования и проведя преобразования классических формул, получаем выражение для напряжения на металлическом электроде, соответствующего данной энергетической ситуации под диэлектриком в поверхностном слое кремния:

$$V_G = \frac{4qdm^*}{\hbar^2 W} n_0 \left[ E_F - E_1 \frac{(n_0 + 1)(2n_0 + 1)}{6} \right].$$

Здесь  $q$  – элементарный заряд;  $d$  – толщина диэлектрика;  $m^*$  – эффективная масса электрона;  $\hbar$  – постоянная Планка, деленная на  $2\pi$ ;  $n_0$  – плотность электронов;  $E_F$  – уровень Ферми;  $E_1$  – первый разрешенный уровень в потенциальной яме.

Данная зависимость выражает связь квантовых величин с микровеличинами и таким образом вносит корректировку в параметрическое описание структуры.

#### *Библиографический список*

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн. 1. – М.: «Мир», 1984. – 456 с.
2. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с.
3. А. Р. Korolev, 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.

*Лазарев С.И., Казаков В.Г.*

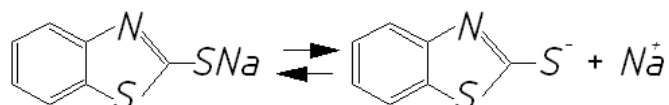
### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА МЕМБРАННУЮ ОЧИСТКУ ПРОМЫВНЫХ ВОДПРОИЗВОДСТВА 2,2'- ДИБЕНЗТИАЗОЛДИСУЛЬФИДА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru)*

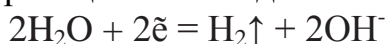
При анализе кинетических коэффициентов электробаромембранного разделения растворов, представляется явным, что одна мембрана в результате наложения на систему мембрана-раствор электрического тока на поверхности мембраны образуется слой осадка из-за протекания процесса электрохимического синтеза альтакса[1-3]. Варьирование давлением и плотностью постоянного электрического тока исследовались кинетические коэффициенты для прикатодной и прианодной мембраны ESPA1 (фирма производитель "Hydranautics",

США). Анализируя значения концентраций по каптаксу и гидроксиду натрия при наложении тока можно отметить, что значения коэффициентов выделения больше для прикатодной мембраны, чем для прианодной[2]. Сквозь поры прикатодной мембраны мигрирует большее количество гидроксида натрия и каптакса, чем через прианодную мембрану.

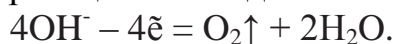
Схема диссоциации натриевой соли каптакса выглядит следующим образом:



Электрохимическая реакция на катоде:



Электрохимическая реакция на аноде:



Косвенно этот факт подтверждается отработанными образцы мембран прикатодной и прианодной, и поверхностным микрорельефом сделанных на микроинтерферометре МИИ-4, на прианодной мембране явным образом наблюдаются шероховатости и неровности.

Гидроксид натрия в растворе является растворителем для 2-меркаптобензотиазола, что вероятно сказывается на проницании меркаптобензотиазольного аниона через поры, что и подтверждается экспериментальными данными и рабочим образцом мембран микрорельеф этой поверхности более гладкий.

Для подтверждения предложенного анализа были проведены исследования на обратноосмотической установке по зависимости удельного потока растворителя от давления при разделении промывных вод содержащих 2-меркаптобензотиазол, полученных при 295 К в процессе ди-(2-бензтиазолил) дисульфида. Расчет удельного потока растворителя производился по следующей формуле:

$$G = \frac{V}{F_m \cdot \tau}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем пермеата,  $F_m$  – площадь разделяемой мембраны,  $\tau$  – время проведения эксперимента.

Зависимость удельного потока растворителя от давления при обратноосмотическом разделении промывных вод производства ди-(2-бензтиазолил) дисульфида представлена на рис. 1.

В процессе исследований установлено, что удельный поток снижается при росте концентрации разделяемого раствора, а при увеличении рабочего давления удельный поток растворителя повышается. Это объясняется тем, что давление, являясь движущей силой процесса, прямо пропорционально влияет на удельный поток раствори-

теля. Чем выше давление, тем больше проникает растворителя через полупроницаемую мембрану ESPA. Вероятно здесь на удельный поток растворителя влияет и концентрационная поляризация, которая вызывает образования в пограничном слое повышенного содержания растворенного вещества. Растворенное вещество частично проникает с растворителем, а также сорбируется как в порах, так и на поверхности активного слоя мембраны[1].

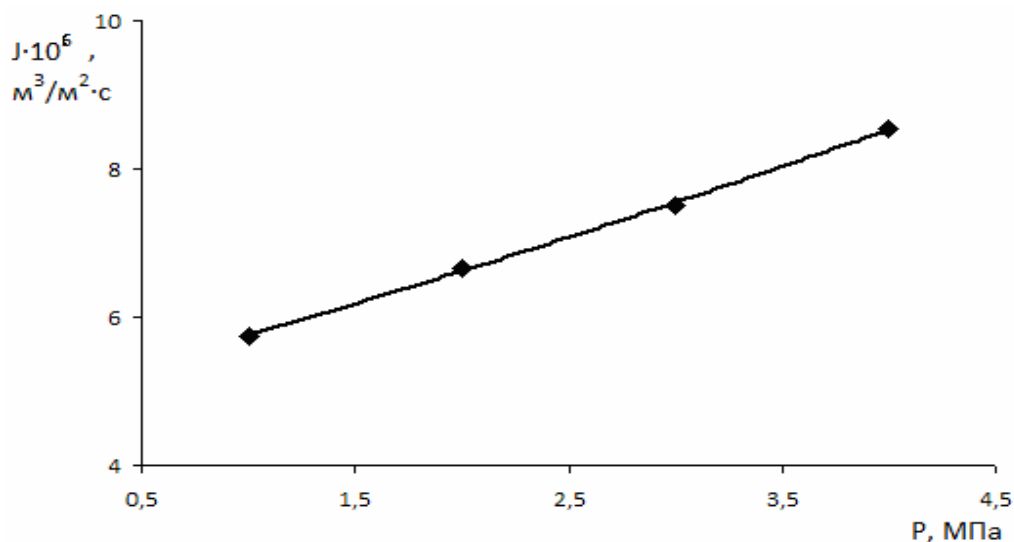


Рис. 1. Зависимость удельного потока растворителя через мембрану ESPA от давления при разделении растворов содержащих 2-меркаптобензотиазол.

#### *Библиографический список*

1. Дытнерский, Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1986. - 272 с.
2. Лазарев С.И. Электробаромембранная очистка промывных вод производства 2,2<sup>1</sup> – дибензотиазолдисульфида. /Лазарев С.И., Ковалев С.В., Казаков В.Г. // Вестник ТГУ. - 2013. – Вып. 3. – С.614– 618.
3. Пат.2487746 РФ.Электробаромембранный аппарат рулонного типа/ Ковалев С.В., Лазарев С.И., Соломина О.А., Лазарев К.С. –Опубл. 20.09. 2013.

*Лазарев С.И., Лавренченко А.А.*

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕМБРАН

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
([geometry@mail.nnn.tstu.ru](mailto:geometry@mail.nnn.tstu.ru)).*

Одним из перспективных направлений в развитии мембранной технологии является разработка и исследование динамических мембран. [1-2]. Последрожжевая барда, образующаяся при производстве спирта и дрожжей из свеклосахарной мелассы, является характерным раствором, содержащим крахмальные вещества, которые при ультрафильтрации образуют динамический слой на поверхности мембраны [3]. Поэтому нами были проведены исследования влияния концентрации и давления на коэффициент задержания ультрафильтрационной очистки водной массы последрожжевой барды с целью дальнейшего ее использования во вторичных производствах, а также вовлечения очищенных водных растворов в хозяйственный оборот. Это позволит, с одной стороны, снизить себестоимость продукции биохимических производств, а, с другой стороны, увеличить ресурсную базу для производства кормов, уменьшить потребность в водных ресурсах. Для проведения экспериментальных исследований использовалась последрожжевая барда, в своем составе она содержит 5-6% сухих веществ и 94-95% воды. [3]. Исследования проводились на мембранной установке (рис.1) с использованием разделительной ячейки плоскокамерного типа) и ультрафильтрационных мембранах УАМ-150, УПМ-К.

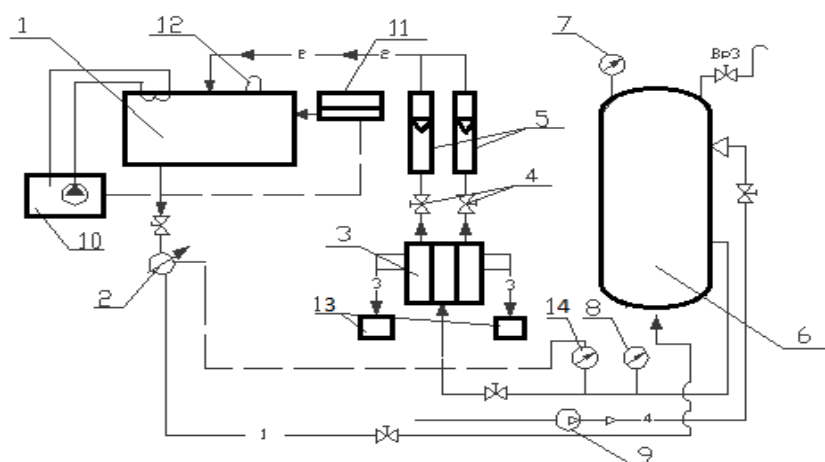


Рис. 1. Установка для проведения исследований по коэффициенту задержания.

Для расчета коэффициента задержания применяли формулу:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_0} \quad (1)$$

На основе данных экспериментов выявлена зависимость коэффициента задержания ультрафильтрационных мембран от концентрации растворенных веществ, рабочего давления и вида мембран (таблица 1).

Таблица 1

Производство спирта и дрожжей из свеклосахарной свеклы	P (МПа)	УАМ-150		УПМ- К	
		Концентрация исходного раствора, $C_{исх}$ , кг $O_2$ /м <sup>3</sup>	Коэффициент задержания, R	Концентр. исходного раствора, $C_{исх}$ , кг $O_2$ /м <sup>3</sup>	Коэффициент задержания, R
	0,8	4,27	0,34	4,27	0,20
		5,32	0,37	5,32	0,21
		6,24	0,35	6,24	0,21
		8,40	0,36	8,40	0,22
	1,0	4,27	0,36	4,27	0,28
		5,32	0,39	5,32	0,29
		6,24	0,38	6,24	0,30
		8,40	0,39	8,40	0,31
	2,0	4,27	0,40	4,27	0,36
		5,32	0,44	5,32	0,38
		6,24	0,41	6,24	0,38
		8,40	0,42	8,40	0,39
	3,0	4,27	0,42	4,27	0,38
		5,32	0,44	5,32	0,38
		6,24	0,43	6,24	0,39
		8,40	0,43	8,40	0,40

### Библиографический список

1. Платэ, Н.А. Мембранные технологии – авангардное направление XXI века // Критические технологии. Мембраны. - 1999. № 1. - С. 4–13.
2. Брык, М.Т. Ультрафильтрация /М.Т. Брык, Е.А. Цапюк- Киев: Наук.думка, 1989. - 288 с.
- 3.Лазарев,С. И. Влияние давления на формирование динамических мембран при ультрафильтрации водных растворов дрожжевых и спиртовых производств / С.И.Лазарев, В.Л.Головашин // Вестник ТГУ им. Г.Р.Державина, - 2011. № 12. – С. 227-229.

*Летунов А.А., Белоусов О.А.<sup>1</sup>, Курносков Р.Ю.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*niseenot@gmail.com, jjour314@gmail.com, romankurnosov@rambler.ru*

Существенное влияние на энергоэффективность гибридной зеркальной антенны оказывает шумовая температура, которая возникает из электромагнитного излучения близко расположенных нагретых тел, то есть происходит преобразование тепловой энергии поступающей из вне в энергию электромагнитного поля, распространяющегося в широком диапазоне частот. В большинстве случаев спектр такого излучения находится в диапазоне сантиметровых, миллиметровых и инфракрасных длин волн[1].

При функционировании наземных систем спутниковой связи основное влияние оказывает не только коэффициент направленного действия, коэффициент усиления антенны, а также шумовая температура антенной системы в целом. В этом случае количество принимаемой информации будет определяться соотношением коэффициента усиления к шумовой температуре приемной системы, выраженная в децибелах и называемая шумовой добротностью земной станции спутниковой связи [1,2]. Эти помехи зависят от скорости движения свободных электронов во входных цепях приемных устройств. В диапазонах сантиметровых волн внутренние шумы в несколько раз превышают внешние шумы.

Для минимизации данного вида шумов используют следующие технологические приемы, такие как поворот облучающего устройства, в сторону верхней кромки зеркала, применение гибридных зеркальных антенн, антенн с выносным облучателем или облучателей в виде антенных решеток являются эффективными с точки зрения уменьшения шумов при размещении антенны в стационарном или мобильных варианте. Это может быть достигнуто путем поворота облучавшего устройства в сторону верхнего края основного зеркала антенны (рис. 1).

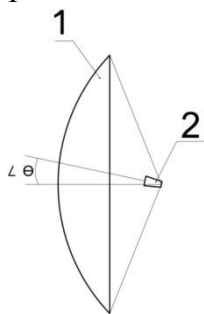


Рис. 1 Антенна  
с поворотом облучателя  
1 - зеркало; 2 - облучатель.

Таким образом, минимизация шумовой температуры гибридных зеркальных антенн и антенных систем на их основе позволит повысить энергоэффективность за счёт перераспределения электромагнитного излучения на краях зеркала, а также увеличить шумовую добротность земных антенных систем спутниковой связи и снизить массогабаритные показатели антенн, что является немаловажным параметром для антенных систем мобильного исполнения.

### *Библиографический список*

1. Сомов А.М. Расчет антенн земных станций спутниковой связи, 2012.-204с.
2. Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В. М. Максимов, Л. И. Пономарев. Устройства СВЧ и антенны, 2008.-384с

*Мануйлов К.Д., Мокрозуб В.Г., Пелихосов А.А.*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(mkdpost@gmail.com, mokrozubv@yandex.ru, Dr.laitman@mail.ru)*

На предприятиях химической и нефтехимической промышленности получили широкое распространение горизонтальные стальные резервуары (РГС) и емкости подземные (ЕП), которые применяются для сбора и хранения светлых и темных нефтепродуктов, бензина, щелочей, кислот, дизельного топлива, а также для аварийного сброса нефти и нефтепродуктов. РГС и ЕП (рисунок 1) представляют собой емкостные аппараты, к которым принято относить все горизонтальные и вертикальные (при соотношении  $H/D \leq 5$ ) аппараты.

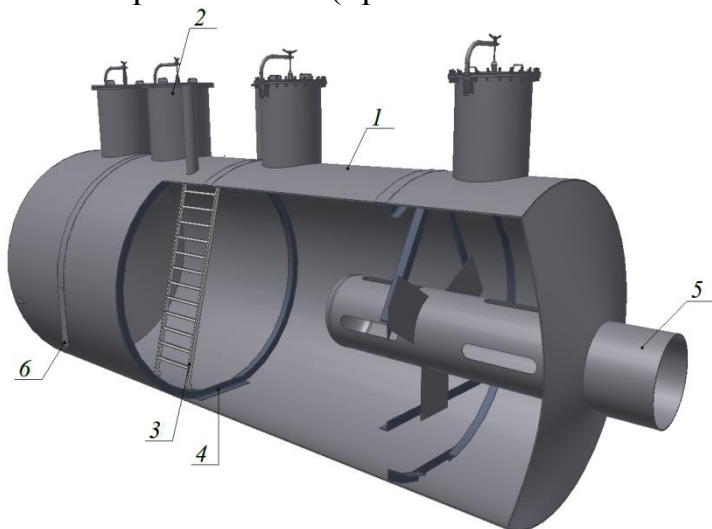


Рис. 1. Резервуар  
горизонтальный  
стальной

- 1 - корпус;
- 2 - люк (лаз); 3 - опора;
- 4 - подогреватель;
- 5 - площадка обслуживания.



К основным конструктивным элементам ЕП и РГС можно отнести: обечайки, днища, штуцера, люки, опоры, хомуты, строповые устройства, фланцевые соединения, системы промывки и подогревающие устройства.

Информационная модель структуры (ИМС) ЕП и РГС используется на этапе структурного синтеза, где основными задачами являются: определить из каких функциональных элементов будет состоять проектируемый объект, типы этих элементов, их количество, взаимное расположение и типы соединений между ними.

Основой ИМС является И–ИЛИ дерево элементов (рисунок 2) и правила, которые позволяют выбрать ИЛИ–элементы в зависимости от условий эксплуатации [1].

ИМС можно представить кортежем  $M^S = \langle E, D, Y^e, Y^t, Y^k, Y^S \rangle$ , где  $E$  – множество элементов РГС [2],  $D$  – И–ИЛИ дерево элементов РГС,  $Y^e, Y^t, Y^k, Y^S$  – правила, определяющие наличие и количество функциональных элементов аппарата, тип каждого функционального элемента, предварительное расположение элементов и типы соединительных элементов РГС соответственно.

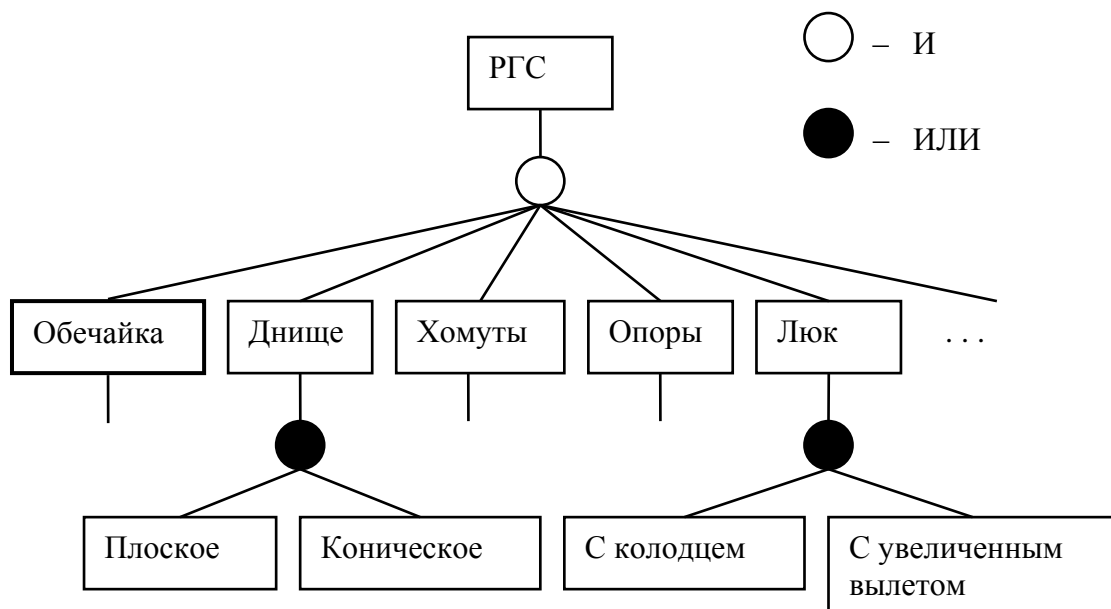


Рис. 2. И–ИЛИ дерево элементов резервуара горизонтального сварного

Примеры правил, определяющих наличие функциональных элементов.

Правило 1. Если резервуар с насосом в климатическом исполнении УХЛ или ХЛ, необходима установка колодца насосного агрегата.

Правило 2. Если температура замерзания среды выше минимальной температуры окружающего воздуха, то резервуар должен быть оснащен подогревателем.

### ***Библиографический список***

1. Мокрозуб В.Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов // Информационные технологии. 2009. № 11. С. 18-22.
2. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Морозов С.В., Коновалова А.С. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов // Радиотехника. 2010. № 12. С. 29-32.

***Мещеряков В.Н., Хабибуллин М.М.***

### **АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, АДАптиРОВАННЫЙ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

*Липецкий государственный технический университет, Россия, Липецк  
(mesherek@stu.lipetsk.ru, maximum@rambler.ru)*

Актуальность работы определяется переходом промышленного сектора экономики на использование современных высокотехнологичных и энергоэффективных типов регулируемого электропривода. В результате такой тенденции доля электропривода переменного тока на основе преобразователя частоты (ПЧ) и асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (АД) достигает значительного уровня. С точки зрения взаимодействия с питающей сетью система «ПЧ-АД» является одним из главных источников нелинейных искажений токов и напряжений и потребителей реактивной мощности, что оказывает негативное влияние, как на питающую сеть в целом, так и на других потребителей электроэнергии в частности, и приводит к значительным экономическим убыткам. В настоящее время наиболее эффективными устройствами компенсации нелинейных искажений и реактивной мощности являются активные фильтры электроэнергии (АФЭ). Существующие АФЭ имеют сложные силовые структуры и системы управления на основе косвенных методов определения требуемого тока, что повышает стоимость АФЭ, снижает их надежность и качество компенсации АФЭ нелинейных искажений и реактивной мощности. Поэтому разработка и исследование АФЭ, адаптированного для работы в системе «ПЧ-АД», исключая недостатки существующих АФЭ, обеспечивающего высокое качество компенсации нелинейных искажений и реактивной мощности и повышающего

электромагнитную совместимость системы «ПЧ-АД» с питающей сетью, является актуальной задачей.

Силовая структура большинства ПАФЭ, разрабатываемых и применяемых в настоящее время, состоит из АИН на полностью управляемых силовых ключах (IGBT транзисторах), синхронизирующей индуктивности и конденсаторной батареи. Однако, как было установлено в процессе диссертационного исследования, основным источником гармонических искажений в питающей сети является регулируемый асинхронный электропривод переменного тока на основе двухзвенного ПЧ, который уже содержит в своем составе конденсаторную батарею. Поэтому предлагается использовать ПАФЭ, в котором его звено постоянного тока и звено постоянного тока ПЧ будут объединены, что позволит полностью либо частично исключить конденсаторную батарею из звена постоянного тока ПАФЭ, а так же полностью исключить систему предзаряда конденсатора ПАФЭ (рисунок 1). Согласование уровня напряжения ПАФЭ и уровня напряжения питающей сети осуществляется при помощи согласующего трансформатора. При этом появляется возможность исключить синхронизирующую индуктивность ПАФЭ путем ее приведения к индуктивности рассеяния согласующего трансформатора.

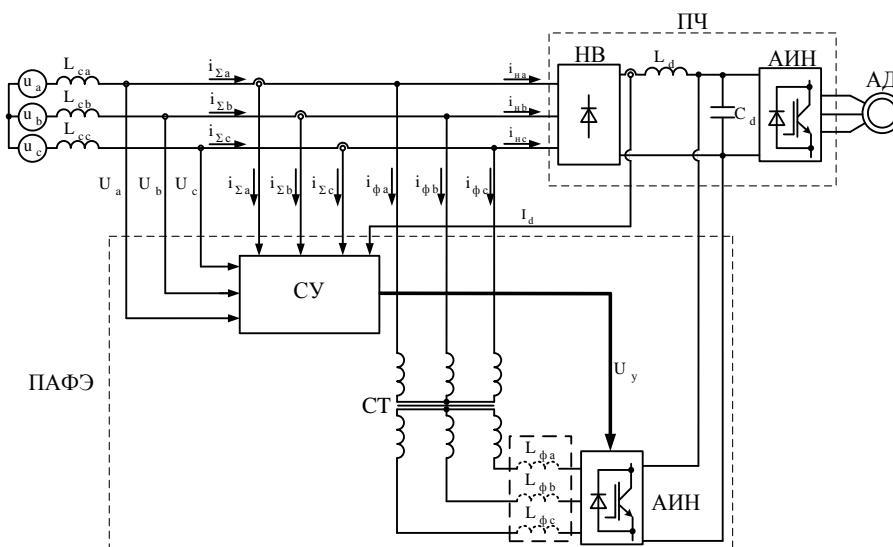


Рис. 1 Принципиальная схема ПАФЭ с ОЗПТ

Разработанная система управления ПАФЭ состоит из системы формирования сигналов задания полного требуемого тока системы «ПАФЭ – ПЧ-АД» частотно временным методом и системы формирования и поддержания выходного тока ПАФЭ на основе РРТ и позволяет исключить недостатки классической системы управления ПАФЭ, а так

же влияние несинусоидальности напряжения питающей сети на систему управления ПАФЭ и уменьшить количество датчиков тока ПАФЭ.

### ***Библиографический список***

1. ГОСТ 32144 – 2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартиформ, 2014. – 20 с.

2. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость потребителей: монография / И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк [и др.]. М.: Машиностроение, 2012. – 350 с.

3. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.

4. Розанов, Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.

5. Мещеряков, В.Н. Система управления параллельным активным фильтро-компенсирующим устройством на базе релейного регулятора тока в трехфазных электрических сетях / В.Н. Мещеряков, М.М. Хабибуллин // Электротехнические комплексы и системы управления. Воронеж. – 2012. – №2. – С. 49-54.

6. Мещеряков, В.Н. 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. Новочеркасск. – 2013. – №4. – С. 54-57.

7. Meshcheryakov, V.N. The practical implementation of relay control of current as main part in system of active filter of electric power / V.N. Meshcheryakov, M.M. Khabibullin // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». Челябинск. – 2013. – №2. – С. 25-31.

8. Мещеряков, В.Н. Активный фильтр электроэнергии с ОЗПТ и системой управления на основе релейного регулятора тока / В.Н. Мещеряков, М.М. Хабибуллин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. М. – 2014. – №7. – С. 26-33.

***Мокрозуб В.Г.***

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(mokrozubv@yandex.ru)*

Многоассортиментные химические производства используются в производстве полупродуктов, лаков, красок, химических реактивов, лекарственных препаратов, добавок к полимерным материалам и др. Их особенностью является выпуск разных продуктов на одной химико-технологической системе (ХТС), включающей основ-

ные и вспомогательные аппараты, насосы, трубопроводы и трубопроводную арматуру.

В соответствии с ГОСТ 2.103-68 основными этапами проектирования ХТС являются: техническое предложение, эскизный проект, технический проект и рабочая конструкторская документация.

С другой стороны проектирование ХТС включает две взаимосвязанные инженерно–технические стадии:

- технологическое проектирование;
- конструкционное проектирование.

Для представления этапов процесса проектирования многоассортиментного производства и информационных потоков, присутствующих при проектировании воспользуемся методологией IDEF0.

На рисунке 1 представлена функциональная диаграмма A0, на которой используются следующие информационные потоки:

$TZ$  – техническое задание на проектирование,  $TZ = I_1 \cup I_2$ ;

$I_1$  – перечень выпускаемых продуктов и объемы их выпуска;

$I_2$  – регламенты выпуска продуктов (последовательность операций, нормы расхода сырья, свойства сырья, продолжительность каждой стадии и др.);

$I_3$  – тип, число и основной размер аппаратов на каждой стадии (спецификация основного и вспомогательного оборудования);

$I_4$  – координаты аппаратов в производственном помещении, координаты соединительных трубопроводов (компоновочные чертежи и чертежи трасс);

$I_5$  – структура, размеры элементов и порядок изготовления аппарата (спецификация, чертеж общего вида, чертежи деталей, маршрутно–операционные карты);

$I_6$  – перечень проблемных аппаратов для стадии размещения и трассировки, причины, по которым для этих аппаратов не удастся выполнить этап размещения и трассировки;

$I_7$  – перечень проблемных для изготовления аппаратов с теми характеристиками, которые определены на предыдущих этапах.

$TP = I_3 \cup I_4 \cup I_5$  – технический проект.

Рассмотрим процедурную модель проектирования многоассортиментных ХТС, составленную на основе описанной выше функциональной модели. Функцией процедурной модели  $FM$  является преобразование информационного потока, определенного техническим заданием,  $TZ$  в информационный поток технического проекта,  $TP$  с использованием модели проектируемого объекта  $M$ .

$$FM : TZ \xrightarrow{M} TP,$$

Процедурную модель представим в виде системы выражений:

$$FM = \langle F_1, F_2, F_3 \rangle,$$

$$M = \langle M_1, M_2, M_3 \rangle$$

$$F_1 : TZ \cup I_6 \cup I_7 \xrightarrow{M_1} I_3,$$

$$F_2 : TZ \cup I_3 \cup I_7 \xrightarrow{M_2} I_4 \cup I_6,$$

$$F_3 : TZ \cup I_3 \cup I_4 \xrightarrow{M_3} I_5 \cup I_7,$$

где  $F_1$  – модель структуры ХТС, числа и размеров аппаратов на каждой стадии

$F_2$  – процедура размещения аппаратов и трассировка трубопроводов;

$F_3$  – процедура разработки конструкторско–технологической документации отдельных единиц оборудования;

$M_1$  – модель структуры ХТС и аппаратов на каждой стадии [1];

$M_2$  – модель размещения аппаратов и трассировки трубопроводов [2,3];

$M_3$  – модель отдельного аппарата технологической схемы [4].

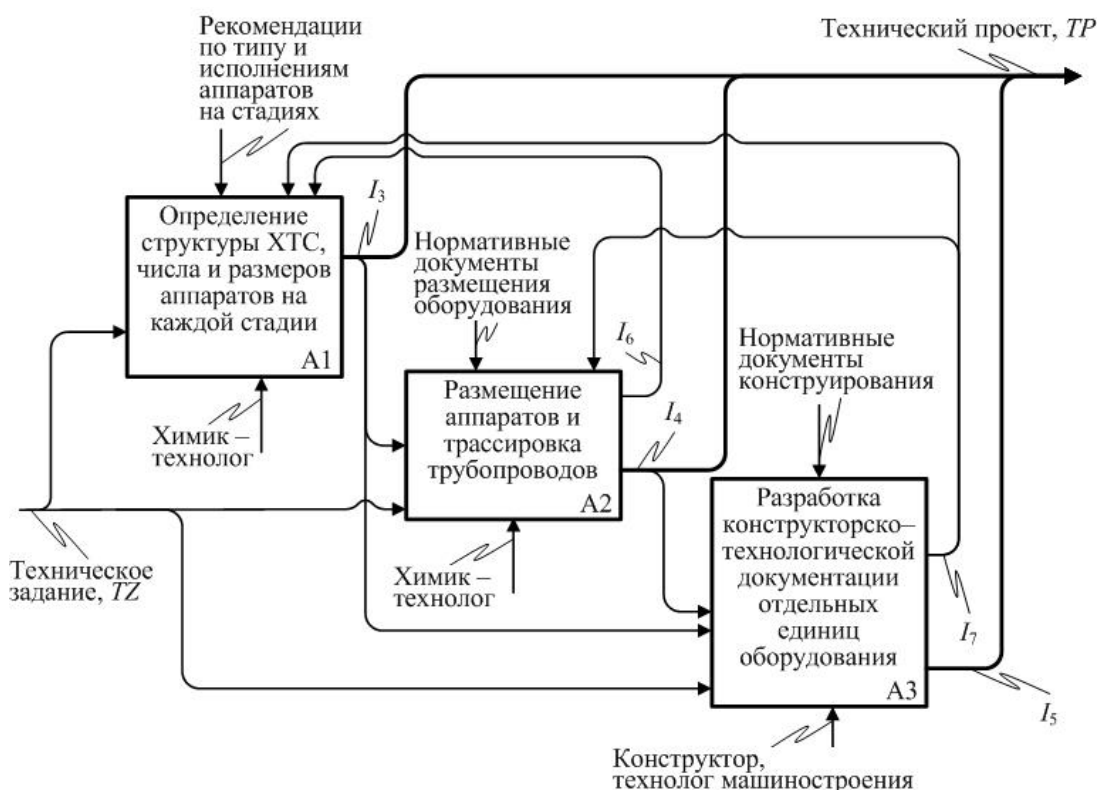


Рис. 1 Функциональная диаграмма А0

Представленная модель используется для создания системы автоматизированного проектирования многоассортиментных ХТС [5].

### *Библиографический список*

1. Борисенко А.Б., Карпушкин С.В. Применение метода ветвей и границ для оптимального выбора аппаратурного оформления химико-технологических систем // Вычислительные технологии. 2012. Т. 17. № 1. С. 35-43.
2. Егоров С.Я., Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Милованов И.В. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов часть 1. аналитические и процедурные модели (часть 2 см. № 1, 2010 г.) // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2009. № 4. С. 3-11.
3. Егоров С.Я., Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Громов М.С. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов часть 2. структура и функционирование системы (часть 1 см. в итпп № 4, 2009 г.) // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 1. С. 33-39.
4. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Мокрозуб В.Г., Краснянский М.Н. Система автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования // Информационные технологии. 2000. № 12. С. 19.
5. Разработка прототипа виртуальной модели учебно-материальных ресурсов университета химико-технологического профиля. Немтинов В.А., Юханов В.В., Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Егоров С.Я., Мокрозуб В.Г., Борисенко А.Б., Немтинова Ю.В. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2013. № 3 (47). С. 321-330.

*Мокрозуб В.Г., Мокрозуб А.Г.*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(mokrozubv@yandex.ru, mokrozubav@yandex.ru)*

Технологическое оборудование (ТО) предприятий химической и нефтехимической промышленности должно надежно работать в течение заданного времени и быть безопасным для обслуживающего персонала и окружающей среды. Работоспособность и безопасность ТО достигается в том числе и с помощью механических расчетов (расчетов на прочность).

Методики механических расчетов представлены в нормативных документах, например, серия ГОСТ Р 52857–2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность».

В настоящее время элементы, подлежащие расчету (обечайки, фланцы, валы и др.), и вид самого расчета (прочность, жесткость, устойчивость и др.) определяет конструктор в зависимости от условий эксплуатации, испытаний и монтажа ТО (рисунок 1) [1].

Предлагается новая схема механических расчетов ТО (рисунок 1), в которой элементы, подлежащие расчету, и виды этих расчетов, определяются автоматически с использованием базы знаний.

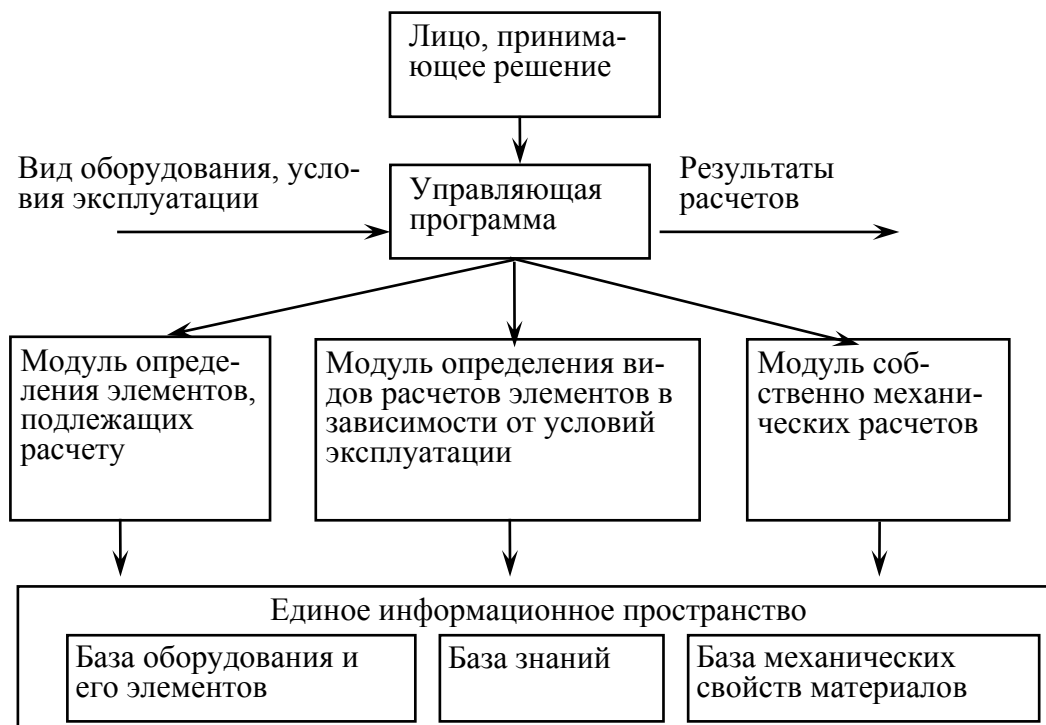


Рис. 1. Предлагаемая схема выполнения механических расчетов ТО

Элементы, подлежащие расчету, и виды расчетов зависят от условий эксплуатации ТО. Эти зависимости представляют собой двудольный граф (рисунок 2)  $G = (V, R)$ , где  $V = (VU, VE)$  – множество вершин графа,  $VU = \{vu_i, i = 1..n\}$  – множество условий эксплуатации представляет собой нагрузки, действующие на ТО (внутреннее давление, наружное давление, вес, давление в рубашке и др.),  $VE = \{ve_j, j = 1..J\}$  – множество элементов, подлежащих расчету (обечайка, днище, опора и др.),  $R = \{r_{ij}, i \in 1..I, j \in 1..J\}$  – ребра графа. Таким образом, ребра графа определяют элементы, подлежащие расчету в зависимости от условий эксплуатации.

В качестве базового программного обеспечения для реализации, представляемой системы механических расчетов используется система управления реляционными базами данных. Возможность использования РДБ для хранения знаний (правил) доказана в [2].



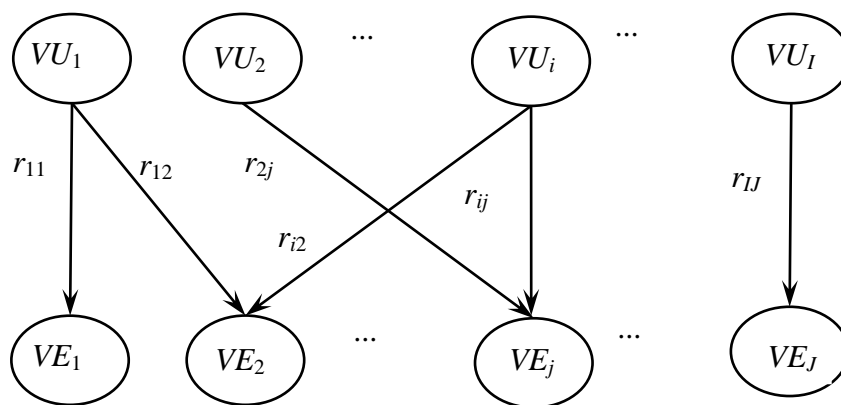


Рис. 2. Граф, связывающий условия эксплуатации и элементы, подлежащие расчету

### *Библиографический список*

1. Мокрозуб В. Г., Борисьяк А.А., Егоров С.Я. 77-30569/227902 Виртуальный кабинет "Конструирование технологического оборудования" // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2011. – №10. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/227902.html> (дата обращения 10.07.2014).

2. Мокрозуб В. Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов // Информационные технологии. – 2009. – № 11. – С. 18–22.

*Муромцев Д.Ю., Грибков А.Н., Куркин И.А.*

## **ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(GribkovAlexey@yandex.ru).*

В современном обществе проблемы управления играют все более существенную роль. Появляется большое количество «умных» технологий таких как «умные дома», концепция умных городов, все большие объемы принимает автоматизация и роботизация промышленных производств и т.д. Указанные объекты оснащаются системой управления или блоком автоматики, которые обеспечивают синтез оптимальных управляющих воздействий. Часть объектов содержат устройства согласования и могут управляться удаленно по тому или иному протоколу, например с коммутатора или домашнего персонального компьютера, при помощи программы, написанной пользователем. Во многих случаях одной из основных целей автоматизации и

внедрения системы управления является повышение энергетической эффективности объекта, поэтому значительное внимание исследователей уделяется вопросам разработки систем энергосберегающего управления (СЭУ).

При проектировании СЭУ, значительное количество времени тратится на разработку ее алгоритмического обеспечения, что связано с высокой степенью «наукоемкости» данного процесса и необходимостью применения методов из областей высшей математики, теории оптимальных процессов, теории алгоритмов и т.д.

Значительное сокращение времени на разработку алгоритмического обеспечения, а также снижение требований к знаниям разработчика систем управления, может быть достигнуто при использовании шаблонов СЭУ. На более ранних стадиях, данная задача решалась с помощью использования экспертных систем, однако стремительное увеличение номенклатуры и количества объектов, для которых требуется решать задачи анализа и синтеза оптимального управления (ОУ), приводит к необходимости рассмотрения очень широкого класса математических моделей, описывающих объекты управления.

Следующим шагом в развитии подходов к проектированию СЭУ, возможно станет использование программно-аналитических комплексов (ПАК), позволяющих минимизировать время определения функций ОУ и визуализировать решение задачи ОУ. Для написания таких комплексов целесообразно использовать системы компьютерной математики, например Maple [1]. В системе Maple имеются встроенные функции, обеспечивающие работу с матрицами и решение систем дифференциальных уравнений в аналитическом виде, также имеется встроенный язык программирования и инструменты для визуализации результатов решения, поэтому данная система позволяет решать задачи определения вида и параметров функций ОУ.

Для решения задач проектирования СЭУ был разработан ПАК, дополняющий экспертную систему «Энергосберегающего управления динамическими объектами» [2]. В состав ПАК, помимо экспертной системы, входят модули идентификации, определения вида функции ОУ, определения типов ОУ с учетом ограничений.

В качестве исходных данных, при проектировании СЭУ, задаются траектории изменения переменных состояния объекта и управляющих воздействий. Модуль идентификации осуществляет перебор типовых моделей для аппроксимации загружаемых данных. Результатом работы данного модуля является многостадийная математическая модель процесса. Если пользователь обладает информацией об аналитической модели, структурная идентификация не проводится. Информация о модели поступает на модуль определения вида функций ОУ.

Используя поддержку функциональной парадигмы, в нем применяется процедура, реализующая алгоритм определения видов функций ОУ с использованием метода максимума Понтрягина. В последнем модуле осуществляется определение условий для расчета параметров функций, с учетом ограничений на управляющие воздействия.

Использование данного программно-аналитического комплекса позволяет снизить как время разработки алгоритмического обеспечения СЭУ, так и требования к знаниям проектировщика СЭУ.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №14-08-00489-а.*

### ***Библиографический список***

1. Maplesoft. URL: <http://www.maplesoft.com/> (дата обращения 08.04.2015).
2. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №950464 Экспертная система «Энергосберегающее управление динамическими объектами» (EXPSYS).

***Муромцев Д.Ю., Ермолаев В.В., Папин В.В.***

## **ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ С НЕПРЕРЫВНО РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ БАЗОЙ ЗНАНИЙ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
crems@crems.jesby.tstu.ru*

Предложены концептуальные принципы активных экспертных систем (ЭСА) с непрерывно развивающейся базой знаний (НРБЗ). Экспертные системы с НРБЗ должны удовлетворять ряду принципов, важнейшими из них являются следующие: принцип активности, принцип легитимности (гарантированности) результата, принцип кортежного представления моделей исследуемых задач (концептуального моделирования), принцип «счетности» кортежных моделей, принцип наследования знаний из существующих фреймов, принцип полезности (востребованности) результатов, принцип когнитивности представления результатов, принцип «мягкости», принцип «самоконтроля» (самодиагностики) [1].

Рассмотрим *принцип активности*.

Для ЭСА характерны три «основных» режима функционирования – «эксперт», «пользователь» и «активность». Наряду с этими режимами работы возможны различного рода простой системы, напри-

мер в связи с отключением аппаратных средств, а также совмещенные режимы, например, «эксперт» и «активность» и т.д.

В качестве показателя активности ЭСА можно использовать коэффициент  $K_a$ , определяемый по формуле

$$K_a = \frac{\Delta t_a}{\Delta t_a + \Delta t_3 + \Delta t_{II}},$$

где  $\Delta t_a, \Delta t_3, \Delta t_{II}$  – интервалы времени работы системы соответственно в режимах «активность», «эксперт» и пользователь за определенный календарный период (месяц или год).

Другим показателем, характеризующим ЭСА, является средняя продолжительность интервала активной работы экспертной системы (ЭС) между корректирующими воздействиями экспертов, обозначим этот показатель  $T_a$ .

*Определение.* Корректирующим воздействием эксперта называется выдаваемая им информация, которая используется ЭС в режиме «активность». К корректирующим воздействиям могут относиться внесение изменений в постановки решаемых задач, введение приоритетов в решаемые задачи, задание требований к выходной информации и т.д.

В зависимости от значений показателей  $K_a$  и  $T_a$  можно выделить следующие виды ЭСА:

- ЭС высокой степени активности, для которых  $K_a > 0,7$  и  $T_a$  составляет десятки и сотни часов;
- ЭС средней степени активности с  $K_a \in [0,4; 0,7]$  и  $T_a$  равно часам;
- ЭС низкой степени активности с  $K_a < 0,4$  и  $T_a$  составляет десятки минут.

Введено понятие «активной» экспертной системы с непрерывно развивающейся базой знаний. Сформулированы концептуальные принципы разработки таких систем. Введены показатели эффективности и активности экспертных систем.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00489 А.*

### ***Библиографический список***

1. Муромцев Д.Ю. Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами: монография / Д.Ю. Муромцев. – Тамбов; М.; СПб.; Баку; Вена: Изд-во “Нобелистика”, 2005. – 202 с.

## ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
crems@crems.jesby.tstu.ru

Под синтезом понимается процесс создания новой системы управления с оптимизацией ее свойств и показателей. Выделим две группы задач синтеза СЭУ (системы энергосберегающего управления). К первой группе относятся задачи синтеза оптимального управления, результатом решения которых являются соотношения для оперативного расчета энергосберегающих управляющих воздействий. Эти соотношения составляют основу алгоритмического обеспечения СЭУ. Ко второй группе относятся задачи синтеза устройств энергосберегающего управления, в том числе выбор стратегии реализации ОУ, структуры СЭУ и т.д.

Синтез оптимального управления предусматривает определение управляющего воздействия  $u^*(t)$  в зависимости от поступающей в управляющее устройство информации в виде массива исходных данных  $R$ . При этом должны учитываться различного рода ограничения, обусловленные особенностями объекта управления и режимов его работы. Рассмотрим следующие основные задачи синтеза ОУ [1,2].

1. Задача синтеза ОУ на стадии проектирования. Это задача общего характера, включающая все виды работ по синтезу с учетом возможных состояний функционирования  $h$ .

2. Задача синтеза ОУ в реальном времени (СРВ) или оперативного синтеза. Данная задача может быть связана с использованием некорректируемых  $S_{пр}^{НК}, S_{пз}^{НК}$ , корректируемых  $S_{пр}^К, S_{пз}^К$  и комбинированных стратегий  $S_{пр}^{КМ}, S_{пз}^{КМ}$ , учитывающих изменения  $h$  на временном интервале управления.

Математически задача СРВ формулируется следующим образом. Задается допустимое время  $\Delta t_d$ , которое удовлетворяет условиям: 1) вероятность изменения  $h$  за  $\Delta t_d$  пренебрежимо мала; 2) функционирование СОУ в течение  $\Delta t_d$  при нескорректированном после изменения  $h$  управлении  $u(t)$  не ведет к срыву терминального условия  $z(t_k) = z^К$  за исключением случая, когда изменение  $h$  происходит в момент  $\theta = t_k - \Delta t_d$ ; 3) время  $\Delta t_d$  должно быть достаточно для

идентификации значения  $h$ ; 4) время  $\Delta t_d$  соответствует возможностям микропроцессора по быстродействию.

Требуется разработать алгоритм, который при произвольных изменениях  $h$  на интервале  $[t_0, t_k]$  (но таких, что при каждом значении  $h$  решение ЗОУ существует) за время  $\Delta t_c = \Delta t_d - \Delta t$  позволяет определить вид и рассчитать параметры управления  $u^*(\cdot/h)$ , соответствующего новому значению переменной  $h$ , и может быть реализован при заданных технических характеристиках управляющего устройства, здесь  $\Delta t$  – время, необходимое на расчет и установку скорректированного  $u(\cdot/h)$ .

3. В задаче совмещенного синтеза ОУ могут изменяться параметры, и даже вид модели объекта управления. Эта задача формулируется следующим образом. Задаются возможные модели объектов и массив исходных данных  $R$ , за исключением значений параметров объекта. Требуется за допустимое время идентифицировать модель объекта и затем определить вид и параметры функции ОУ.

4. Задача синтеза гарантированного управления связана с синтезом управления в ЗОУ второго и четвертого классов, когда требуется получить управление, гарантирующее выполнение условия для конечного момента времени  $t_k$  при неизвестном состоянии функционирования на интервале управления  $[t_0, t_k]$ . Здесь различают два случая: в первом значение  $z(t_k)$  задается точкой  $z^k$  в  $n$ -мерном пространстве, во втором – областью  $Z^k$ . Таким образом, термин гарантия здесь используется применительно к некорректируемым стратегиям для ЗОУ второго и четвертого классов.

5. Задача синтеза квазиоптимального управления (КОУ) часто связана с невозможностью плавно изменять ОУ по требуемому закону. В качестве вида КОУ  $\tilde{u}(t)$  обычно рассматривается ступенчатая функция, которая с требуемой точностью аппроксимирует непрерывную функцию  $u^*(t)$ . Применение КОУ позволяет значительно упростить реализацию управляющих воздействий за счет небольшого числа фиксированных значений  $u(t)$ .

Рассмотренные задачи синтеза решаются с использованием информационно-управляющих систем, содержащих базы знаний с результатами полного анализа необходимых моделей задач оптимального управления.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00489 А.*

### *Библиографический список*

1. 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.

2. Муромцев, Д.Ю. Синтез многофункциональных управляющих устройств / Д.Ю. Муромцев, В.В. Папин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2013. Т.19. № 2. – С.262 - 270.

***Назмутдинов И.С.***

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»  
(nazmytdinov71@mail.ru)*

Под сложными техническими системами в данной работе будем понимать радиотехнические средства (РТС) обеспечения полетов авиации. В статье [1] было определено, что для локализации места неисправности и своевременного восстановления РТС обеспечения полетов необходима система поддержки принятия решения (СППР).

Основным элементом СППР является экспертная подсистема [2]. Рассмотрим структуру экспертной подсистемы (рис. 1).

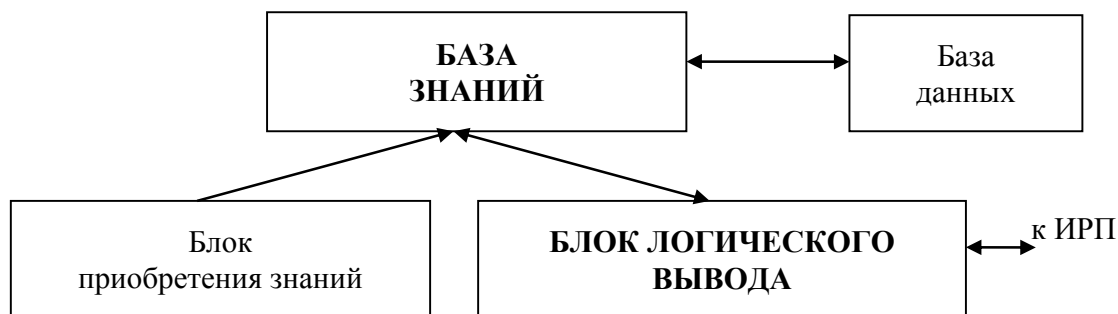


Рис.1. Структурная схема экспертной подсистемы СППР

Основным элементом экспертной подсистемы [2] является база знаний (БЗ), в которой хранятся два вида данных: данные, меняющие свое значение в результате работы экспертной подсистемы при разрешении какой-либо ситуации и накопленные знания в соответствии с формой их представления.

Блок логического вывода – это программный компонент экспертной подсистемы, который реализует механизм рассуждения и оперирует с данными, находящимися в БЗ.

Кроме основных элементов экспертной системы в ее состав также входит база данных, в которой хранится информация справочного характера (например, номенклатура комплекта ЗИП и т.д.) и архивные данные об эксплуатируемом РТС, а также компонента приобретения знаний, предназначенная для добавления знаний в БЗ и модификации имеющихся.

Исходя из целевого предназначения СППР, в ней используются два типа знаний – знания, позволяющие проводить процесс диагностики при текущем ремонте, и знания, направленные на мониторинг РТС в процессе эксплуатации и позволяющие выбрать рациональную стратегию управления ее техническим состоянием. Для представления знаний в области диагностики используются фреймовые модели [2].

Фрейм – это структура данных для представления некоторой стандартной ситуации и представляет собой именованные таблицы, каждому элементу (слоту) которой соответствует определенное числовое значение или функциональное преобразование [2]. Он может быть представлен в виде конструкции

$$f = [\langle r_1, v_1 \rangle, \langle r_2, v_2 \rangle, \dots, \langle r_n, v_n \rangle], \quad (1)$$

где  $f$  – имя фрейма;  $r_i$  – имя слота;  $v_i$  – значение слота.

Фреймы позволяют описывать как факты, так и отношения между ними. Важной особенностью при этом является то, что фрейм может вызываться не по имени, а по соответствующей текущей ситуации в отличие от других форм представления знаний, что особенно ценно при решении задач диагностики.

Фреймовая модель предоставления данных имеет как положительные, так и отрицательные стороны, поэтому для обоснования СППР предлагается смешанное использование сетей фреймов и правил продукций.

Таким образом, использование в базе знаний смешанных форм представления знаний позволяет реализовать несколько условий и действий. Это дает возможность блоку логического вывода анализировать правила и оперировать данными на различных уровнях в зависимости от конкретно решаемой задачи, при организации эксплуатации и восстановления РТС обеспечения полетов.

### *Библиографический список*

1. Международная конференция с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах», 23-25 апреля 2014 г. – Тамбов: ТГТУ, 2014. – с. 106-108. – 300 экз.



2. Брежнев Д.Ю. Метод обоснования требований к системе поддержки принятия решений по организации ТО и Р существующих и перспективных ЗРК. – Дис. ... канд. тех. наук. – Тверь: ВА ВКО, 2006. – 180 с.

***Павлов В.И.\* , Колчин П.С.\* , Толстой К.А.\* , Зайцев Д.В.\*\****

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПОЛУАКТИВНОГО И ПОЛУПАССИВНОГО  
ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОУПРАВЛЕНИЯ  
ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ**

*\* ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*\*\*Межвидовой центр подготовки*

*и боевого применения войск РЭБ, Россия, Тамбов*

*(vpavl@mail.ru, dzaytzev@yandex.ru)*

При дистанционном радиоправлении подвижными объектами наибольшее распространение получили способы, основанные на принципах полуактивной локации. Это обусловлено конструктивными особенностями и техническими характеристиками передатчиков и приемников электромагнитной энергии, а также законами распространения электромагнитных волн в свободном пространстве и их отражением от объектов. При полуактивной локации в качестве источника зондирующего сигнала используется, как правило, мощный передатчик РЛС с антенной направленного действия. При этом на подвижном объекте располагается приемник пассивного типа, конструктивной особенностью которого, в частности, является наличие канала для приема опорного сигнала передатчика. Из-за малых габаритов антенна приемника имеет многократно меньшую эффективную площадь по сравнению с антенной передатчика.

При полупассивной локации в качестве источника информации о фазовых координатах объекта используется электромагнитная энергия, излучаемая объектом, как правило, в виде организованных помех [1]. Для осуществления способа полупассивного радиоправления требуется аналогичная аппаратура как и при полуактивном радиоправлении за исключением канала для приема опорного сигнала передатчика. При этом приемник конструктивно становится существенно проще, но возрастает сложность алгоритмического обеспечения процесса обработки информации.

Для полуактивного дистанционного радиоправления подвижным объектом взаимосвязь таких основных параметров как мощность передатчика, эффективная площадь антенны, дальность обнаружения сигнала и других, определяется основным уравнением радиолокации

[2]. При облучении объекта для определения его фазовых координат справедливы следующие соотношения

$$P_a = \frac{P_n G_n A_a \sigma_o F^4}{(4\pi)^2 R_{no}^2 R_{oa}^2}, \quad (1)$$

где  $P_a$ ,  $P_n$  – мощность сигнала на входе приемной антенны и мощность передатчика зондирующего сигнала соответственно;  $G_a$  – коэффициент усиления передающей антенны;  $A_a$  – апертура приемной антенны;  $\sigma_o$  – эффективная площадь отражения объекта;  $F$  – коэффициент потерь при распространении сигнала;  $R_{no}$  – расстояние от передатчика зондирующего сигнала до объекта;  $R_{oa}$  – расстояние от объекта до приемной антенны. Соответственно дальность при радиолокационном полуактивном управлении объектом будет

$$R_{oa} = \sqrt{\frac{P_n G_n A_a \sigma_o F^4}{P_a (4\pi)^2 R_{no}^2}}. \quad (2)$$

Особенность практического применения уравнения (2) заключается в необходимости учета особенностей распространения электромагнитных волн от передатчика к объекту локации, отражения их от объекта и дальнейшего распространения к управляемому объекту. При этом из-за изменений ракурса объекта локации  $\sigma_o$  является переменной величиной.

При полупассивном радиоуправлении соответствующие соотношения имеет вид

$$P_a = \frac{P_{nn} G_n A_a \sigma_o F^4}{(4\pi)^2 R_{oa}^2}, \quad (3)$$

$$R_{oa} = \sqrt{\frac{P_{nn} G_n A_a \sigma_o F^4}{P_a (4\pi)^2}}, \quad (4)$$

где  $P_{nn}$  – мощность передатчика станции помех объекта локации. Анализ соотношений (1)-(4) показывает, что дальность полупассивного в два и более раза превосходит дальность полуактивного радиоуправления подвижным объектом.

Работа поддерживается РФФИ, грант № 15-08-01617-а.

### ***Библиографический список***

1. Способ полупассивного самонаведения управляемых ракет класса "воздух - воздух" с радиолокационной головкой самонаведения: патент № 2181869 РФ / Павлов В.И., Маштак А.А., Зайцев Д.В. // заявитель и патентообладатель Тамбовское ВВАИУРЭ - заявл. 10.01.2000 г.; зарегистрировано в Гос. реестре изобретений РФ 27.04.2002 г. Бюл. № 12.

2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы: Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2004. 320с.

*Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П., Князев И.В.*

## МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ЦЕЛЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЦЕЛА

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(pyunikol@rambler.ru, resbn@jesby.tstu.ru, knyazivan@mail.ru)*

Выбор и обоснование исходных моделей состояния и наблюдения производится с учетом задач, решаемых радиоэлектронным комбинированным прицелом (РЭКП) при автосопровождении и наведении оружия по наземным целям и возможностей современных цифровых вычислительных систем по быстродействию и объему памяти.

Модель состояния траекторий наземных целей должна обеспечивать оптимальное оценивание всех фазовых координат, необходимых для современных и перспективных методов управления оружием по подвижным и неподвижным объектам. Для реализации при сопровождении маневрирующих целей, модели состояния должны учитывать не только эволюции дальности  $D$ , скорости сближения  $V$ , пеленга цели  $\varphi_l$ , скорости изменения пеленга  $\omega_{\varphi_l}$ , но и ускорение сближения  $a$ . Ускорение цели по линии визирования относительно РЭКП зависит от положения цели (модуль скорости цели  $V_{ц}$  и путевой угол  $\varphi_{ц}$ ), скорости изменения путевого угла  $\omega_{\varphi_{ц}}$ . Для оценки параметров движения цели выбираются [1] траекторная система координат  $OX_{т}Z_{т}$  и нормальная система координат  $OX_gZ_{g}$  на наземную цель; лучевая система координат  $OX_{л}Z_{л}$  и нормальная система координат  $OX_gZ_{g}$  в РЭКП (рис. 1).

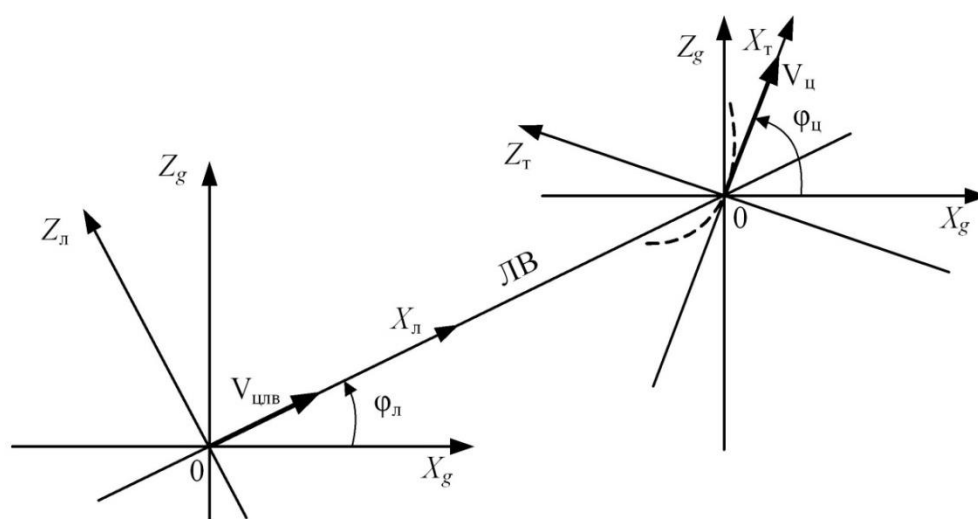


Рис. 1. Система координат

С учетом рис. 1 получим скорость цели по линии визирования

$$V_{цлв} = V_{ц} \cos \varphi_{ц} \cos \varphi_{л} + V_{ц} \sin \varphi_{ц} \sin \varphi_{л}. \quad (1)$$

Если взять производную по времени в выражении (1), считая, что модуль  $V_{ц}$  не меняется ( $\dot{V}_{ц}$ ), получим ускорение цели по линии визирования

$$a_{цлв} = V_{ц} (-\sin \varphi_{ц} \cos \varphi_{л} \omega_{\varphi_{ц}} - \cos \varphi_{ц} \sin \varphi_{л} \omega_{\varphi_{л}} + \cos \varphi_{ц} \sin \varphi_{л} \omega_{\varphi_{ц}} + \sin \varphi_{ц} \cos \varphi_{л} \omega_{\varphi_{л}}). \quad (2)$$

После приведения выражения (2), получим

$$a_{цлв} = V_{ц} (\omega_{\varphi_{л}} - \omega_{\varphi_{ц}}) \sin(\varphi_{ц} - \varphi_{л}). \quad (3)$$

С учетом (3) можно использовать следующую модель состояния в дискретном времени:

$$\left. \begin{aligned} D(k+1) &= D(k) + V(k)T + 0,5a(k)T^2; \\ V(k+1) &= V(k) + a(k)T; \\ a(k+1) &= V_{ц} (\omega_{\varphi_{л}} - \omega_{\varphi_{ц}}) \sin(\varphi_{ц} - \varphi_{л}); \\ \varphi_{ц}(k+1) &= \varphi_{ц}(k) + \omega_{\varphi_{ц}}(k)T; \\ \omega_{\varphi_{ц}}(k+1) &= (1 - \alpha T)\omega_{\varphi_{ц}}(k) + \xi_{\omega_{\varphi_{ц}}}(k); \\ \varphi_{л}(k+1) &= \varphi_{л}(k) + \omega_{\varphi}(k)T; \\ \omega_{\varphi_{л}}(k+1) &= (1 - \alpha T)\omega_{\varphi_{л}}(k) + \xi_{\omega_{\varphi_{л}}}(k). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Состав и вид измерителей, используемых для формирования оценок фазовых координат, определяется из необходимости условий наблюдаемости [2], а также обеспечения устойчивости формирования оценок:

$$\left. \begin{aligned} D_{и}(k) &= D(k) + \xi_{ди}(k); \\ \varphi_{ц}(k) &= \varphi_{ц}(k) + \xi_{\varphi_{ци}}(k); \\ \varphi_{л}(k) &= \varphi_{л}(k) + \xi_{\varphi_{ли}}(k), \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

в которых  $\xi_{ди}$ ,  $\xi_{\varphi_{ци}}$ ,  $\xi_{\varphi_{ли}}$  - дискретные центрированные гауссовские шумы измерений с известными дисперсиями  $D_{ди}$ ,  $D_{\varphi_{ци}}$  и  $D_{\varphi_{ли}}$ .

### **Библиографический список**

1. Пудовкин А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах. Научное издание. [Текст]: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. СПб.: «Экспертные решения», 2014 – 256 с.

*Пелихосов А.А., Мокрозуб В.Г.*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(Dr.laitman@mail.ru, mokrozubv@yandex.ru)*

Конструкторско–технологические данные (КТД) изделия являются интеллектуальной собственностью, которая требует защиты. Отключение средств копирования информации на внешний носитель на рабочих местах не является гарантией информационной безопасности.

Рассмотрим процесс обработки данных между подразделениями: конструкторский отдел–отдел маркетинга.

На рисунке 1 показан базовый вариант работы между подразделениями.

Из рисунка видно, что передача информации происходит по запросу одного из подразделений без соблюдения режима информационной безопасности, что в свою очередь приводит к проблемам в области коммерческой тайны. К сожалению, в данном случае локальных политик (стандартов) предприятия по работе с такой информацией недостаточно, либо в большинстве случаев они игнорируются, что приводит к еще большим последствиям в виде уязвимостей информационной безопасности в целом.

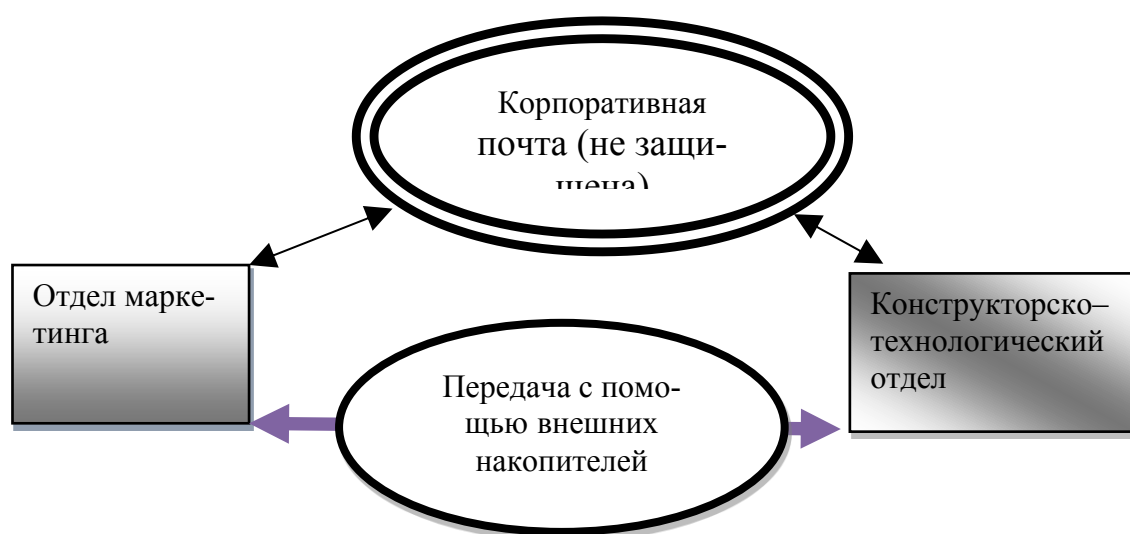


Рис. 1. Передача КТД между подразделениями на машиностроительном предприятии

Рассмотрим более допустимый вариант схемы обработки данных между подразделениями. На рис. 2 изображен алгоритм работы с КТД между wybranными подразделениями: конструкторско–технологический отдел, отдел маркетинга, отдел информационных технологий).

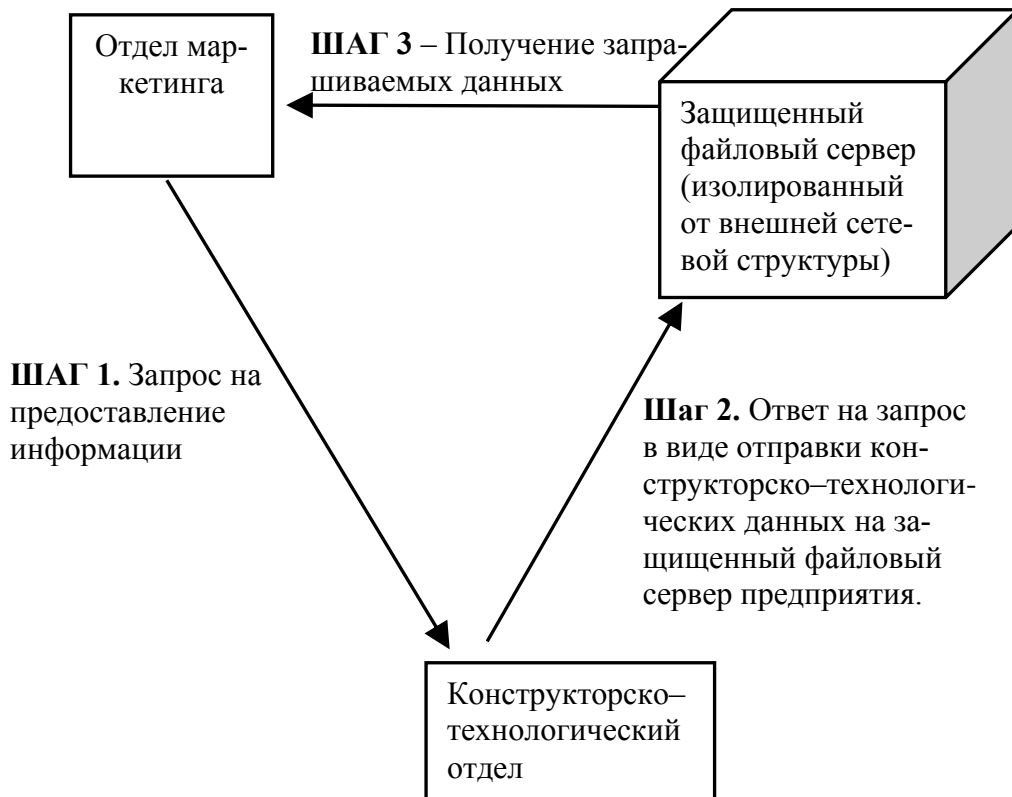


Рис. 2. Работа с КТД между подразделениями на машиностроительном предприятии с защитными алгоритмами

Здесь в первую очередь следует отметить, что информационный отдел является ключевым, даже если он не принимает участия в процессе обмена напрямую. Настройка сервера может быть сделана так, что весь процесс будет происходить автоматически. Информационный отдел в любом случае осуществляет обслуживание защищенного файлового сервера, поэтому его можно считать полноправным участником алгоритма работы с КТД

## СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЦЕЛА

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(resbn@jesby.tstu.ru, pyunikol@rambler.ru, knyazivan@mail.ru)

Алгоритмы функционирования фильтров сопровождения зависят от модели состояния и наблюдения. На основании модели состояния и модели наблюдения [1] и с учётом выражений нелинейной фильтрации [2], получен следующий рекуррентный алгоритм первого порядка:

$$D_o(k) = D_s(k) + K_{\phi 11}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 12}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 13}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (1)$$

$$V_o(k) = V_s(k) + K_{\phi 21}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 22}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 23}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (2)$$

$$a_o(k) = a_s(k) + K_{\phi 31}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 32}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 33}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (3)$$

$$\varphi_{\text{ло}}(k) = \varphi_{\text{лэ}}(k) + K_{\phi 41}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 42}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 43}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (4)$$

$$\omega_{\varphi_{\text{ло}}}(k) = \omega_{\varphi_{\text{лэ}}}(k) + K_{\phi 51}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 52}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 53}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (5)$$

$$\varphi_{\text{цо}}(k) = \varphi_{\text{цэ}}(k) + K_{\phi 61}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 62}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 63}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (6)$$

$$\omega_{\varphi_{\text{цо}}}(k) = \omega_{\varphi_{\text{цэ}}}(k) + K_{\phi 71}(k)\Delta D(k) + K_{\phi 72}(k)\Delta\varphi_{\text{л}}(k) + K_{\phi 73}(k)\Delta\varphi_{\text{ц}}(k); \quad (7)$$

$$\Delta D(k) = D_s(k) - D_{\text{и}}(k); \quad (8)$$

$$\Delta\varphi_{\text{л}}(k) = \varphi_{\text{лэ}}(k) - \varphi_{\text{ли}}(k); \quad (9)$$

$$\Delta\varphi_{\text{ц}}(k) = \varphi_{\text{цэ}}(k) - \varphi_{\text{ци}}(k). \quad (10)$$

На основании алгоритма (1) – (10) проводилось имитационное моделирование на примере сопровождения одной цели при условии, что цель осуществляет маневр с ускорением по линии визирования (рис. 1). Имитационное моделирование проводилось для двух случаев. В первом случае не измеряется угол  $\varphi_{\text{ц}} = 0$ . Во втором случае измеряется угол  $\varphi_{\text{ц}} \neq 0$ .

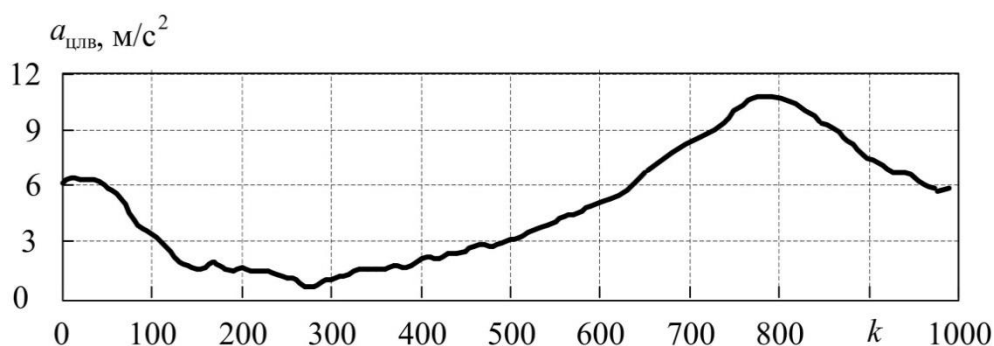


Рис. 1 Изменение ускорения цели по линии визирования

Результаты моделирования представлены на рис. 2 – 4, где представлены графики изменения во времени СКО оценки фильтрации дальности  $D$ , скорости  $V$  и ускорения  $a$  по линии визирования между радиоэлектронным комбинированным прицелом и целью.

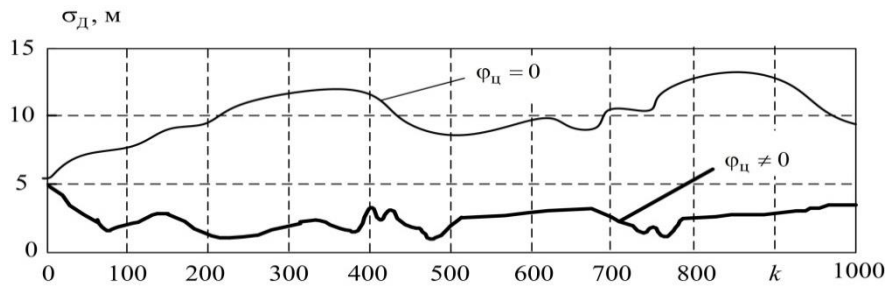


Рис. 2. Изменение среднеквадратической ошибки по дальности

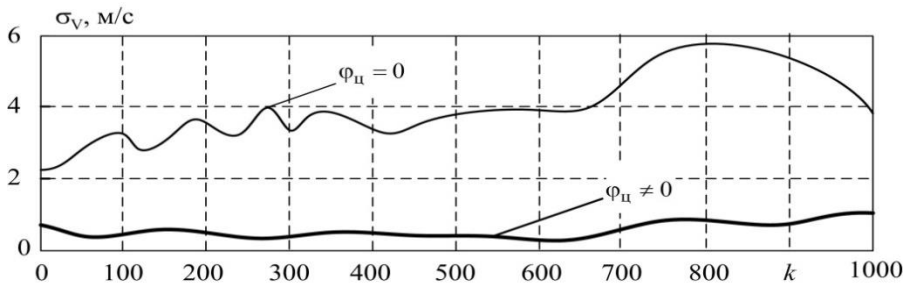


Рис. 3. Изменение среднеквадратической ошибки по скорости

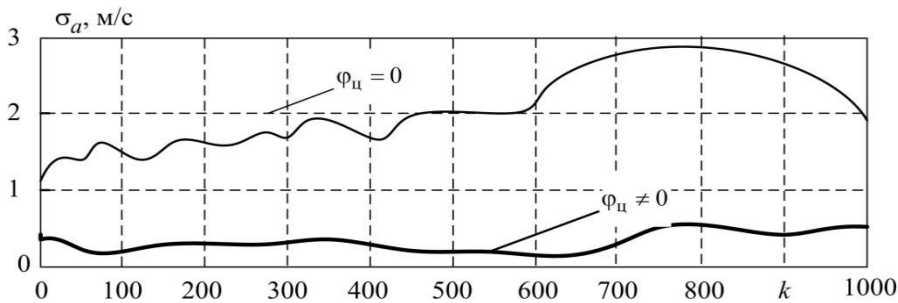


Рис. 4. Изменение среднеквадратической ошибки по ускорению

### **Библиографический список**

1. Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П., Князев И.В. Модель движения наземных целей радиоэлектронного комбинированного прицела. – См. настоящий сборник тезисов.
2. Пудовкин А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах. Научное издание. [Текст]: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. СПб.: «Экспертные решения», 2014 – 256 с.



*Селиванова З.М., Хоан Т.А.*

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(selivanova@mail.jesby.tstu.ru)*

В рассматриваемой информационно-измерительной системе (ИИС) неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств (ТФС) твердых материалов точность системы оценивается по полученной погрешности результатов измерения параметров ТФС материалов (коэффициентов тепло- и температуропроводности). ИИС НК ТФС материалов включает следующие основные блоки и устройства: измерительный зонд (ИЗ), измерительный канал (ИК), устройство обработки измерительной информации (УОИИ) на базе микроконтроллера (МК), блок питания (БП) [1].

При разработке ИИС определены дестабилизирующие факторы (ДФ), которые вносят наибольшую составляющую в погрешность измерения параметров ТФС материалов и влияют на работоспособность ИИС из-за погрешностей, вносимых ИЗ (первичным измерительным преобразователем (ПИП)), ИК (нормирующим усилителем, аналого-цифровым преобразователем), исследуемым материалом (из-за контактного сопротивления, шероховатости поверхности), помехами климатическими (температурой окружающей среды ( $T_{oc}$ ), влажностью ( $W$ )), механическими (из-за вибрации, ускорения).

Функционирование ИИС при воздействии дестабилизирующих факторов в формализованном виде можно представить зависимостью:

$$z = F(y, x, v) + Q, \quad (1)$$
$$y \in Y, x \in X, v \in V$$

где  $z$  – вектор выходных параметров ИИС (параметров ТФС материалов);  $y$  – вектор входных неуправляемых параметров (сигналы с выходов компонентов ИК);  $x$  – вектор входных управляемых параметров (мощность теплового воздействия на исследуемый материал);  $v$  – вектор случайных сигналов ( $T_{oc}$ ,  $W$ );  $Q$  – вектор воздействующих помех при функционировании ИИС.

Для оценки точности функционирования ИИС использован расчетно – аналитический метод. На основе соотношения (1) разработана математическая модель, которая устанавливает зависимость между выходными параметрами точности результатов измерения ТФС мате-

риалов и входными параметрами точности, которые вносят погрешность в результаты измерения параметров ТФС

$$z_H = f(y_{H1}, y_{H2}, \dots, y_{Hm}), \quad (2)$$

где  $z_H$  - номинальное значение выходных параметров ИИС;  $y_{H1}, y_{H2}, \dots, y_{Hm}$  - параметры точности компонентов ИИС (ПИП, ИК).

Выходные параметры ИИС измеряются с погрешностью  $\Delta z_H$ , так как параметры компонентов ИИС вносят погрешности  $\Delta y_{H1}, \Delta y_{H2}, \dots, \Delta y_{Hm}$ :

$$z = z_H + \Delta z_H = f[(y_{H1} + \Delta y_{H1}), (y_{H2} + \Delta y_{H2}), \dots, (y_{Hm} + \Delta y_{Hm})]. \quad (3)$$

Разложим соотношение (3) в ряд Тейлора [2], учитывая только члены первого порядка, поскольку погрешности  $y_H$  и  $z_H$  незначительны по сравнению с величинами входных и выходных параметров:

$$z = f_1(y_{H1}, y_{H2}, \dots, y_{Hm}) + \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial f_1}{\partial y_j} \right) \cdot \Delta y_j. \quad (4)$$

Из выражения (3) следует, что абсолютная погрешность результатов измерения в ИИС:  $\Delta z_H = z - z_H$ .

Тогда

$$\Delta z_H = \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial f_1}{\partial y_j} \right) \cdot \Delta y_j = \sum_{j=1}^m C_j \cdot \Delta y_j, \quad (5)$$

Где  $C_j$  – весовой коэффициент погрешности компонентов ИИС, влияющих на точность выходных параметров ИИС.

Относительная погрешность, по которой оценивается точность ИИС, определяется на основе выражения (5):

$$\delta = \frac{\Delta z_H}{z} = \sum_{j=1}^m C_j \cdot \frac{\Delta y_j}{y}$$

На основе экспериментальных данных ИИС получены аналитические зависимости математической модели (2) выходных параметров точности  $z_H$  от входных параметров  $\Delta y_{Hm}$ .

### ***Библиографический список***

1. Селиванова, З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения теплофизических свойств материалов и изделий / З.М.Селиванова З.М., Самохвалов А.А. // Измерительная техника. 2012. № 9, С. 38-42.
2. Кабанов, Д.А. Статистический эксперимент при анализе точности РЭА / Д.А.Кабанов, Ю.Я.Коротков: учеб. пособие для вузов. – Нижний Новгород: ГПИ им. Жданова, 1984. – 66с.



вичный канал выполнен на ПрВ, поскольку в этом случае для подключения к устройству источника СВЧ-энергии не требуется дополнительный переход с ПрВ на ДГВ. При этом совмещение ДГВ, содержащего обрабатываемый материал, с системой его возбуждения позволяет не только упростить согласование вторичного канала с источниками СВЧ-мощности, на которые влияет изменение диэлектрической проницаемости материала в процессе нагрева, но и значительно сократить продольные размеры такого устройства. Кроме того, размещение диэлектрического материала в области наиболее равномерного и интенсивного поперечного электрического поля обеспечивает равномерность термообработки в его поперечном сечении. Поскольку возбуждение вторичного канала осуществляется с помощью совокупности шлейфовых разветвлений, расположенных на общей широкой стенке связываемых волноводов, обрабатываемый материал не полностью заполняет область над выступами в ДГВ, которые служат направляющими для транспортировки обрабатываемого материала. Наиболее полно предъявляемым к шлейфам требованиям отвечают элементы связи сложных сечений, которые по сравнению со связываемыми волноводами имеют повышенные значения критической длины основной волны и диапазона одноволновой работы. Несмотря на то, что необходимый закон распределения энергии возбуждаемой волны по длине обрабатываемого материала может быть достигнут за счет изменения высоты основного канала по заранее заданному закону, размеров волноводов связи и расположения шлейфов на широких стенках каналов, с технологической точки зрения предпочтение следует отдать первому способу, при котором размеры шлейфов остаются постоянными.

Таким образом, рассмотренный выше многоэлементный делитель мощности на связанных по широкой стенке посредством шлейфовых разветвлений ПрВ и ДГВ может быть использован в качестве СВЧ-устройства для термообработки диэлектрического материала, расположенного во вторичном канале в области связи, поскольку позволяет решить задачу его объемного равномерного нагрева.

### *Библиографический список*

1. Скворцов А. А., Соловьев М. А., Торгашов Е. А. Разработка СВЧ-устройства на связанных волноводах для равномерного нагрева диэлектрических материалов // Математические методы в технике и технологиях: сб. трудов XXV Междунар. науч. конф., Т. 9. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2012. С. 165–167.
2. Сосунов В. А., Скворцов А. А. Передаточные характеристики делителя мощности на двугребневом волноводе // Радиотехника и связь: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2004. С. 162–164.

Туляков Д.С., Фролова Т.А.\*

## THE PROBLEM OF SELECTING OPTIMAL VARIANT THE INVESTMENT PROJECT IN CHEMICAL INDUSTRY

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(frolova@mail.gaps.tstu.ru).

Project selection and estimation of investment attractiveness is one of the main problems in chemical industries [1]. Therefore, the decision maker person must make a choice between the current orders, based on criteria of economic efficiency. Such problem selection is formulated as follows (figure 1 shows algorithm for solving this problem):

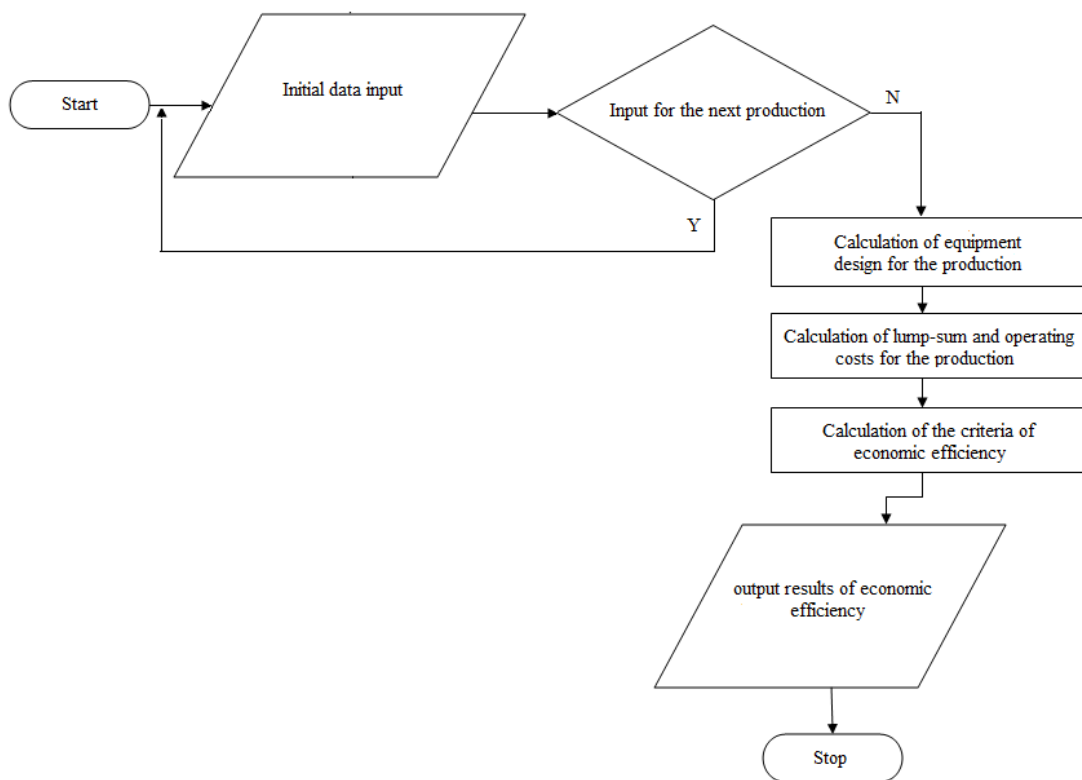


Fig. 1 Algorithm for solving the problem of selecting optimal variant the investment project of chemical industry

It is necessary to find a way to organize small-tonnage chemical production for the given investment project  $S_p = \langle Q^p, T^p \rangle$  for which the criterion of economic efficiency  $NPV > 0 \wedge NPV \rightarrow \max$  with constraints:

- 1) Profitability Index of the project must be greater than unity ( $PI > 1$ ).
- 2) The Pay-Back Period should not be longer than the production contract and period of time, which defines the investor, based on the current financial situation in the company ( $T_{ok} \leq T + \Delta$ ).

3) The planned duration of the release of the product should be less than period the product release contract ( $T_f^p \leq T^p$ ).

4) The volume of production during the planned duration of the release should be equal to the volume of manufacture of the product under contract ( $Q_f^p = Q^p$ ).

Initial data are entered for the production, such as the volume of production, delivery times, as well as information on lump-sum, operating costs and enterprise equipment. Similarly, data are entered for other production. Further, based on this information equipment design is calculated, which is required for production. The next step is the calculation of lump-sum and operating costs to produce a product and based on the results of this calculation criteria of economic efficiency for the production of a specific product are displayed. On the basis of these coefficients the conclusion about the effectiveness of one or another variant of production is and the choice of such an order, which is economically more attractive than others. The solution of this problem will allow selecting the project at an early stage the decision to launch production.

To solve the problem will be planned to develop a decision support system (DSS) evaluating the economic efficiency of chemical production [2, 3]. DSS will help the person making the decision in assessing the cost-effectiveness of a production.

#### *Библиографический список*

1. Daskovskiy V. Assessment of investment projects on the basis of production efficiency / V.Daskovskiy, V. Kiselyov. - National Institute of Economics (NIEC), 2010. – 28 p.

2. Frolova T.A., Tuljakov D.S. Sistema podderzhki prinjatija reshenija ocenki investicionnyh proektov v himicheskoj promyshlennosti // Matematicheskie metody i tehnologii: Materialy XXVII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Tambov, 2014. S. 112-117.

3. Frolova T.A., Tuljakov D.S. Decision support in estimation of the economic efficiency for the chemical industry // MODERN HIGH TECHNOLOGIES. European Journal Of Natural History, 2014. №2, P. 60.

*Тюрин И.В.<sup>1</sup>, Гапонов А.А.*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
( tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru, alex.gudd2014@yandex.ru)*

Системы отопления базируются в основном на системе с постоянным расходом теплоносителя. Расход теплоносителя, потребляемый из внешней сети теплоснабжения, будет расти вместе с напором на тепловом вводе.

В зависимости от уличной температуры ТЭЦ подает теплоноситель в соответствии с температурным графиком для систем теплопотребления зоны обслуживания [1]. В результате большого перепада температур между исходной температурой теплоносителя, подаваемого от ТЭЦ и температурой теплоносителя в подающем трубопроводе на входе отопительной системы возникает сложность определения реальной потребности в тепле конкретных зданий. Большая инерционность систем центрального теплоснабжения, при регулировании температуры в подающем трубопроводе от ТЭЦ, приводит к большим тепловым потерям из-за неравномерного распределения тепла как между зданиями, так и внутри них.

Так как на объем расхода теплоносителя влияет гидравлическое сопротивление отопительной системы, то изменяя его можно добиться некоторой экономии по расходу объемов теплоносителя. Такие действия приведут к экономии средств, но не к экономии тепла. Экономия тепла будет иметь место в случае оптимального управления системой отопления, за счет изменения пропускной способности системы в зависимости от температуры теплоносителя на выходе из здания.

Изменять пропускную способность отопительной системы способен жидкостный термостат (ЖТ), установленный на выходе теплоносителя из системы отопления [2]. Принцип его работы состоит в следующем. При повышении температуры теплоносителя на выходе из здания ЖТ уменьшает пропускную способность отопительной системы, а с понижением температуры обратного теплоносителя - увеличивает. При таком управлении системой отопления теплоноситель равномерно распределяется по этажам здания, поддерживая комфортную температуру воздуха в помещениях. Исключая перерасход объемов теплоносителя можно добиться существенной экономии потребления тепловой энергии отдельным зданием.

---

<sup>1</sup> Автор частично поддержан грантом РФФИ 14-08-00198

В качестве примера на рис. 1 показаны графики изменения величины потребляемой тепловой энергии в зависимости от температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах и изменяющейся температуры окружающего воздуха для традиционных отопительных систем и систем отопления, использующих ЖТ.

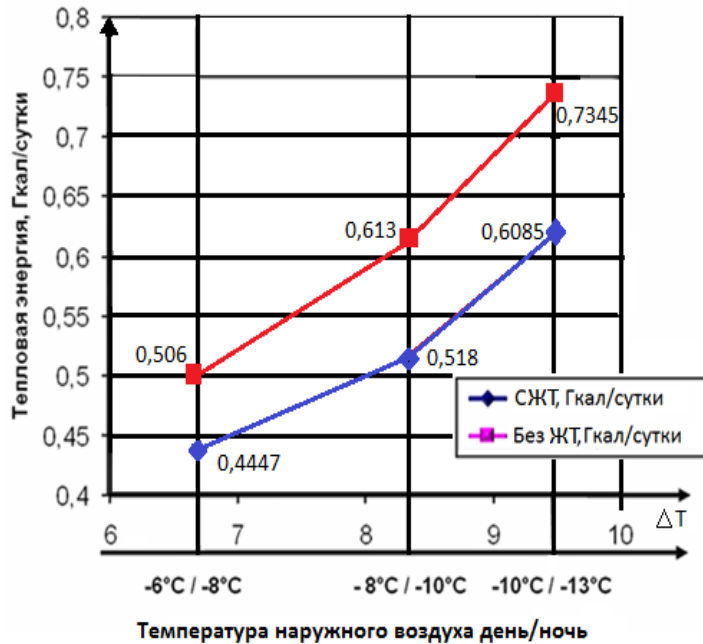


Рис. 1. Среднесуточный расход тепловой энергии традиционных систем отопления и систем с ЖТ

Как видно из рис. 1, при установке ЖТ среднесуточный расход тепловой энергии снижается в среднем на 0,096 Гкал.

#### *Библиографический список*

1. Козин, В.Е. Теплоснабжение: учеб. пособие для студентов вузов / В.Е. Козин, Т.А. Левина. - М.: Высш. шк., 1980. – 408 с.
2. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Т.М. Башта. - М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.



Тюрин И.В.<sup>1</sup>, Гапонов А.А.

## УПРАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТНЫМ ТЕРМОСТАТОМ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕЖИМЕ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru, alex.gudd2014@yandex.ru).

Ресурсосберегающие отопительные системы на основе жидкостного термостата (ЖТ) [1] позволяют поддерживать комфортный уровень температуры воздуха в помещениях здания в пределах, определенных параметрами настройки ЖТ в течении всей зимы. Однако осенью и весной, чтобы избежать чрезмерного перегрева отапливаемого помещения, необходимо выполнять перенастройку термостата.

Настройка ЖТ происходит путем воздействия на гайку 3 (см. рис.1), в результате чего перемещение поршня 4 определяет новое положение штока 5, определяющее сбалансированный расход теплоносителя на выходе 2 относительно поступающего на вход 1 ЖТ, что в конечном итоге приводит к необходимому изменению температуры воздуха в помещении.

Перенастройку ЖТ удобно проводить в автоматизированном режиме с помощью удаленного доступа. Удаленный доступ возможно обеспечить как с помощью существующих проводных компьютерных сетей, так и мобильной связи, а на небольших расстояниях - и при помощи беспроводных сетевых технологий, использующих радиоканал, таких как *WirelessEthernet* (*Wi-Fi*), *Zig-Bee* или *Bluetooth*. Наиболее распространенными беспроводными компьютерными сетями являются сети *WirelessEthernet*, построенные на основе различных версий международного стандарта *IEEE 802.11*, включая спецификации *IEEE 802.11a*, *IEEE 802.11b*, *IEEE 802.11g* и *IEEE 802.11n*. Кроме *WirelessEthernet*, существуют и другие беспроводные сетевые технологии, используемые в персональных сетях *WPAN*. Ключевой особенностью таких сетей является очень малый радиус охвата, что, впрочем, вполне достаточно для того, чтобы осуществить связь с объектом при небольшой (до 100 м) удаленности оператора. Наиболее распространенными беспроводными технологиями для сетей *WPAN* являются *Bluetooth* и *Zig-Bee*, спецификация которых приведена в международных стандартах *IEEE 802.15.1* и *IEEE 802.15.4* соответственно [2].

---

<sup>1</sup> Автор частично поддержан грантом РФФИ 14-08-00198

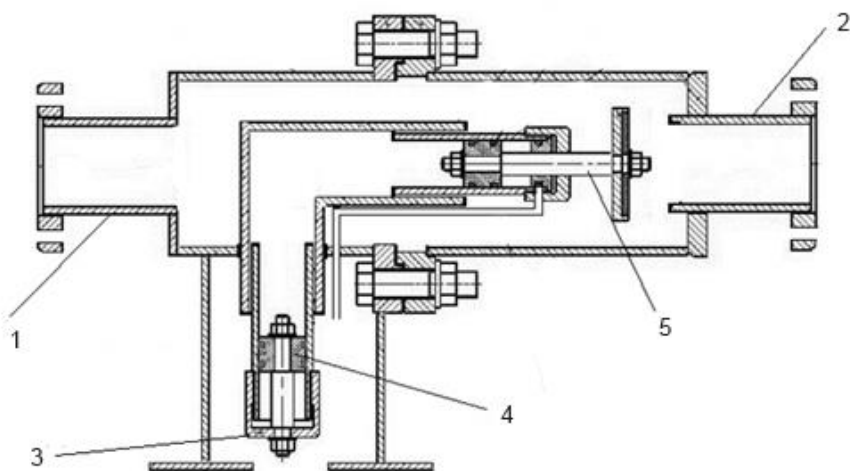


Рис. 1. Устройство жидкостного термостата

Указанные стандарты беспроводных сетей предусматривают использование открытых диапазонов частот, что позволяет организовать сеть для удаленного мониторинга и переналадки режимов работы отопительной системы как внутри здания, так и между комплексом зданий. В этом случае настройка ЖТ производится с помощью сервопривода на основе собранных телеметрических данных о температуре воздуха в помещении и температуры теплоносителя на входе и выходе системы отопления.

#### *Библиографический список*

1. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Т.М. Башта. - М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
2. Шахнович, И.В. Современные технологии беспроводной связи / И.В. Шахнович. -М.: Техносфера, 2006. –288 с.

*Тюрин И. В.<sup>1</sup>, Гапонов А.А.*

### **ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ЭНЕРГОЕМКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
( gaponow.sanek12@gmail.com, tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru).*

Актуальность задач энергосбережения определяется, в первую очередь, отечественными и международными требованиями к экономичности и экологичности предприятий. На промышленных предпри-

<sup>1</sup> Автор частично поддержан грантом РФФИ 14-08-00198

иях различного профиля широко используется разнообразное энергоёмкое оборудование. Значительное число электрических тепловых аппаратов представляют собой нелинейные системы с распределёнными параметрами, например, многозонные электрические печи и многосекционные сушилки. При решении задач управления эти объекты рассматриваются как сложные или многомерные. В зарубежных источниках подобные объекты получили название ММО (Multi Input Multi Output)-систем [1].

Примером такого объекта является  $n$ -зонная электрическая печь, в которой в качестве входов рассматриваются управляющие воздействия  $u_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , подаваемые на нагревательные элементы зон, а выходы - температуры  $y_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  в центрах зон. Изменение управления  $u_i$  влечет изменение температуры  $y_i$ , а также температур в соседних зонах  $y_{i-1}$  и  $y_{i+1}$ .

Нелинейный характер модели динамики применительно к одной зоне печи обусловлен изменением параметров модели в зависимости от температуры. Для учета данного обстоятельства модель динамики в широком диапазоне температур (более 1000 °С) рассматривается как многостадийная и записывается в виде системы линейных дифференциальных уравнений с разрывной правой частью [2]. Изменение правых частей происходит при переходе от одного температурного диапазона к другому.

Основная цель энергосберегающего управления - минимизировать затраты электрической энергии при функционировании печи. Для достижения данной цели рассматриваются две задачи — энергосберегающий разогрев печи и оптимальная стабилизация режимов работы, задаваемых технологическим регламентом.

Первая задача формулируется следующим образом. Требуется перевести объект из начального состояния в момент времени  $t_0$ , характеризующее значением вектора фазовых координат  $z(t_0)$ , в конечное  $z(t_k)$  за время  $\Delta t = t_k - t_0$  при ограничении на управления и минимуме суммарных затрат энергии. Таким образом, это задача оптимального управления при закреплённых концах траектории изменения вектора фазовых координат, фиксированном временном интервале, наложенных ограничениях на векторное управление и минимизируемом функционале в виде затрат энергии.

Для решения данной задачи при синтезе управляющих воздействий используется комбинированный метод, основанный на принципе максимума, динамическом программировании и методе синтеза-

рующих переменных [3]. Принцип максимума применяется для определения видов функции оптимального управления, динамическое программирование - для расчета времен переключения между стадиями, а метод синтезирующих переменных - для оперативного вычисления параметров управляющих воздействий. В модели динамики объекта при решении данной задачи влияния соседних зон рассматриваются как возмущающие воздействия.

Вторая задача решается методом аналитического конструирования оптимальных регуляторов, модель динамики здесь содержит матрицы параметров, учитывающие взаимное влияние зон.

Новым элементом системы управления является формирователь модели динамики, наличие которого позволяет своевременно изменять параметры модели при переходе от одной стадии разогрева к другой.

### *Библиографический список*

1. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Греббе, М.Э. Сальгадо. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний. 2004. 911 с.
2. Муромцев Д.Ю., Тюрин И.В. Энергосберегающее управление сложными объектами // Промышленные АСУ и контроллеры. 2005. № 11. С. 24-28
3. Муромцев Д.Ю., Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Синтез энергосберегающего управления многостадийными процессами комбинированным методом // Автоматика и телемеханика. 2002. № 3. С. 169 - 178.

*Ушаков А.В., Чернышов В.Н., Баршутин С.Н.*

### **МОДЕЛЬ ПРОВОДИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИМЕСЯМИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(aspirs@yandex.ru).*

Проводимые исследования наноструктурированных композитов, состоящих из полимерной матрицы и нульмерных объектов, в виде наночастиц равномерно распределённых по полимеру, выявили наличие на нескольких участках вольтамперной характеристики такой структуры отрицательного дифференциального сопротивления. Математическое описание поведения этой структуры при наложении электрического поля возможно только с привлечением математических методов квантовой механики.

Рассмотрим вопросы проводимости структуры, состоящей из двух металлических электродов, между которыми сформирован слой

диэлектрического полимерного материала с примесью размером от десятых долей до единиц нанометров.

Будем считать, что система идеальна, примеси встречаются лишь с однотипным распределением энергетических уровней. Результирующий ток в структуре будем описывать при помощи туннельного гамильтониана [1]. Рассмотрим структуру с малой концентрацией примесей. Механизм переноса заряда представим следующим образом. Инжектированные электронами внешним электрическим полем переносятся из металла и проходят сквозь структуру (барьерный слой с примесями). В случае совпадения энергии уровня ферми на левом электроде с энергетическим уровнем примесей ток многократно повышается, что отражается на вольт-амперной характеристике виде пика.

Ниже предложенная математическая модель справедлива лишь при малых концентрациях примесей, т.е. должно выполняться условие  $N \ll d^{-2} \sqrt{2mE_0}$ . Геометрически это означает, что расстояние  $a$  между примесями должно быть больше чем толщина диэлектрика  $b$  рис.1.

Математическое описание механизма переноса заряда заключается в том, что элементарной ячейкой, переносящей заряд, мы считаем примесь, заключенную в диэлектрик. Количество таких ячеек в нашей структуре зависит от концентрации фуллеренов в слое диэлектрика. Но концентрация не должна превысить условия, при котором  $a > b$ .

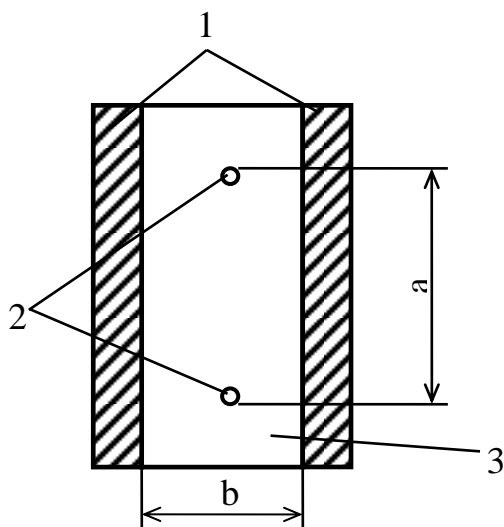


Рис.1 Структура исследуемой ячейки:

1- электроды, 2 – примесь, 3 – диэлектрическая матрица,  $a$  – расстояние между частичками примеси,  $b$  – расстояние между электродами.

Таким образом, ток будем определять по количеству заряженных частиц пройденных через структуру за единицу времени:

$$\hat{I} = e\hat{N}' = -e \sum_p [a_p^+ a_p, H]$$

где  $I$  – ток,  $e$  – заряд электрона,  $N$  – количество электронов прошедших через структуру за единицу времени,  $p$  – значение импульса частицы,  $a_p^+$  – оператор рождения заряженной частицы,  $a_p$  – оператор уничтожения заряженной частицы,  $H$  – гамильтониан.

Решение данного уравнения было проведено в [1] при условии  $a > b$ :

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_1 = \frac{4e}{(2\pi)^3} \sum_i \int \frac{\Gamma_i [f_1(\varepsilon_1) - f] |t_{1i}|^2}{[\varepsilon_1 - E_0 + \mu_i - \mu_1]^2 + \Gamma_i^2} \cdot \frac{d\varepsilon_1}{V_\perp} d^2 p_\parallel$$

$$I_2 = \frac{2e}{(2\pi)^6} \sum_i \int \frac{|T_{1i}|}{V_\perp} \cdot \left\{ \frac{\Gamma_i [(1+N)f_i(1-f_1) - Nf_1(1-f_i)]}{[\varepsilon_1 - E_0 + \omega(q) - \mu_1 + \mu_i]^2 + \Gamma_i^2} - \frac{\Gamma_i [(1+N)f_1(1-f_i) - Nf_i(1-f_1)]}{[\varepsilon_1 - E_0 - \omega(q) - \mu_1 + \mu_i]^2 + \Gamma_i^2} \right\} d\varepsilon_1 d^2 p_\parallel d^3 q$$

где  $\Gamma_i, f_1, \varepsilon_1, \omega(q), \mu_i \dots$  определены в [1].

#### **Библиографический список**

1. Брагинский Л.С., Баскин Э.М. Неупругое резонансное туннелирование// Физика твердого тела, 1998, Т.40, №6 С. 1151-1155.

**Фащиленко В.Н., Решетняк С.Н., Василенко М.Ю.**

### **ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ РЕЖИМ**

*Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», Россия, г. Москва  
(e-mail: reshetniak@nbox.ru)*

Развитие систем управления электроприводов горных машин и механизмов предусматривает разработку средств с использованием современной техники, направленных на снижение себестоимости и затрат. Одним из направлений разработки систем энерго – и ресурсосберегающего электропривода является исследование электромеханических систем с распределенными параметрами для последующего эффективного демпфирования [1], или введения такой системы в энергоэффективный резонансный режим [3].

Решение этой научной проблемы не потеряло актуальность, ввиду оптимизации настроек системы электропривода горных машин

по критерию максимальной производительности и минимального потребления электрической энергии.

Для этих целей используются системы электропривода на базе нечетких регуляторов [2], а также PID-контроллеров. Проведенные в [4] исследование настроек PID-контроллеров позволяют провести настройку системы управления электроприводом для введения в резонансный режим.

Для настройки PID-контроллеров необходимо провести исследование влияния параметра постоянной времени дифференциальной части от частоты возмущающих воздействий при различных гармониках (рис.1). Анализ графических зависимостей позволяет сделать заключение об отсутствии возможности настройки регулятора на резонансную частоту (кроме первой гармоники) т.к. при различных частотах возмущающего воздействия от 15 до 30  $\text{с}^{-1}$ , величина постоянной времени дифференциальной части PID-контроллера располагается в отрицательной части. Настройку регулятора на частоты возмущающего воздействия ниже 15  $\text{с}^{-1}$ , проводить нет необходимости т.к., при добыче полезного ископаемого такие частоты обычно отсутствуют.

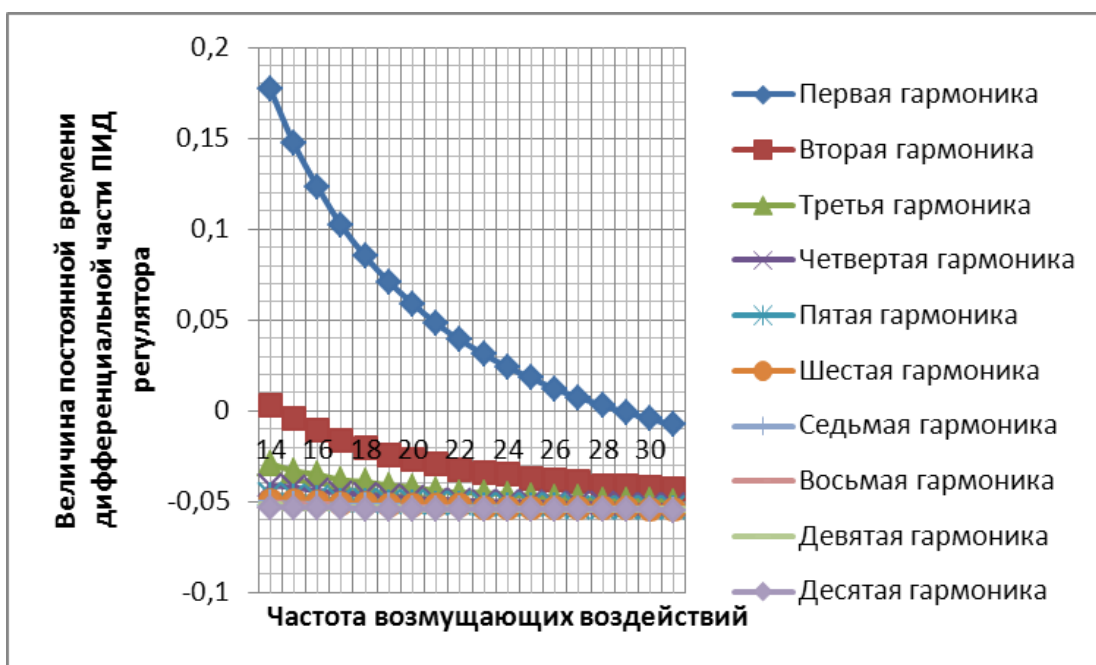


Рис. 1. Зависимость параметра постоянной времени дифференциальной части ПИД регулятора от частоты возмущающих воздействий при настройке на электромеханических резонанс

В заключении следует отметить, что применение энергоэффективного резонансного режима работы системы электропривода ряда горных машин, позволит в значительной степени снизить себестоимость добычи полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом.

### *Библиографический список*

1. Благодаров Д.А., Костин А.А., Резниковский А.М., Сафонов Ю.М., Черников С.Ю. Развитие систем управления электроприводами с упругими связями. Электротехника. 2015. № 1, С. 26 – 29
2. Благодаров Д.А., Озеров С.В., Сафонов Ю.М., Черников С.Ю. Совершенствование электропривода с нечетким регулятором в системах с переменным моментом инерции // Электропривод и системы управления. Труды «МЭИ». Вып. 688. – М.: Издательство МЭИ, 2012. – С. 47 – 53.
3. Фащиленко В.Н. Теория управляемого электромеханического резонанса. Часть 1: Монография. - Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 101 с.
4. Fashilenko V.N., Reshetnyak S.N. Energy efficient resonant mode of electromechanical system mining machines based on management structures with PID-controller. Сборник материалов XXIII международного научного симпозиума «Неделя горняка 2015». М.: Издательский дом НИТУ МИСиС, 2015 г. 608 – 612 с.

*Хвостов А.А., Ряжских В.И., Иванов А.В., Посанчуков Д.П.*

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОСНОВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА КИСЛОРОДНО-ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**

*Военно-воздушная академия имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(г. Воронеж)(khvtol1974@yandex.ru)*

Мобильные кислородно-зарядные станции (КЗС) производят кислород в полевых условиях и снабжают им войска и лечебные учреждения. Одна из основных проблем эксплуатации КЗС заключается в смещении режима их работы от оптимального и снижении производительности установки. Это вызвано целым спектром причин, обусловленных как дрейфом параметров оборудования вследствие износа, так и наличием внешних возмущений в виде состава, температуры, влажности исходного сырья и температурных условий эксплуатации. Одним из способов решения этой проблемы является стабилизация режимов работы КЗС за счет автоматического регулирования основных потоков. Для обоснования алгоритмов управления необходимы математические модели функционирования теплообменного оборудования, описывающие динамику.

В основу предлагаемой математической модели положены балансовые соотношения для тепловых потоков от отбросного газа к стенке воздушной трубы  $Q^{on.cm}$ , теплоотдачи от отбросного газа к стенке и от стенки к воздуху  $Q^{cm}$ , затем к воздуху  $Q^{cm.возд}$  и к продук-



ционной трубке  $Q^{\text{возд.сепд}}$ , а также к стенке корпуса теплообменника  $Q^{\text{ст.корп}}$ , теплоотдачи от стенки корпуса к теплоизоляции  $Q^{\text{ст.корп.изол}}$  и от теплоизоляции к окружающей среде  $Q^{\text{изол.окр}}$  [1]. Межтрубное пространство для отбросного газа рассматривается как реактор идеального смешения (РИС), а трубное пространство для сжатого воздуха - как реактор идеального вытеснения (РИВ). Отбросной газ поступает в межтрубное пространство с расходом  $G_m^{\text{он}}$  и температурой  $T_{\text{нач}}^{\text{он}}$ , воздух высокого давления с расходом  $G_m^{\text{возд}}$  и температурой  $T_{\text{нач}}^{\text{возд}}$ .

Полученная математическая модель основного теплообменника позволила описать динамику изменения основных параметров его работы (температур отбросного газа и воздуха высокого давления), использовать её в качестве имитационной при разработке алгоритмов управления теплообменником.

Математическая модель функционирования основного теплообменника КЗС имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{aligned} V^{\text{изол}} \rho^{\text{изол}} C_p^{\text{изол}} \frac{dT^{\text{изол}}(t)}{dt} &= K^{\text{ст.корп}} F^{\text{ст.корп.изол}} [T^{\text{ст.корп}}(t) - T^{\text{изол}}(t)] - K^{\text{изол.окр}} F^{\text{изол.окр}} [T^{\text{ст.корп}}(t) - T^{\text{окр}}] \\ V^{\text{ст.корп}} \rho^{\text{ст.корп}} C_p^{\text{ст.корп}} \frac{dT^{\text{ст.корп}}(t)}{dt} &= \alpha^{\text{он}} F^{\text{он.корп}} [T^{\text{он}}(t) - T^{\text{ст.корп}}(t)] - K^{\text{ст.корп}} F^{\text{ст.корп.изол}} [T^{\text{ст.корп}}(t) - T^{\text{изол}}(t)] \\ V^{\text{он}} \rho^{\text{он}} C_p^{\text{он}} \frac{dT^{\text{он}}(t)}{dt} &= G_m^{\text{он}} C_p^{\text{он}} [T_{\text{ex}}^{\text{он}} - T^{\text{он}}(t)] - \alpha^{\text{он}} F^{\text{он}} \left[ T^{\text{он}}(t) - \frac{1}{L} \int_0^L T^{\text{ст}}(t, l) dl \right] - \alpha^{\text{он}} F^{\text{он.корп}} [T^{\text{он}}(t) - T^{\text{ст.корп}}(t)] \\ S^{\text{возд}} \rho^{\text{возд}} C_p^{\text{возд}} \frac{\partial T^{\text{возд}}(t, l)}{\partial t} &= -G_m^{\text{возд}} C_p^{\text{возд}} \frac{\partial T^{\text{возд}}(t, l)}{\partial l} + \pi d^{\text{возд}} \alpha^{\text{возд}} [T^{\text{ст}}(t, l) - T^{\text{возд}}(t, l)] - \\ &- \alpha^{\text{возд}} \pi d^{\text{сепд}} [T^{\text{возд}}(t, l) - T^{\text{сепд}}(t, l)] \\ S^{\text{ст}} \rho^{\text{ст}} C_p^{\text{ст}} \frac{\partial T^{\text{ст}}(t, l)}{\partial t} &= \alpha^{\text{он}} \pi d^{\text{он}} [T^{\text{он}}(t) - T^{\text{ст}}(t, l)] - \alpha^{\text{возд}} \pi d^{\text{возд}} [T^{\text{ст}}(t, l) - T^{\text{возд}}(t, l)] \\ S^{\text{нр.мп}} \rho^{\text{нр.мп}} C_p^{\text{нр.мп}} \frac{\partial T^{\text{нр.мп}}(t, l)}{\partial t} &= \alpha^{\text{возд}} \pi d^{\text{нр.мп}} [T^{\text{возд}}(t, l) - T^{\text{нр.мп}}(t, l)] - \alpha^{\text{он.нр.мп}} \pi d^{\text{он.нр.мп}} [T^{\text{нр.мп}}(t, l) - T^{\text{он.нр.мп}}(t, l)] \\ S^{\text{он.нр.мп}} \rho^{\text{он.нр.мп}} C_p^{\text{он.нр.мп}} \frac{\partial T^{\text{он.нр.мп}}(t, l)}{\partial t} &= -G_m^{\text{он.нр.мп}} C_p^{\text{он.нр.мп}} \frac{\partial T^{\text{он.нр.мп}}(t, l)}{\partial l} + \pi d^{\text{он.нр.мп}} \alpha^{\text{он.нр.мп}} [T^{\text{нр.мп}}(t, l) - T^{\text{он.нр.мп}}(t, l)] \end{aligned} \right.$$

н.у.  $T^{\text{изол}}(0) = T_{\text{нач}}^{\text{изол}}$ ;  $T^{\text{ст.корп}}(0) = T_{\text{нач}}^{\text{ст.корп}}$ ;  $T^{\text{он}}(0) = T_{\text{нач}}^{\text{он}}$ ;  $T^{\text{возд}}(0, l) = \varphi_{\text{нач}}^{\text{возд}}(l)$ ;  $T^{\text{ст}}(0, l) = \psi_{\text{нач}}^{\text{ст}}(l)$ ;  
 $T^{\text{нр.мп}}(0, l) = \psi_{\text{нач}}^{\text{нр.мп}}(l)$ ;  $T^{\text{он.нр.мп}}(0, l) = \psi_{\text{нач}}^{\text{он.нр.мп}}(l)$ .

з.у.  $T^{\text{возд}}(t, 0) = \varphi_{\text{ex}}^{\text{возд}}(t)$ ;  $T^{\text{ст}}(t, 0) = \psi_{\text{ex}}^{\text{ст}}(t)$ ;  $T^{\text{нр.мп}}(t, 0) = \psi_{\text{ex}}^{\text{нр.мп}}(t)$ ;  $T^{\text{он.нр.мп}}(t, 0) = \psi_{\text{ex}}^{\text{он.нр.мп}}(t)$

$$\frac{1}{K^{\text{ст.корп}}} = \frac{\delta^{\text{ст.корп}}}{\lambda^{\text{ст.корп}}}, \quad \frac{1}{K^{\text{изол.окр}}} = \frac{1}{\alpha^{\text{изол.окр}}} + \frac{\delta^{\text{изол}}}{\lambda^{\text{изол}}}$$

где  $V^{\text{изол}}$ ,  $V^{\text{ст.корп}}$ ,  $V^{\text{он}}$  - объем изоляции, стенки корпуса и отбросного газа соответственно;  $\rho^{\text{изол}}$ ,  $\rho^{\text{ст.корп}}$ ,  $\rho^{\text{он}}$ ,  $\rho^{\text{возд}}$ ,  $\rho^{\text{ст}}$ ,  $\rho^{\text{нр.мп}}$ ,  $C_p^{\text{изол}}$ ,  $C_p^{\text{ст.корп}}$ ,  $C_p^{\text{он}}$ ,  $C_p^{\text{возд}}$ ,  $C_p^{\text{ст}}$ ,  $C_p^{\text{нр.мп}}$  - плотность и удельная теплоемкость изоляции, стенки корпуса, отбросного газа, воздуха, стенки воздушной трубки и продукционной трубки соответственно;  $1/K^{\text{ст.корп}}$ ,  $1/K^{\text{изол.окр}}$  - термические сопротивления переносу теплоты через стенку и теплоизоляцию,  $\alpha^{\text{он}}$ ,  $\alpha^{\text{возд}}$  - коэффициенты теплоотдачи от отбросного потока и воздуха,

$F^{ст.корп.изол}$ ,  $F^{изол.окр}$ ,  $F^{оп.корп}$ ,  $F^{оп}$ ,  $F^{оп.корп}$ , - площадь поверхности теплообмена между стенкой и изоляцией, изоляцией и окружающей средой, отбросным потоком и корпусом, отбросным потоком и воздушной трубой,  $T^{окр}$ ,  $T^{изол}$ ,  $T^{ст.корп}$ ,  $T^{оп}$ ,  $T^{ст}$ ,  $T^{возд}$ ,  $T^{пр.тр}$ ,  $T^{оп.пр.тр}$  - температуры окружающей среды, изоляции, стенки корпуса, отбросного потока, стенки воздушной трубы, воздуха, продукционной трубки и отбросного газа в продукционной трубке соответственно,  $S^{возд}$ ,  $S^{ст}$ ,  $S^{пр.тр}$ ,  $S^{оп.пр.тр}$  - площадь сечения воздушного канала, стенки воздушной трубы, продукционной трубки и отбросного газа в продукционной трубке.

### ***Библиографический список***

1. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. – СПб.: ХИМИЗДАТ. – 2009. – 544 С.

***Хвостов А.А., Слюсарев М.И., Иванов А.В., Козлов А.В.***

## **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ОСНОВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА КИСЛОРОДНО-ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ**

*Военно-воздушная академия имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(г. Воронеж)(khvtol1974@yandex.ru)*

Одна из основных проблем эксплуатации мобильных кислородно-зарядных станций (КЗС) заключается в смещении режима их работы от оптимального и снижении производительности установки. Это вызвано целым спектром причин, обусловленных как дрейфом параметров оборудования вследствие износа, так и наличием внешних возмущений в виде состава, температуры, влажности исходного сырья и температурных условий эксплуатации. Одним из способов компенсации температурных воздействий при эксплуатации оборудования является выбор таких параметров его теплоизоляции, которые обеспечивали бы заданный уровень робастности в условиях экстремального изменения температур внешней среды. Для обоснования выбора необходимы математические модели функционирования теплообменного оборудования, описывающие динамику объекта и учитывающие параметры теплоизоляции.

В основу математической модели положены балансовые соотношения для тепловых потоков от отбросного газа к стенке воздушной трубы  $Q^{оп.ст}$ , теплоотдачи от отбросного газа к стенке и от стенки к воздуху  $Q^{ст}$ , затем к воздуху  $Q^{ст.возд}$  и к продукционной трубке

$Q^{возд.серед}$ , а также к стенке корпуса теплообменника  $Q^{оп.ст.корп}$ , теплоотдаче от стенки корпуса к теплоизоляции  $Q^{ст.корп.изол}$  и от теплоизоляции к окружающей среде  $Q^{изол.окр}$  [1]. Межтрубное пространство для отбросного газа рассматривается как реактор идеального смешения (РИС), а трубное пространство для сжатого воздуха - как реактор идеального вытеснения (РИВ). Отбросной газ поступает в межтрубное пространство с расходом  $G_m^{он}$  и температурой  $T_{нач}^{он}$ , воздух высокого давления с расходом  $G_m^{возд}$  и температурой  $T_{нач}^{возд}$ .

Полученная математическая модель основного теплообменника позволила описать динамику изменения основных параметров его работы (температур отбросного газа и воздуха высокого давления, рис. 1), использовать её в качестве имитационной при оценке влияния конструктивных параметров аппарата на эффективность работы. Например, провести анализ недорекуперации вследствие эксплуатации установки при экстремальных температурах окружающего воздуха при разных вариантах теплоизоляции.

Было проведено исследование работы аппарата при температурах окружающего воздуха 250, 280, 310 и 350 К при времени работы с момента запуска установки 10000 сек (рис. 1а). Видно, что эффективность работы теплообменника может снижаться вследствие чувствительности к изменению температуры окружающего воздуха.

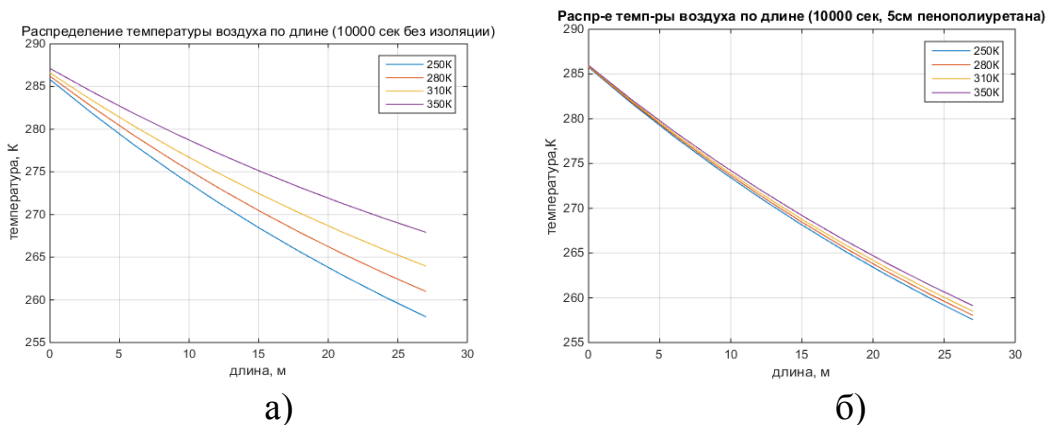


Рис. 1

Введение слоя теплоизоляции из пенополиуретана [2] толщиной 1 см позволяет существенно снизить потери, а теплоизоляция в 5 см - снижает показатель чувствительности к колебаниям температуры окружающей среды до значения 0,083 (рис. 1б).

Таким образом, полученная математическая модель основного теплообменника КЗС может быть использована для выбора параметров теплоизоляции, позволяющих добиться такой чувствительности к

колебаниям температуры окружающего воздуха, которая будет считаться приемлемой при эксплуатации станции в условиях значительных перепадов температур.

### Список литературы

1. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. – СПб.: ХИМИЗДАТ. – 2009. – 544 С.
2. Архаров А.М. Криогенные системы: В 2 т. Т. 2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем / А.М. архаров, И.А. Архаров, В.П. Беляков и др.; Под общ. ред. А.М. Архарова и А.И. Смородина. - М.: Машиностроение, 1999. - 720 с.

*Хоан Т.А., Селиванова З.М.*

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(selivanova@mail.jesby.tstu.ru)*

Точное функционирование информационно-измерительных систем (ИИС) осуществляется при обеспечении точности структурных компонентов измерительного канала (ИК). Для анализа и оценки точности ИК необходимо выполнить математическое моделирование ИК ИИС, что является актуальной и важной задачей при разработке ИИС.

ИИС, предназначенная для неразрушающего контроля (НК) параметров теплофизических свойств (ТФС) твердых материалов, включает следующие компоненты измерительного канала: систему первичных измерительных преобразователей (СПИП), коммутатор аналоговых сигналов (КАС), нормирующий усилитель (НУ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), блок формирования тепловых воздействий (БФТВ), микроконтроллер (МК) [1]. Структурная схема измерительного канала ИИС НК ТФС исследуемых материалов (ИМ) приведена на рис. 1.

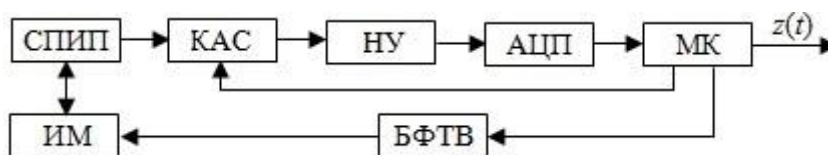


Рис. 1. Структурная схема ИК ИИС НК ТФС материалов

Математическая модель ИК ИИС [2] представляет собой описание преобразования линейным стационарным оператором измерительной информации в ИК, поступающей с СПИП на усилитель и на вход МК:

$$z(t) = \int_0^t C(t-\tau)y(\tau)d\tau + V_{\text{ДФ}}(t), \quad (1)$$

где  $z(t)$  - сигнал на выходе ИК;  $C(t-\tau)$ - функция веса компонентов ИК;  $y(\tau)$  - входной сигнал ИК;  $V_{\text{ДФ}}(t)$ - аддитивная составляющая сигнала  $z(t)$ , зависящая от воздействующих дестабилизирующих факторов (ДФ) – температура и влажность окружающей среды, которая является стационарным случайным эргодическим процессом.

Необходимо обеспечить приём и обработку информации, поступающей с датчиков СПИП, усилителя и АЦП в достоверном виде с минимальной погрешностью. Как показывают результаты метрологического анализа результатов измерения структурных компонентов ИК, доминирующим компонентом, который вносит наибольшую погрешность в результаты измерения ИИС, является усилитель.

Предложена функциональная модель усилителя ИК:

$$U_{\text{ВЫХ}} y = f(U_{\text{ВХ}}, D, \Delta K, N, R_{\text{ВХ}}, R_{\text{ВЫХ}}, R_{\text{Н}}, U_{\text{П}}, F_{\text{П}}, I), \quad (2)$$

где  $U_{\text{ВЫХ}} y$  - выходное напряжение усилителя;  $U_{\text{ВХ}} = \{U_{\text{ВХ}} i\}$ ,  $i=1, n$  – множество измерительных входных сигналов;  $D = \{D_i\}$ ,  $i=1, m$  – множество воздействующих ДФ (температура окружающей среды  $T_{\text{ОС}}$  и влажность);  $\Delta K$  – нестабильность коэффициента усиления;  $N$  – «дрейф» нуля НУ;  $R_{\text{ВХ}}$  – входное сопротивление НУ;  $R_{\text{ВЫХ}}$  – выходное сопротивление НУ;  $R_{\text{Н}}$  – нестабильность сопротивления нагрузки;  $U_{\text{П}}$  – нестабильность напряжения питания НУ;  $F_{\text{П}}$  – нестабильность выходного напряжения НУ;  $I$  – искажения в усилителе.

В качестве примера реализации модели (1) на рис.2 приведены зависимости  $U_{\text{ВЫХ}} y = f(T_{\text{ОС}})$  при измерении ИИС на линолеуме.

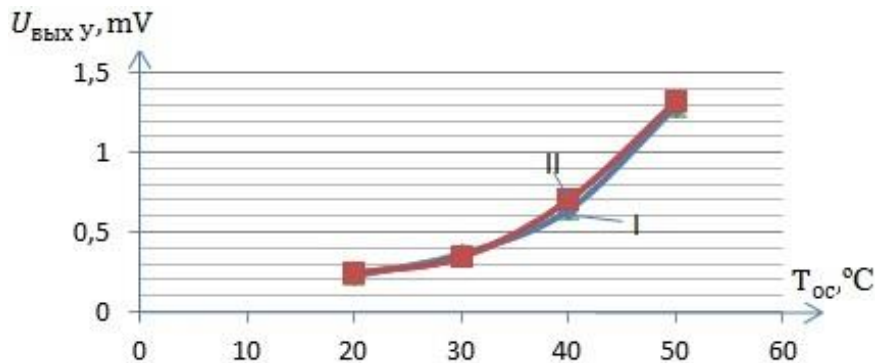


Рис. 2. Экспериментальная (I) и аппроксимирующая (II) зависимости

$$U_{\text{ВЫХ}} y = 0.0013(T_{\text{ОС}})^2 - 0.0551T_{\text{ОС}} + 0.8264$$

Создан программный модуль для реализации предложенных моделей (1) и (2) при проектировании ИК, что позволило повысить точность измерительного канала ИИС НК ТФС материалов.

### *Список литературы*

1. Селиванова, З.М. Проектирование интеллектуальных информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов. / З.М. Селиванова, А.А. Самохвалов: Вестник ТГТУ. – 2010. - Т.16, №2. - С. 273-283.
2. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов. МИ 222 – 81. Москва. 1981.

*Чернышов Н.Г.*

## **СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(n-c-h@rambler.ru)*

Недостатками современных технических систем управления энергоёмкими объектами является отсутствие функции синтеза в реальном масштабе времени энергосберегающих управляющих воздействий, сложная программная и аппаратная реализация заложенных алгоритмов управления. Рассмотрим решение данной задачи на примере объекта двойного интегрирования.

Технической задачей является повышение энергетической эффективности энергоёмкого оборудования с минимумом затрат энергии, микросхемотехники, а также снижение затрат на программное обеспечение системы оптимального управления объектами двойного интегрирования, возможность автоматического принятия решений и реализация адаптивных управляющих воздействий по результатам анализа графического образа когнитивной матрицы состояний объекта (рис.1) с минимумом затрат энергии.

Способ оптимального управления объектами двойного интегрирования заключается в организации синтезирующих сигналов  $L_1$  и  $L_2$ , позволяющих в масштабе реального времени определять как оптимальные по быстрдействию, так и оптимальное управление с минимумом затрат энергии по заданным образам эквивалентов, где  $L_1$  - множество управляющих воздействий,  $L_2$  - меры оценки затрат на управление. Образы эквивалентов управления формируют в виде гра-

фического образа когнитивной матрицы, тождественно адресному пространству постоянного запоминающего устройства, по синтезируемым сигналам которого выбирают сигналы управления состояниями динамического объекта, которые регламентированы соответствующим адресам точек когнитивных образов эквивалентов матрицы.

С целью выполнения процедур анализа и синтеза производится задание массива реквизитов

$$R = (a_2, b, u_n, u_g, z_1^0, z_2^0, z_1^k, z_2^k, t_0, t_k), \quad (1)$$

где  $z_1$  и  $z_2$  представляют собой фазовые координаты, параметр  $a_2$  характеризует инерционность объекта управления, параметр  $b$  – коэффициент усиления управляющего воздействия  $u(t)$ ,  $u_n, u_g$  – нижний и верхний порог управляющего воздействия соответственно,  $t_0, t_k$  – начальный и конечный временной интервалы.

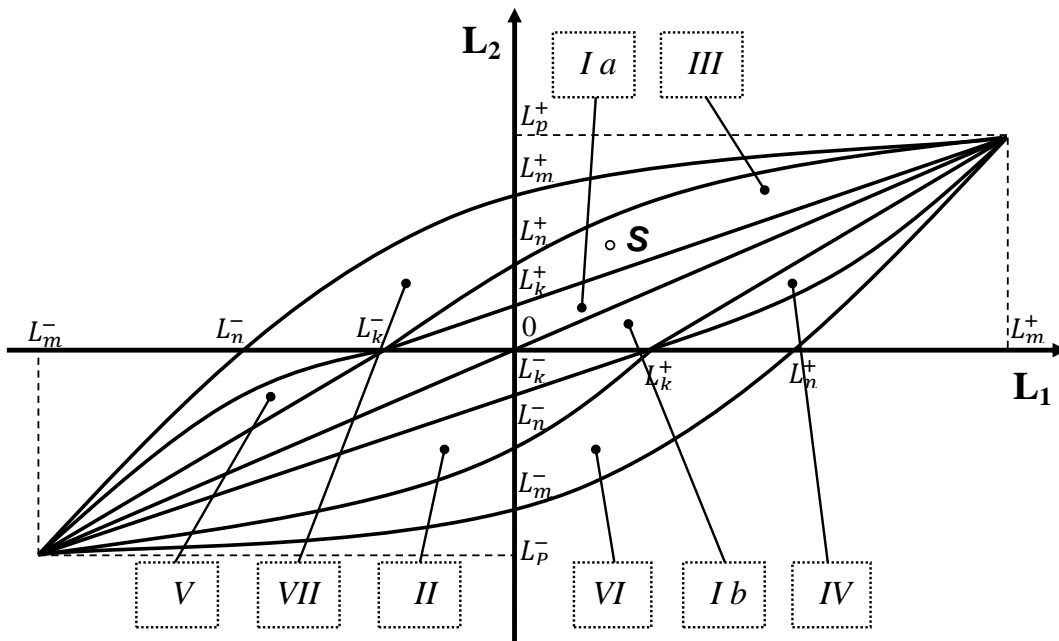


Рис.1 Когнитивная матрица состояний объекта двойного интегрирования.

Для модели процесса динамики объекта

$$\begin{aligned} \dot{z}_1 &= z_2(t), \\ \dot{z}_2 &= a z_2(t) + b u(t), \end{aligned} \quad (2)$$

синтезирующие переменные будут иметь следующий вид

$$L_1 = \frac{1}{b} (z_2^k - z_2^0) - \frac{\bar{a}_2}{b\bar{a}} (z_1^k - z_1^0) - 2 \frac{\bar{b}_0}{b}, \quad (3)$$

$$L_2 = \frac{1}{b} (z_2^k e^{-2\bar{a}_2} - z_2^0) + \frac{\bar{b}_0}{b\bar{a}_2} (e^{-2\bar{a}_2} - 1), \quad (4)$$

где

$$\bar{a} = 0,5(t_k - t_0), \quad (5)$$

$$\bar{a}_2 = 0,5a_2(t_k - t_0), \quad (6)$$

$$\bar{b} = 0,25(t_k - t_0)(u_в - u_н), \quad (7)$$

$$\bar{b}_0 = 0,25b(t_k - t_0)(u_в - u_н). \quad (8)$$

Данный подход позволяет в реальном масштабе времени синтезировать энергосберегающие управляющие воздействия с минимумом программных и аппаратных средств.

### *Список литературы*

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.

***Чернышов Н.Г., Гутенёв А.С., Романенко А.М.***

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ УДАЛЁННОГО ДОСТУПА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(n-c-h@rambler.ru, asguten@gmail.com  
romanenko@hotmail.com)*

Проблема подготовки квалифицированных кадров актуальна для современной отечественной энергетики [1]. Современная высшая школа предлагает будущим студентам разнообразные формы получения знаний: очное и заочное обучение, дистанционное и ускоренное образование, программы повышения квалификации и переподготовки специалистов.

Дистанционную форму обучения специалисты по стратегическим проблемам образования называют образовательной системой XXI века. В будущем дистанционное обучение станет одной из наиболее популярных образовательных систем.

В настоящее время развитие дистанционного образования по инженерным направлениям встречает определенные трудности из-за отсутствия возможности полноценной организации лабораторного практикума. Это объясняется проживанием некоторых студентов в отдаленных регионах, сложным графиком их работы. Таким образом, зачастую студенты не могут в полной мере изучить специальные дисциплины, требующие навыков работы с лабораторным оборудованием. Популярный в настоящее время показ необходимых процессов в виде видео сюжетов в большинстве случаев недостаточен для привития студенту необходимых знаний и навыков [2].



С учетом вышеуказанной проблемы, предлагается лабораторный комплекс с удаленным доступом пользователей. В его состав входят: персональный компьютер (сервер), управляющий контроллер, телеметрические датчики, подключаемые модули (лабораторные установки), web-камеры и т.д.

Комплекс обеспечивает наряду с мануальным управлением возможность голосового управления лабораторным оборудованием и использует современные технологии и алгоритмы распознавания человеческой речи. Это вносит новизну в выполнение зачастую рутинных занятий, но самое главное – позволяет людям с ограниченными возможностями прилагать минимум физических усилий в работе с оборудованием. У пользователя имеется непосредственный визуальный контакт со стендом, трансляция работы установки в режиме on-line максимально приблизит студента к реальной рабочей обстановке, что поможет ему получить практические навыки работы с электротехническим оборудованием.

Возможность интеграции на сервере функций управления лабораторным оборудованием, учебно-методического материала, возможностей проведения консультаций и лекций преподавателем в режиме on-line, создание наглядного цифрового отчета о выполненной работе, наличие подсистемы контроля знаний делает этот лабораторный комплекс полезным как для студентов, так и для преподавателей. Развитая гипертекстовая структура в логической системе изложения обеспечивает последовательность и взаимозависимость модулей алгоритма работы программного обеспечения комплекса.

Особо стоит отметить современное направление деятельности государства по реабилитации людей с ограниченными возможностями, их интеграцию в современную жизнь, включая и процесс образования. Для решения этого создаются такие программы, как «Доступная среда» [3]. С учетом этого лабораторный комплекс с удаленным доступом решает также и весьма важные социальные проблемы.

### *Библиографический список*

1. Новости энергетики [Электронный ресурс] URL <http://novostienergetiki.ru/nexvatka-kadrov-v-rossijskoj-energetike/> (Дата обращения 20.04.15)

2. С.И. Маслов. Информатизация инженерного образования. [Электронный ресурс] [М., 2006] URL [http://mami.ru/science/aai77/scientific/article/s14/s14\\_11.pdf](http://mami.ru/science/aai77/scientific/article/s14/s14_11.pdf) (Дата обращения 20.04.15)

3. Государственная программа Российской Федерации «Доступная среда» на 2011 - 2015 годы. [Электронный ресурс] URL <http://www.rosmintrud.ru/ministry/programms/3/0> (Дата обращения 20.04.15)

*Чернышова Т.И., Каменская М.А.*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(art\_mari@rambler.ru)*

Метрологическая надежность (МН) - свойство электронных измерительных средств, в том числе аналоговых блоков (АБ) информационно – измерительных систем (ИИС), сохранять во времени метрологические характеристики  $S$  (МХ) в пределах установленных норм при заданных режимах эксплуатации, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Как показывают теоретические и практические исследования, наиболее значимыми для ИИС в метрологическом отношении являются аналоговые блоки, входящие в состав измерительных каналов и выполняющие различные функции преобразования измеряемой величины. Преобладание для таких блоков в общем потоке отказов постепенных метрологических отказов, определяемых только при проведении метрологических проверок и вызванных постепенным изменением, а в конечном итоге выходом за допуск метрологических характеристик, выдвигают на первый план вопрос прогнозирования метрологической надежности АБ и ИИС в целом.

Процесс прогнозирования оценивается набором показателей качества, решенной задачи прогнозирования основными из которых являются: точность прогнозирования, эффективность прогнозирования и достоверность прогнозирования.

Критерий эффективности прогнозирования  $k$ , отражает степень изменения метрологических свойств АБ ИИС в результате проведения прогнозирования выбранным методом [1]. Смысл критерия эффективности прогнозирования будет различным при оценке качества прогнозирования состояния метрологических характеристик АБ ИИС при решении прямой или обратной задач прогнозирования.

При обратном прогнозировании критерий эффективности оценивает целесообразность проведения прогнозирования вообще в смысле конечной цели прогнозирования состояния метрологических характеристик и метрологической надежности – увеличение метрологического ресурса АБ, определяемого временем работы АБ без метрологических отказов и зависящего не только от характера изменения во времени метрологических свойств АБ, но и запаса по точности опре-

деляемого значением метрологической характеристики АБ в рассматриваемый момент времени эксплуатации и величиной допуска  $[-S_{\text{дон}}, S_{\text{дон}}]$ .

Получены аналитические зависимости, использующиеся при оценке эффективности прогнозирования состояния метрологических характеристик АБ ИИС и метрологической надежности ИИС, учитывают постановку задачи прогнозирования и вид математических моделей используемых при решении поставленных задач.

Показатель достоверности прогнозирования МН определяется с использованием экспертных оценок доверия к математической модели изменения во времени МХ исследуемых АБ. Экспертная оценка представляет собой сведения о принадлежности – 1 или не принадлежности – 0 МХ допустимым значениям  $[-S_{\text{дон}}, S_{\text{дон}}]$  на области контроля  $T_1$ . Такие сведения получают на основе экспериментальных данных. По мере накопления данных экспериментов вероятностные интервалы уменьшаются, а доверие к гипотезам увеличивается. На основе всех перечисленных этапов формируется достоверность прогнозирования метрологической надежности для различных математических моделей. Это позволяет определить степень достоверности для каждой используемой математической модели и выбрать математическую модель с наиболее высоким показателем достоверности прогнозирования.

В заключении следует отметить, что предложенные показатели качества прогнозирования и полученные аналитические выражения для их расчетов используются в разработанной информационно – аналитической системе, которая предназначена для оперативной реализации задачи оценки метрологической надежности проектируемых АБ ИИС.

### *Библиографический список*

1. Мищенко С.В Метрологическая надежность измерительных средств/ Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И.,- М.: Машиностроение-1, 2001.96 с.

*Чернышова Т.И., Третьяков В.В.*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ  
АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ  
ПРИ ОЦЕНКЕ ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(energo@nnn.tstu.ru, vvt\_89@mail.ru)*

Возрастающая роль информационно-измерительных систем (ИИС) в научном и производственном процессе выдвигают на первый план вопрос обеспечения высокого уровня их метрологической надежности (МН). МН ИИС определяется метрологической надежностью входящих в них аналоговых блоков (АБ). Именно в АБ протекают основные процессы преобразования сигнала. Элементная база (ЭБ), используемая в АБ ИИС, имеет тенденцию к старению, и, как следствие – к отклонению значений своих параметров от номиналов. Основным показателем МН АБ ИИС является метрологический ресурс (МР)  $t_p$ , определяемый временем пересечения реализаций нестационарного случайного процесса изменения во времени метрологической характеристики (МХ) границ поля допуска. МН АБ ИИС оценивается методом аналитико-вероятностного прогнозирования, использующего математическое моделирование нестационарных случайных процессов изменения во времени МХ проектируемых ИИС [1].

В начале строится математическая модель (ММ) функционирования ИИС, представляющая собой функциональную зависимость выходного сигнала  $y$  от значений входного сигнала  $x$ , параметров ЭБ  $\vec{\xi} = \{\xi_1, \dots, \xi_n\}$  и внешних влияющих факторов  $\vec{\varphi} = \{\varphi_1, \dots, \varphi_m\}$  [1]:

$$y = F_1(x, \vec{\xi}, \vec{\varphi}). \quad (1)$$

На основе выражения (1) строится ММ МХ вида:

$$S = F_2(x, \vec{\xi}, \vec{\varphi}), \quad (2)$$

где  $S$  – метрологическая характеристика.

Внешние факторы существенно ускоряют процесс старения ЭБ АБ ИИС, в результате чего качество ИИС существенно ухудшается. Таким образом, выражение (2) можно представить в виде [1]:

$$S = F_3[x, \vec{\xi}(t, T, F, P, E)], \quad (3)$$

где  $t$  – время, ч;  $T$  – температура окружающей среды (ОС), °С;  $F$  – влажность ОС, %;  $P$  – давление ОС, атм;  $E$  – уровень радиации, мкР/ч.

Предлагается обобщенная ММ изменения во времени параметра элемента, учитывающая зависимости параметров ЭБ АБ ИИС от времени эксплуатации, а также от указанных внешних факторов [1]:

$$\xi(t, F, T, P, E) = \xi_0 \left( 1 + \frac{\varepsilon_\xi}{\tau} \left( \frac{F}{F_0} \right)^n \cdot \exp \left( \frac{E_a}{k} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right) \right) \cdot \exp \left( \frac{4 \cdot M_1 \cdot M_2}{(M_1 + M_2)^2} \cdot N \cdot E_n - E_0 \right) \cdot \left( \frac{\ln(P - P_0)}{P - P_0} \right)^r t \cdot (1 + \alpha(T - T_0))(1 + \beta(F - F_0)), \quad (4)$$

где  $\xi(F, T, P, E, t)$  – изменение во времени параметра элемента ИИС, учитывающее влияние ОС;  $\xi_0$  – номинальное значение параметра элемента;  $\varepsilon_\xi$  – максимальное значение относительного изменения номинала при нормальных условиях за срок сохраняемости  $\tau$ ;  $n$  – степенной показатель;  $E_a$  – энергия активации деградационного процесса, эВ;  $k$  – постоянная Больцмана, эВ/К;  $r$  – степенной показатель;  $\alpha$  – температурный коэффициент параметра элемента,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;  $\beta$  – влажностный коэффициент параметра элемента;  $T, F, P, E, T_0, F_0, P_0, E_0$  – указанные выше параметры ОС при произвольных и нормальных условиях эксплуатации;  $N, M_1, M_2, E_n$  – параметры ОС на молекулярном уровне.

Уравнение (3) используется в процедуре статистического моделирования для построения ММ изменения во времени МХ и, в дальнейшем, определения МР исследуемого АБ ИИС [1]. Данная модель представляет совокупность аналитических зависимостей, полученных для функции изменения во времени математического ожидания  $M_S(t)$  и функций, характеризующих изменение во времени границ отклонения возможных значений МХ  $\psi_{\pm\sigma}(t)$  от ее математического ожидания:

$$\psi_{\pm\sigma}(t) = M_S(t) \pm c\sigma_S(t), \quad (5)$$

где  $c$  – коэффициент, зависящий от заданного уровня доверительной вероятности  $P$ ;  $\sigma_S(t)$  – среднеквадратическое отклонение.

Экстраполяция построенной ММ изменения во времени МХ на область будущих значений времени эксплуатации решит задачу прогнозирования МН проектируемого АБ ИИС.

Таким образом, применение адекватных ММ АБ ИИС и составляющих их элементов на этапе проектирования дает возможность оценить МН АБ и ИИС в целом, без проведения испытаний на долговременную стабильность.

### **Библиографический список**

1. Чернышова, Т.И. Математическое моделирование при анализе метрологической надежности аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т.И. Чернышова, В.В. Третьяков // Вестник ТГТУ – 2014. – Том 20. № 1. – С. 42 – 47.

*Чернышова Т.И., Третьяков В.В., Курносков Р.Ю.*

## **ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО РЕСУРСА АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(energo@nnn.tstu.ru, vvt\_89@mail.ru, romankurnosov@rambler.ru)*

В настоящее время актуальной является проблема анализа и повышения метрологической надежности (МН) информационно-измерительных систем (ИИС), широко применяемых во многих отраслях промышленности и научно-исследовательской деятельности.

Основным показателем МН является метрологический ресурс (МР), оцениваемый временем пересечения реализаций нестационарного случайного процесса изменения во времени метрологической характеристики (МХ) границ поля допуска [1].

Предлагается метод повышения МН ИИС на этапе эксплуатации. Метод подразумевает наличие в структуре ИИС подсистемы контроля изменений МХ с течением времени и под воздействием внешних факторов окружающей среды (ОС). Для реализации такой подсистемы необходимо наличие контроллера, выполняющего функции считывания, записи и преобразования экспериментальных данных. Также существует автономная система контроля параметров ОС, таких как температура  $T$ , влажность  $F$ , давление  $P$  и радиационный фон  $E$ , содержащая в своей структуре элементы измерительных каналов (ИК).

Такой подход даст ряд возможностей:

- осуществлять контроль МХ ИИС в течение периода эксплуатации с учетом влияния дестабилизирующих факторов;
- реализовать возможность построения и корректировки математических моделей изменения МХ во времени с учетом факторов ОС и прогнозирования времени наступления метрологического отказа;
- проводить обоснованный выбор сроков проверок и профилактических работ с учетом временного изменения МХ.

Реализация метода предполагает вычисление погрешности измерения, а затем вычисление соответствующей поправочной величины. Относительная погрешность измерения вычисляется путем подачи на вход ИК ИИС образцового сигнала  $x_{oi}(t)$ . Программа контроллера сравнивает измеренное  $y_{oi}(t)$  и истинное  $x_{oi}(t)$  значения образцового сигнала, и далее вычисляет значение относительной погрешности  $\delta_{oi}(t)$ . Образцовый сигнал  $x_{oi}(t)$  подается на вход ИК через коммутатор

одновременно с измеряемым сигналом  $x_i(t_i)$  в момент времени эксплуатации  $t_i$ . На выходе ИК фиксируются измеренные значения образцового  $y_{oi}(t_i)$  и исследуемого  $y_i(t_i)$  сигналов. Структурная схема такого ИК представлена на рисунке 1.

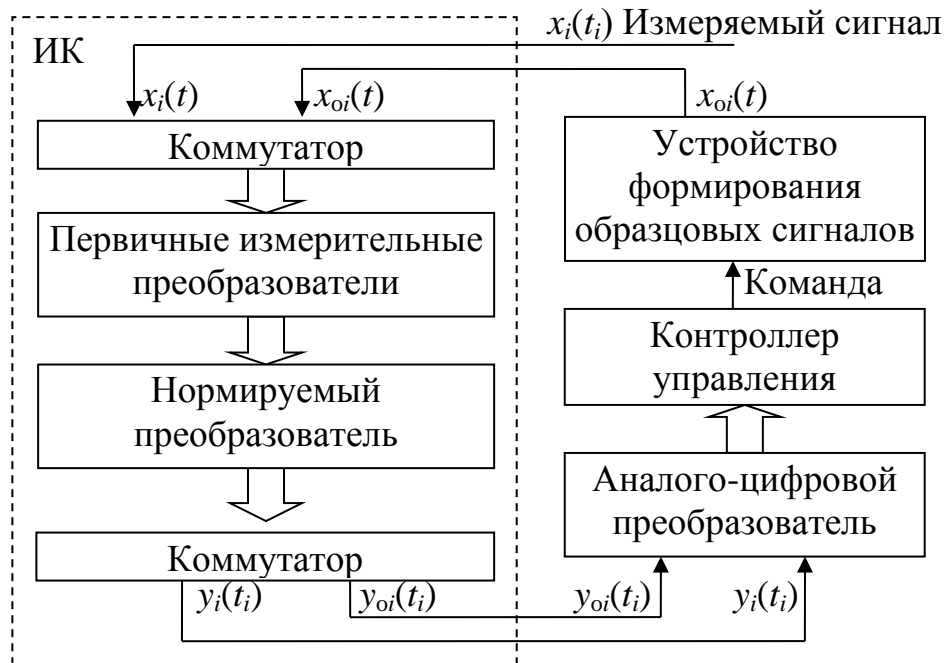


Рис.1 – Структурная схема ИК разрабатываемой ИИС

Далее вычисляется значение основной относительной погрешности измерения образцового сигнала  $\delta_{oi}(t_i)$ :

$$\delta_{oi}(t_i) = \frac{y_{oi}(t_i) - x_{oi}(t_i)}{x_{oi}(t_i)}, i = 1, \dots, k, \quad (1)$$

где  $k$  – число временных сечений, в которых производится измерение.

Рассчитав значения  $\delta_{oi}(t_i)$  по (1), справедливо использовать их и для рабочего сигнала  $x_i(t_i)$ , принимая, что  $\delta_i(t_i) = \delta_{oi}(t_i)$ . Тогда несложно вычислить действительное значение измеряемой величины  $y_{ид}(t_i)$ :

$$\delta_i(t_i) = \frac{y_i(t_i) - y_{ид}(t_i)}{y_{ид}(t_i)} \Rightarrow y_{ид}(t_i) = \frac{y_i(t_i)}{\delta_i(t_i) + 1}. \quad (2)$$

Находится абсолютная погрешность измеряемого сигнала  $\Delta_i(t_i)$ :

$$\Delta_i(t_i) = y_{ид}(t_i) - y_i(t_i). \quad (3)$$

Следующим этапом является выработка соответствующей поправочной величины  $z_i(y_i)$ . Значение поправки должно соответствовать абсолютной погрешности ИИС с обратным знаком. То есть:

$$z_i(y_i) = -\Delta_i(t_i). \quad (4)$$

Закljučающим этапом реализации предлагаемого метода является коррекция с вычитанием поправочной величины  $z_i(y_i)$  из значения

измеренной величины  $y_i(t_i)$ , в результате чего на выходе получается скорректированное значение измеряемого сигнала  $y_{ic}(t_i)$ :

$$y_{ic}(t_i) = y_i(t_i) - z_i(y_i). \quad (5)$$

Структурная схема подсистемы коррекции значения измеренного сигнала представлена на рисунке 2.

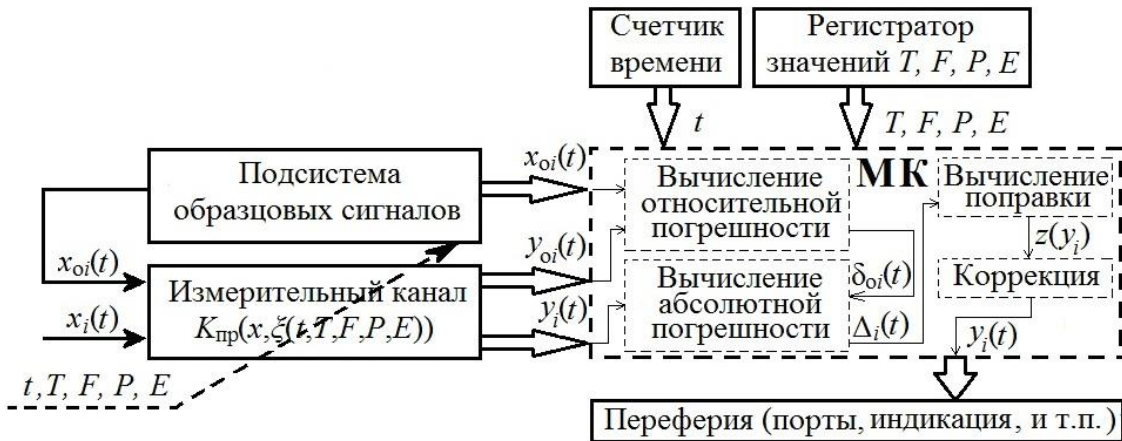


Рисунок 2 – Структура подсистемы коррекции выходного сигнала

В заключении следует отметить, что в результате реализации на этапе эксплуатации описанной процедуры коррекции достигается увеличение метрологического ресурса как основного показателя МН ИИС.

#### *Библиографический список*

1. Мищенко, С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2001. – 218 с.

**Чурбаков М.Ю., Удовикин В.Л.**

### **ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ВАРИКАПОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИКОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(www.rot-club@list.ru)*

В преселекторах современных радиоприемников используют электронную перестройку частоты колебательных контуров и двухконтурных полосовых фильтров варикапами (рис. 1) и электронное сопряжение нескольких контуров с варикапами при их совместной перестройке в диапазоне частот. При этом необходимо обеспечить пи-



тание варикапов по цепи управления  $U_{упр}$  через катушку индуктивности контура и разделить цепи питания варикапов и электронных приборов (ламп, транзисторов) по постоянному току.

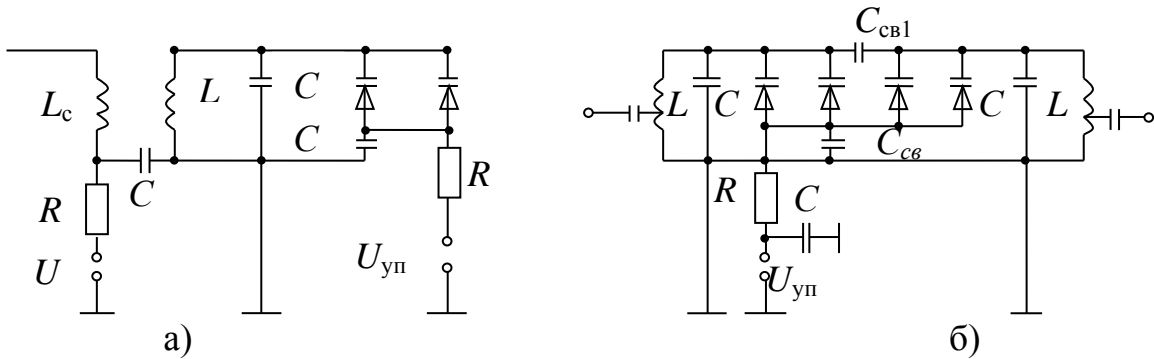


Рис. 1. Схемы включения варикапов в одиночный колебательный контур (а) и в двухконтурный полосовой фильтр (б)

Особенности использования варикапов в качестве элементов перестройки контуров заключается в следующем [1]:

1. Требуемая емкость контура обеспечивается соответствующим выбором типа варикапа, а также параллельным включением нескольких варикапов. Постоянная времени  $R_{\phi}C_{\phi}$  должна быть возможно большей для уменьшения пульсаций управляющего напряжения и ограничивается допустимым запаздыванием перестройки резонансной частоты контура, полностью определяемым цепью управления.

2. Колебательные контура с варикапами могут рассматриваться как линейные только при малой амплитуде напряжения сигнала.

3. При перестройке частота контура зависит от емкости варикапа, нелинейно зависящей от управляющего напряжения в соответствии с вольт-фарадной характеристикой варикапа:

$$C = \frac{C_{н}}{K(x/x_{в})^s} = \frac{C_{в}}{(x/x_{в})^s},$$

где  $C_{н}$ ,  $C_{в}$  — емкости варикапа на нижней и верхней частотах диапазона перестройки;  $x = U_{упр} + \phi_{к}$  — смещение на варикапе, являющееся суммой управляющего напряжения и контактной разности потенциалов;  $x_{в}$  — смещение, соответствующее верхней частоте диапазона;  $s$  — показатель степени, равный 0,5 для варикапов с резким переходом;  $K = C_{н}/C_{в}$  — коэффициент перекрытия варикапа по емкости.

Электронное управление резонансной частотой колебательного контура с помощью варикапа описывается нелинейной функцией настройки:

$$\frac{f}{f_B} = \left[ \frac{1 + \frac{C_0}{C_{\Pi}} + \frac{C_0}{C_B}}{\frac{C_0}{C_{\Pi}} + \frac{C_0}{C_B}} \frac{\frac{C_0}{C_{\Pi}} + \frac{C_0}{C_B} \sqrt{\frac{x}{x_B}}}{1 + \frac{C_0}{C_{\Pi}} + \frac{C_0}{C_B} \sqrt{\frac{x}{x_B}}} \right]^{0,5},$$

где  $f_B$  - верхняя частота настройки контура;  $C_0, C_{\Pi}$  — линейные емкости, включаемые параллельно и последовательно емкости варикапа.

4. Электронное сопряжение контуров с варикапами в диапазоне частот вместо механического реализуется:

– индивидуальной подстройкой начального смещения варикапов сопрягаемых контуров с помощью специальных регулировочных потенциометров;

– использованием трех подстроечных элементов: сердечника катушки индуктивности, подстроечного конденсатора и потенциометра, регулирующего начальное смещение на варикапах, обеспечивающих лучшую точность сопряжения, но усложняющих процесс сопряжения. Точное сопряжение при этом обеспечивается на краях диапазона перестройки, а в середине диапазона имеет место максимальное расхождение резонансных частот сопрягаемых контуров.

5. Расхождение резонансных частот контуров в случае электронной перестройки варикапом может быть рассчитано по формуле

$$\frac{\Delta f}{f_1} = \frac{1}{2} \frac{C_{B2}}{C_{B1}} \frac{\Delta s}{s_1} \left[ \frac{1}{2} \ln \frac{x}{x_B} + \frac{K \ln K}{K - 1} + \left( 1 - \sqrt{\frac{x}{x_B}} \right) \right],$$

где  $C_{B1}, C_{B2}$  - емкости варикапов сопрягаемых контуров на верхней частоте;  $\Delta s/s_1 = (s_2 - s_1)/s_1$  - относительный разброс показателей степени в формуле (1).

Неточность сопряжения контуров с варикапами прямо пропорциональна разбросу показателей степени  $\Delta s/s_1$  и отношению емкостей варикапов на верхней частоте  $C_{B1}, C_{B2}$ .

### ***Библиографический список***

1. Голубев В.Н. Эффективная избирательность радиоприёмных устройств. - М.: Связь, 1978. - 240 с.

*Чурилин А.В.*

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ ИМПРЕГНИРОВАННОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(umz2014@yandex.ru)*

В настоящее время особое внимание привлекают пути повышения эффективности и качества абразивной обработки, связанные с совершенствованием абразивного инструмента (АИ). Одним из методов, улучшающих эксплуатационные свойства АИ, является его импрегнирование дисперсией сополимера этилакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида (40% масс.) в водной среде (Эмукрил М) [1]. Данный способ импрегнирования включает в себя операцию пропитки и сушки. Время пропитки составляет 1 – 3 мин., а сушка импрегнированных АИ является высоко энергоемким процессом, от результатов которого зависит возможность применения данного способа улучшения эксплуатационных свойства АИ в условиях машиностроительных заводов и получение значительного энергосберегающего эффекта.

Исследованию подвергались импрегнированные АИ марок 25AF100L6V, 25AF90L6V, 25AF60L6V, 25AF54L6V, 25AF48L6V (ГОСТ Р 52781-2007). В результате исследования были получены температурно-влажностные зависимости эффективного коэффициента диффузии влажных импрегнированных АИ и обнаружено увеличение эффективного коэффициента диффузии с повышением влажности импрегнированных кругов, объяснимое пластифицирующим воздействием воды на полимерные плёнки, адсорбированные на стенках пор АИ и образовавших перегородки в узких местах пор во время сушки дисперсии [2, 3].

Исследования кинетики нагрева влажных, импрегнированных полимерной дисперсией АИ показали, что подобные системы быстро прогреваются до температуры среды и процесс сушки протекает практически в условиях равенства температур среды и сложной системы состоящей из АИ, импрегнированного Эмукрилом М. Кинетика сушки АИ лимитируется только диффузионными свойствами высушиваемого материала, обладающего значительным внутридиффузионным сопротивлением ( $D_3 = (1 \div 80) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ ) [2, 3].

В результате проведенных исследований разработана методика расчета промышленного аппарата для сушки импрегнированных абразивных кругов, в котором реализуются квазиизотермические условия процесса сушки ( $Lu = (0,1 \div 0,26) \cdot 10^{-4}$ ) при условии снятия внешнедиф-

фузионного сопротивления ( $Bi_m = (3 \div 34) \cdot 10^3$ ). Сушильный аппарат рекомендован к использованию на машиностроительных заводах [4].

У инструмента, высушенного предлагаемым способом, в 1,5 – 2,0 раза повышается теплопроводность и на 20 – 30% температуропроводность по сравнению с необработанным инструментом, что способствует увеличению износостойкости шлифовальных кругов.

### ***Библиографический список***

1. Патент РФ №2284895, МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента / Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков, В. М. Дмитриев, А. В. Чурилин // Открытия и изобретения, 2006. №28.
2. Сушка импрегнированных абразивных инструментов /
3. С.П. Рудобашта, В.М. Дмитриев, Н.П. Жуков, А.В. Чурилин // Промышленная теплотехника. –Киев, 2004. № 5, Т.26, С.45 – 53.
4. Чурилин А.В. Импрегнирование инструмента с целью повышения энергоэффективности абразивной обработки / А.В. Чурилин,
5. Н.П.Жуков // Достижения вузовской науки. 2013. №6. С. 127 – 131.
6. Чурилин А.В. Кинетика и аппаратурно – технологическое оформление процессов пропитки и сушки абразивного инструмента: дисс... канд. техн. наук. – Тамбов, 2004. – 223 с.

***Алькубати А.Ф., Глазкова В.В., Шамкин В.Н.***

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОБЪЕКТАХ РЕГИОНАЛЬНОГО ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов*

*(crems@crems.jesby.tstu.ru, ichka187@rambler.ru, crems@crems.jesby.tstu.ru)*

Каждый регион в РФ имеет собственное газовое хозяйство (РГХ), являющееся составной частью газового хозяйства страны. Регионы отличаются друг от друга: они имеют различные специфические условия – географические, погодные, геологические, социальные, финансовые и др. Деятельность их руководителей связана с риском, обусловленным разного рода угрозами, реализация которых может нанести хозяйству существенный материальный или моральный ущерб, вызвать людские потери, причинить значительный вред их здоровью, а также окружающей среде. Значения вероятностей этих угроз во многом зависят от характерных особенностей региона.

Задача управления рисками на объектах РГХ является актуальной [1]. Под системой управления рисками (СУР) понимается процесс принятия и реализация управленческих решений, направленных на снижение вероятностей возникновения неблагоприятных результатов

и минимизацию возможных потерь. СУР предусматривает определенный порядок идентификации рисков, планирование мероприятий по их уменьшению, мониторинг рисков, контроль исполнения мероприятий, анализ эффективности принятых мер.

Существующие программные продукты, пригодные для поддержки принятия решений (ППР) руководителями с учетом риска, не столь эффективны в условиях, когда принимать решения надо в режиме реального времени. Поскольку такие решения руководством РГХ принимаются достаточно часто, следует говорить о важности разработки сопутствующего алгоритмического и программного сопровождения.

Предложена методика исследования эффективности сложных технологических систем, к числу которых относятся и РГХ, с учетом нахождения этих систем в различных состояниях функционирования, обусловленных отказами или нарушениями в работе их отдельных компонентов (элементов). Разработан математический аппарат для определения вероятностей состояний функционирования. Получены соотношения для вычисления граничных значений стационарных вероятностей состояний: при неограниченном обслуживании и произвольных распределениях времени работы и ремонта элементов; при ограниченном обслуживании и показательных распределениях их времени работы и ремонта. Обсуждены задачи, связанные с определением вероятностей состояний, в которых могут по различным причинам находиться в разные моменты времени объекты РГХ. Показано, что при эрланговском распределении времени работы и ремонта элементов сложной системы и ограниченном обслуживании расчет вероятностей можно свести к более простому расчету вероятностей состояний для системы с показательными распределенными временами работы и ремонта с определенным образом подобранными математическими ожиданиями. В работе [2] рассмотрены вопросы оценки нестационарной вероятности нормальной работы сложных систем различной структуры. Расчет нижних граничных оценок соответствующих вероятностей, проводимый во всех упомянутых выше случаях, позволяет значительно сокращать объем вычислений и создавать некоторый «запас» надежности, поскольку их реальные вероятности имеют большие значения. Выведенные соотношения носят рекуррентный вид, проведена оценка их точности.

Предложенный подход полезен при оперативном расчете вероятностей отдельных ситуаций, связанных с отказами основного оборудования газотранспортных систем в РГХ, технических и программных средств их информационных систем (ИС), ошибками персонала и другими факторами. Вероятности определяются в рамках ИС ППР при

управлении рисками, благодаря чему снижается уровень неопределенности руководителя при анализе возникающих ситуаций, что помогает ему более обосновано принимать адекватные решения.

### *Библиографический список*

1. Алькубати, А.Ф. Роль и место задач управления рисками в автоматизированной системе оперативно-диспетчерского управления региональных газовых хозяйств / А.Ф. Алькубати, В.Н. Шамкин // Сб. статей. междунар. науч.-технич. конф. «Современные информационные технологии. «Contemporary information technologies». – Пенза: 2011. – С.98-101.

2. Алькубати, А.Ф. Об оперативной оценке нестационарной вероятности состояния нормальной работы сложной системы / А.Ф. Алькубати, В. Н.Шамкин. //Сб. тр. междунар. науч.-технич. конф. «Современные информационные технологии, «Contemporary information technologies». – Пенза: Пенз. ГТУ,2013, вып.18. – С.98-100.

*Шпиганович А.А, Пушница К.А.*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОММУТИРУЕМОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

*Липецкий государственный технический университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru, kostpa@mail.ru)*

Коммутационные перенапряжения оказывают существенное влияние на изоляцию оборудования, вызывая её ускоренное старение и пробой. Исследование перенапряжений и причин, влияющих на них, является актуальной задачей. При неизменных параметрах выключателя основными факторами, влияющими на процесс перенапряжений, будет соотношение индуктивности, емкости и активного сопротивления коммутируемого присоединения. Они в свою очередь будут зависеть от мощности двигателя и длины линии. Результаты расчетов на модели без ОПН и с ОПН приведены на рис.1,2. На основании результатов работы модели были выявлены следующие особенности. Максимальные кратности перенапряжений возникают при виртуальных срезах тока (ВСТ). Основной диапазон возникновения ВСТ – двигателя мощностью 100-700 кВт, для двигателей 800-1100 кВт произошло по одному ВСТ. Для маломощных двигателей 100-200 кВт присоединенных достаточно длинными линиями наблюдались отключения без повторных зажигания (ПЗ) дуги. Подключение ОПН позволяет во многих случаях предотвратить ВСТ. Однако для маломощных

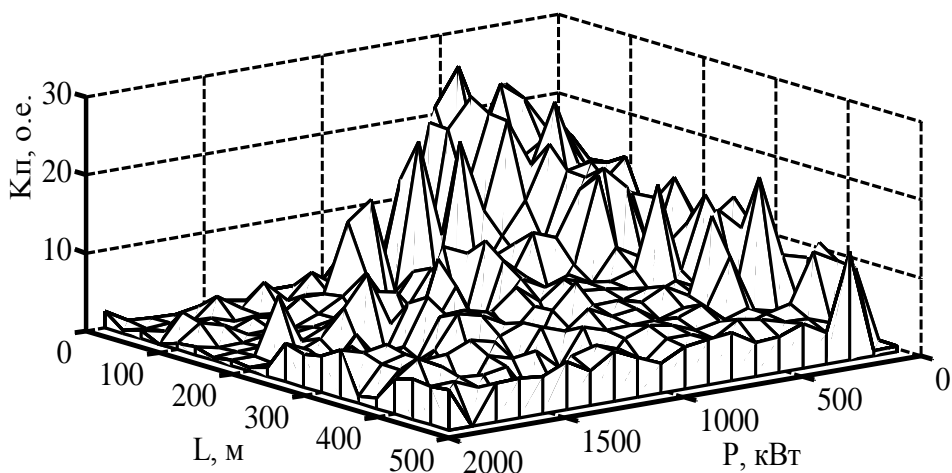


Рис. 1 Кратность перенапряжений в зависимости от длины линии и мощности двигателя без ОПН

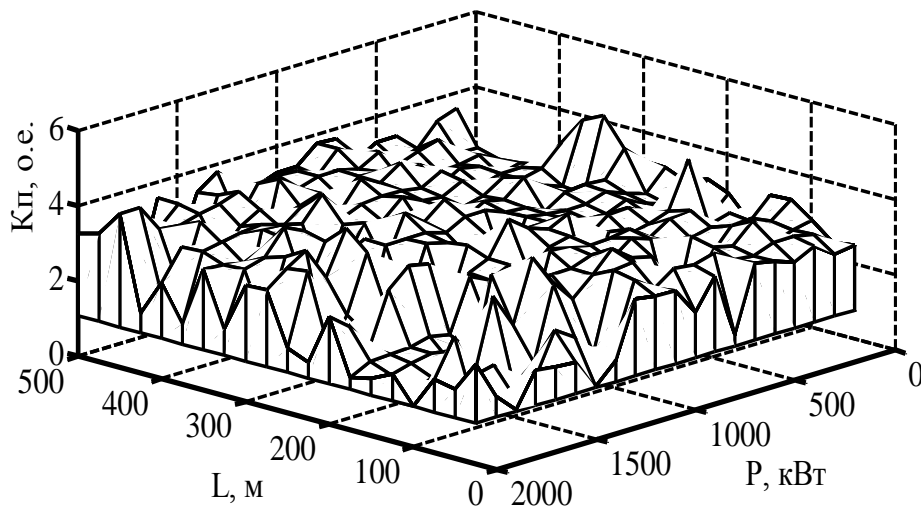


Рис. 2 Кратность перенапряжений в зависимости от длины линии и мощности двигателя с ОПН

двигателей 100-200 кВт ВСТ все равно возникали. Для более мощных двигателей перенапряжения, обусловленные высокой дугогасящей способностью вакуумных выключателей, имеют менее опасный характер. В результате можно сделать следующие выводы:

- наиболее высокие кратности перенапряжений происходят при возникновении в цепи виртуальных срезов тока. Вероятный диапазон их возникновения – двигатели малой мощности, подключенные короткими кабельными линиями. При определенной длине линии процесс отключения происходит без повторных зажиганий дуги;

- ОПН в большинстве случаев позволяет предотвратить ВСТ, однако для маломощных двигателей (100-200кВт) ВСТ все равно возникали. Так же ОПН не предотвращает повторные зажигания дуги

в выключателе, так как они происходят в пределах остающегося уровня ОПН;

- оптимальным вариантом защиты от перенапряжений является такая схема, которая не только ограничивает кратность перенапряжений, но и позволяет избежать повторных зажиганий дуги, так как они создают высокие скорости изменения напряжения, что опасно для начальных витков электродвигателей. Этого можно добиться использованием в схеме защиты РС-цепочек.

### *Список литературы*

1. Кадомская К.П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: учебник / К.П. Кадомская, Ю.А. Лавров, А.А. Рейхердт. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. - 368 с.

2. Шпиганович А.Н. Электроснабжение металлургических предприятий: монография / А. Н. Шпиганович, К. Д. Захаров. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2006. – 568 с.

3. Шпиганович А.Н. Нормализация переходных процессов и компенсация возмущающих факторов в системах электроснабжения: монография / А. Н. Шпиганович, В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин – Елец: МУП «Типография» г. Ельца 2011. – 165 с.

*Юрченко С.П., Головченко Е.В.*

## **РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДСИСТЕМЫ СВЯЗИ АВИАЦИОННОЙ ЧАСТИ**

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

В настоящее время происходит стремительное развитие информационных, телекоммуникационных технологий, совершенствуются способы передачи информации, с другой стороны возросли требования органов управления к системе связи.

Основные противоречия между требованиями системы управления и возможностями существующей системы связи заключены в невозможности системы связи авиационной части обеспечить должностных лиц пунктов управления современными услугами связи.

Одним из путей разрешения данного противоречия является расширение функциональных возможностей системы связи путем перехода на современные телекоммуникационные технологии, что и является целью работы.



Поставленная цель достигается путем обоснования топологической структуры телекоммуникационной сети авиационной части на основе аналитических расчетов и имитационного моделирования.

С помощью аналитических расчетов с использованием тензорной методологии [1] были проанализированы два варианта построения телекоммуникационной сети связи авиационной части. Первый вариант структуры телекоммуникационной сети базируется на существующей системе связи, когда связь на аэродроме замкнута на один обеспечивающий объект. Второй вариант предполагает применение общего подхода к построению цифровых телекоммуникационных сетей путем выделения транспортного уровня, уровней распределения и доступа.

Эффективность каждого варианта оценивалась на основе рассчитанной минимальной задержке доставки пакетов. Полученные результаты расчетов показали, что второй вариант позволяет обеспечить задержку передачу вдвое меньшую, чем первый вариант.

Более точная конфигурация сети и практические рекомендации по ее развертыванию и эксплуатации формировались на основе результатов имитационного моделирования.

Имитационное моделирование производилось в среде моделирования Network Simulator - 3. Оценка эффективности информационного обмена в телекоммуникационной сети авиационной части осуществлялась по следующим показателям: задержка передачи пакетов, девиация задержки, длина очереди в узлах сети, производительность сети.

Исходные данные для моделирования определялись информационными направлениями в существующей системе управления авиационной части, их загрузкой. Входные потоки между пользователями были заданы пуассоновские, длины пакетов фиксированы, протоколы транспортного и сетевого уровней – UDP и IP соответственно. Чтобы определить максимально возможную нагрузку на узлы коммутации, а также на сеть целиком размеры буферных устройств задавались таким образом, чтобы исключить возможность потери пакетов в результате их переполнения.

В целях определения максимально возможной нагрузки на сеть, моделирование осуществлялось для различных интенсивностей входного потока.

Анализ полученных результатов показал, что для предлагаемой структуры телекоммуникационной сети максимально возможная интенсивность входного потока одновременно по каждому информационному направлению не должна превышать значение 400 кбит/с. Такая скорость позволит службе переноса информации обеспечить

должностных лиц услугами связи с требуемым качеством. Необходимо отметить, что указанное ограничение скорости передачи будет действовать при одновременной загрузке всех информационных направлений – ситуация на практике встречающаяся довольно редко.

### *Библиографический список*

1. Юрченко С.П. Анализ телекоммуникационной сети / Е.В. Головченко, Н.В. Паршин, С.П. Юрченко // Сб. статей по мат-лам Всероссийской НТК молодых, слушателей ученых и курсантов, посвященной 95-летию образования войск связи (Воронеж, 15 октября 2014 г.). Воронеж: ВУНЦ «ВВА», 2014. С. 26–27 с.
2. <http://www.nsnam.org>. (дата обращения 15.04.2015).

*Яковенко А.А, Панасюк Ю.Н.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ $\alpha - \beta$ И $\alpha - \beta - \gamma$ ФИЛЬТРАЦИИ НАЗЕМНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(Lisenka\_93@mail.ru, pyunikol@rambler.ru)*

Для решения задачи сопровождения целей по дальности в современных наземных радиолокационных станциях (НРЛС) формируются оценки дальности  $D$  и скорости сближения  $V$  по алгоритму  $\alpha - \beta$  фильтрации, апо алгоритму  $\alpha - \beta - \gamma$  фильтрации – оценки дальности  $D_o$  скорости сближения  $V_o$ , ускорения  $a_o$ [1]:

$$\left. \begin{aligned} D_o(k) &= D_o(k) + \alpha \Delta D(k); V_o(k) = V_o(k) + \frac{\beta}{T} \Delta D(k); \\ D_o(k) &= D_o(k-1) + V_o(k-1)T; V_o(k) = V_o(k-1); \\ \Delta D(k) &= D_o(k) + D_{и}(k); \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} D_o(k) &= D_o(k) + \alpha \Delta D(k); V_o(k) = V_o(k) + \frac{\beta}{T} \Delta D(k); \\ a_o(k) &= a_o(k) + \frac{\beta}{T^2} \Delta D(k); \\ D_o(k) &= D_o(k-1) + V_o(k-1)T + 0,5a_o(k-1)T^2; \\ V_o(k) &= V_o(k-1) + a_o(k-1)T; a_o(k) = a_o(k-1). \\ \Delta D(k) &= D_o(k) + D_{и}(k); \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2)  $k$  – время дискретизации;  $D_э, V_э, a_э$  – экстраполированные значения дальности, скорости и ускорения;  $D_и$  – дальность измеренная первичным измерителем.

На основании выражений (1) и (2) проводилось имитационное моделирование движения цели относительно НРЛС [1]. Изменение ускорения цели относительно НРЛС показано на рис. 1.

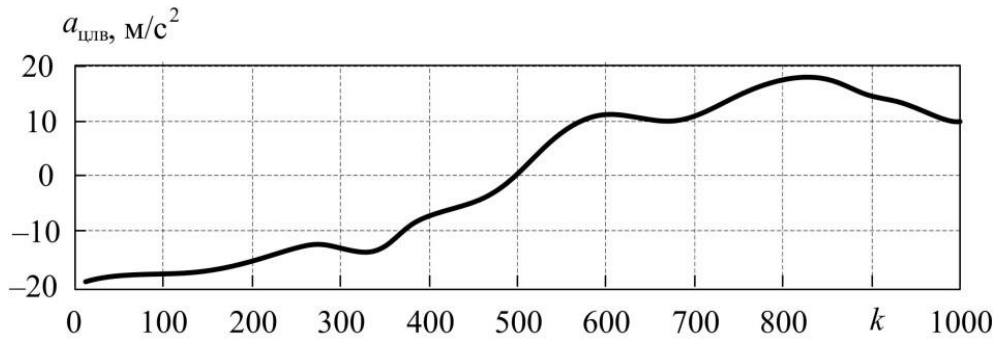


Рис.1 Изменение ускорения цели относительно НРЛС

Результаты моделирования представлены на рис. 2 и 3, где представлены графики изменения во времени СКО оценки фильтрации дальности  $D$  и скорости  $V$  по линии визирования между НРЛС и целью.

Из графиков (рис. 2,3) видно, что СКО по дальности и скорости не отвечают современным требованиям по точности НРЛС. Предпочтительным вариантом решения данной проблемы является синтез радиоэлектронной следящей системы по оценке траектории движения воздушной цели с использованием данных ее пространственной ориентации, который позволит более точно выбрать модель системы с учетом маневров воздушных судов, по сравнению с существующими моделями систем.

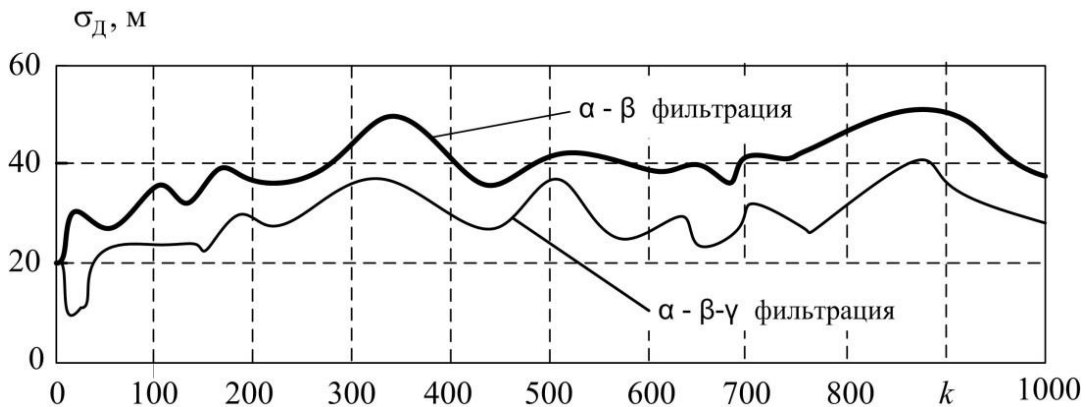


Рис.2 Зависимость СКО дальности от времени

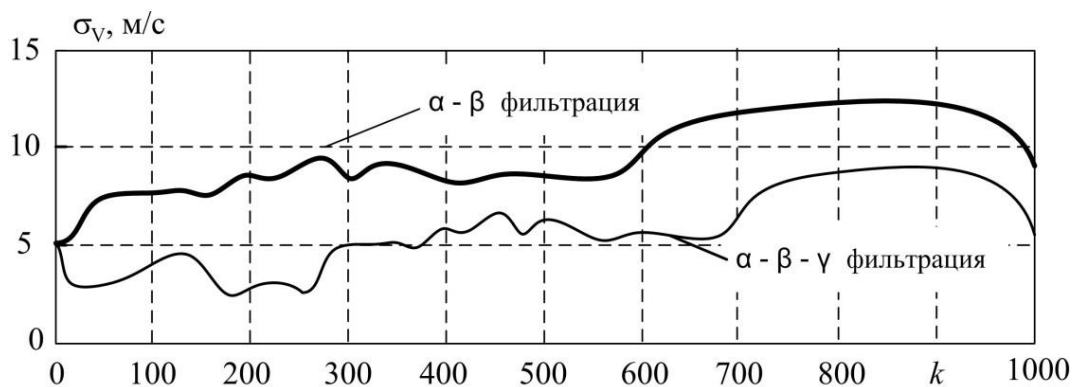


Рис.3 Зависимость СКО скорости от времени

### *Библиографический список*

1. Пудовкин А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах. Научное издание. [Текст]: монография/А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. СПб.: «Экспертные решения», 2014 – 256 с.

***Якупов Д.Т., Сарваров И.И., Сабиров И.С.***

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕСТИРОВАНИЯ АСУТП**

*Казанский федеральный университет*

*(yaqur@mail.ru, ilshat.sarvarov@mail.ru, ildar.sabirov@mail.ru)*

В процессе разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) большую роль следует уделять их тестированию. Данные мероприятия преследуют следующие цели: выявление неисправностей аппаратной части системы управления, обнаружение несоответствий алгоритма управления технологическим объектом (ТО) требуемым параметрам, имитация рабочих и аварийных условий функционирования ТО.

Интеллектуальная надстройка испытательных стендов используется для нахождения причин той или иной аномалии и выдачи рекомендаций по устранению факторов неприемлемого функционирования ТО.

Работа экспертной системы (ЭС) начинается с извлечения информации из базы данных (БД), в которой хранятся текущие сведения об испытании системы управления и обнаруженных аномалиях. Аномалия - совокупность параметров испытания, несоответствующих заданным ограничениям. Механизм логического вывода производит по-

иск в базе знаний (БЗ) причин возникновения аномалии и выдает рекомендации по их устранению. Успех ЭС во многом определяется полнотой и корректностью БЗ. Поэтому к вопросу представления знаний необходимо подходить с большой ответственностью.

На данный момент разделяют следующие основные модели представления знаний в интеллектуальных системах[1]:

- продукционные модели;
- семантические сети;
- фреймы.

Проверка соответствия входов испытываемого ШУ – часть процесса тестирования, производимого на начальном этапе испытания. Диагностический комплекс производит имитацию аналоговых и дискретных сигналов на уровне клемм, что позволяет проверить и электрические цепи управления. На соответствующий вход испытываемой системы подается унифицированный сигнал, состояние контроллерного оборудования определяется по интерфейсному каналу. В результате данного испытания выявляются аномалии, связанные с несоответствующим уровнем сигнала на проверяемых входах. При этом факт «Уровень сигнала» может принимать три значения: «высокий», «низкий», «отсутствует». Факт «тип сигнала» принимает значения «ток», «напряжение», «сопротивление» (Таблица 1). Каждой комбинации значений фактов соответствует заключение о причинах неполадок.

Таблица 1 – Причины возникновения аномалии

		Аномалия: несоответствующий уровень сигнала		
		высокий	низкий	отсутствует
Тип сигнала	I	1) КЗ 2) неверная конфиг. устройства 3) неисправность испытат. к-са	1) неверная конфиг. устройства 2) неисправность испытат. к-са	1) обрыв цепи 2) перепутаны провода 3) неисправность испытат. к-са
	U	1) неверная конфиг. устройства 2) неисправность испытат. к-са	1) неисправность испытат. к-са	1) КЗ 2) обрыв цепи 3) перепутаны провода 4) неисправность испытат. к-са
	R	1) обрыв цепи 2) неверная конфиг. устройства 3) неисправность испытат. к-са	1) КЗ 2) неверная конфиг. устройства 3) неисправность испытат. к-са	1) КЗ 2) обрыв цепи 3) неисправность испытат. к-са

Дополняя систему сведениями, можно получить рекомендации по устранению этих причин:

ЕСЛИ высокий уровень сигнала И тип сигнала – ток, ТО короткое замыкание ИЛИ неверная конфигурация устройства ввода ИЛИ неисправность со стороны испытательного комплекса.

+ЕСЛИ короткое замыкание, ТО проверить проводку

+ЕСЛИ неверная конфигурация устройства ввода, ТО внести поправки в конфигурацию

+ЕСЛИ НЕ короткое замыкание И НЕ неверная конфигурация устройства ввода, ТО неисправность со стороны испытательного комплекса И провести диагностику комплекса.

Гибкость фреймовой модели в сочетании с простотой механизма логического вывода продукции определили использование продукционно-фреймовой модели организации БЗ данной ЭС.

### *Библиографический список*

1. Джарратано, Джозеф, Райли, Гари. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание. : Пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. – 1152 с. : ил. – Парал. Тит. Англ. ISBN 978-5-8459-1156-8 (рус.)

## СЕКЦИЯ 2

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

---

*Балашов А.А.*

### СОДЕРЖАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА

*Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»  
(e-mail: enefsystem@nnn.tstu.ru, balashovalexei@yandex.ru)*

Предоставление потребителям коммунальных услуг в виде теплоснабжения осуществляется исполнителем в соответствии с законодательством Российской Федерации в рамках исполнения договора управления многоквартирным домом, в соответствии с

ГОСТ Р 51617, ГОСТ Р 56037 и ГОСТ Р 56038, путем заключения договоров с ресурсоснабжающими организациями. В состав системы теплоснабжения в соответствии с Федеральным законом от 27.07.2010 №190-ФЗ многоквартирного дома входит: узлы учета тепловой энергии; общедомовые приборы учета тепловой энергии; индивидуальные приборы учета тепловой энергии; система водяного отопления; отопительные приборы; запорно-регулирующая арматура; тепловая изоляция; контрольно-измерительные приборы.

Показатели качества теплоснабжения в точке поставки, включаемые в договор теплоснабжения, должны предусматривать температуру и диапазон давления теплоносителя в подающем трубопроводе. Температура теплоносителя определяется по температурному графику регулирования отпуска тепла из источника тепловой энергии, предусмотренного схемой теплоснабжения. Показатели качества теплоносителей, включаемые в договор теплоснабжения, должны предусматривать соответствие физико-химических характеристик требованиям технических регламентов и иным требованиям, установленным законодательством РФ в соответствии с постановлением Правительства РФ от 08.08.2012 г. № 808.

На вводе в многоквартирный дом теплопроводов центрального водяного отопления должна быть установлена запорная арматура, до и после нее – контрольно-измерительные приборы (манометры, термометры, приборы учета тепловой энергии и теплоносителя). Контроль-

но-измерительные приборы, регулирующая и запорная арматура должны находиться в технически исправном состоянии.

Трубопроводы узлов смешения тепловой энергии должны иметь тепловую изоляцию, исправность которой необходимо проверять не реже двух раз в год в соответствии с СП 61.13330.2012.

При ремонте пришедшая в негодность запорно-регулирующая арматура должна быть заменена в соответствии с проектом или рекомендациями специализированной организации с учетом современного уровня выпускаемого оборудования в соответствии с постановлением Госстроя России от 27.09.2003 г. № 170.

После окончания отопительного сезона, а также после монтажа, капитального ремонта, текущего ремонта с заменой труб все оборудование системы водяного отопления должно быть промыто и испытано гидравлическим давлением согласно СНиП 3.05.01–85, СНиП 3.05.03–85. В открытых системах водяного отопления до ввода в эксплуатацию системы должны подвергаться дезинфекции. Водяное давление в трубопроводах при промывке должно быть не выше рабочего. Скорость воды должна превышать расчетную скорость теплоносителя не менее чем на 0,5 м/сек. Расход воды при промывке должен превышать расчетный расход теплоносителя от трех до пяти раз. Гидропромывка проводится до полного осветления промывочной воды на выходе из спускников системы водяного отопления. При проведении гидропневматической промывки расход водовоздушной смеси не должен превышать от трех до пяти – кратного расчетного расхода теплоносителя.

Для защиты от внутренней коррозии системы теплоснабжения должны быть постоянно заполнены деаэрированной водой, химически очищенной водой или конденсатом. Испытания на прочность и плотность оборудования систем теплоснабжения проводятся ежегодно после окончания отопительного сезона для выявления дефектов, а также перед началом отопительного периода после окончания ремонтных работ. При содержании систем теплоснабжения многоквартирного дома обеспечивается: равномерный прогрев всех отопительных приборов; залив верхних точек системы теплоснабжения: не превышение допустимого для отопительных приборов давления воды в системе теплоснабжения; поддержание расчетного коэффициента смешения на элеваторном узле или насосном смесительном устройстве; полная конденсация пара, поступающего в нагревательные приборы, исключение его пролета; возврат конденсата из системы теплоснабжения.

Таким образом, своевременная модернизация систем теплоснабжения с использованием современных технологий, материалов и оборудования, с широкой автоматизацией технологических процессов является очень важной задачей.



*Балашов А.А., Сысоева Е.Н.*

## **СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(enefsystem@nnn.tstu.ru, balashovalexey@yandex.ru)*

Увеличение производственной деятельности человека в развитых странах привели к большим позитивным преобразованиям в мире – созданию мощного промышленного и сельскохозяйственного потенциала, широкому развитию всех видов транспорта, ирригации и мелиорации больших земельных площадей [1]. Одновременно ухудшилось состояние окружающей среды. Загрязнение окружающей среды промышленными отходами достигло угрожающих размеров. Происходит непрерывное истощение невозобновляемых природных ресурсов. Дальнейшее ухудшение состояния биосферы может привести к отрицательным последствиям для человечества. Поэтому охрана окружающей среды стала одной из важнейших проблем. В защите от биосферы от промышленных выбросов в настоящее время наметилось несколько направлений:

1) создание бессточных технологических производств на основе рекуперационных методов очистки сточных вод и создание замкнутых циклов;

2) разработка и внедрение систем переработки отходов производства и потребления, которые рассматриваются как вторичные материальные ресурсы;

3) создание новых процессов получения традиционных видов продукции, исключающих образование основных количеств отходов или сокращение их объемов, а также обеспечивающих комплексное использование сырья.

Для реализации указанных направлений применяются эффективные рекуперативные установки, позволяющие улавливать и перерабатывать отходы в сырье.

Рассмотрим в качестве примера систему водоотведения расположенного в поселке городского типа (пгт) Смирных в Сахалинской области. Для обеспечения комфортной среды проживания населения пгт Смирных имеется централизованная система водоснабжения и централизованная система водоотведения. Отвод фекальных стоков с территории пгт Смирных предусмотрен на очистные сооружения «БР-1600». Источником водоснабжения пгт Смирных, является водозаборный узел. Источником водоснабжения очистных сооружений, является

ся сеть водопровода. Водоснабжение очистных сооружений осуществляется врезкой в существующую сеть.

Сеть предусматривается тупиковая из труб ПЭ100 SDR17 диаметром 110 мм по ГОСТ 18599-2001\*. Водоснабжение зданий осуществляется путем устройства самостоятельных вводов диаметром от 63 до 110 мм. Для учета расходуемой воды, на вводе водопровода в каждом здании предусматриваются водомерные узлы.

Предусмотрены следующие системы водоотведения:

- система хозяйственно-бытовой канализации;
- система напорной хозяйственно-бытовой канализации;
- система отвода дренажных и промывных вод;
- система отвода очищенных и обеззараженных стоков.

Сооружение биологической очистки представляет собой блочно-модульное быстровозводимое здание, со всем необходимым оборудованием, на базе установки «БР-1600».

Основное технологическое оборудование и емкости поставляются в металлоконструкциях полной заводской готовности блочно-модульного типа, что позволяет в кратчайшие сроки производить строительные-монтажные работы. Блок емкостных сооружений станции состоит из блок-контейнеров заводского изготовления, размещаемых внутри отапливаемого здания.

В процессе очистки сточные воды проходят следующие стадии обработки: механическая очистка; усреднение; денитрификация; биологическая очистка; реагентная обработка; доочистка;

УФ-обеззараживание; уплотнение осадка; обезвоживание осадка.

Особое значение имеет развитие современной системы водоотведения и производственных сточных вод, обеспечивающих высокую степень защиты окружающей природной среды от загрязнений. Наиболее существенные результаты получены при разработке новых технологических решений в вопросах эффективного использования воды систем водоотведения и очистки производственных сточных вод.

### ***Библиографический список***

1. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Соловьев Г.С. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. М.: Химия, КолосС, 2005. 392 с.

## ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛА И ГАЗА ПРИ СУШКЕ В НАПРАВЛЕННО ПЕРЕМЕЩАЮЩЕМСЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Воронежский государственный технический университет  
alekn85@mail.ru

В настоящей работе получены временные зависимости влагосодержания фаз направленно перемещающегося псевдоожигенного слоя. Фазы псевдоожигенного слоя представляют собой дисперсный материал, в порах которого содержится жидкость, и сушильный агент – газ, содержащий пары этой жидкости.

Принятая в работе математическая модель относится к классу полуэмпирических. В качестве базовых уравнений модели выбраны соотношения баланса влаги для материала и сушильного агента [1, 2], а также эмпирические соотношения А.В. Лыкова [3]. Принимаются также упрощающие допущения, указанные в работе [2].

При переходе к безразмерным переменным получена следующая система дифференциальных уравнений, описывающих процесс влагообмена:

$$\begin{cases} \dot{\vec{W}}(\tau) = \hat{B} \cdot \vec{W}(\tau) + \vec{b}, \\ \vec{W}(0) = \vec{0}, \end{cases} \quad (1)$$

где точка над буквой обозначает дифференцирование по безразмерной переменной  $\tau = j \cdot (\tau' - \tau'_{кр})$ ;  $\tau'$  - время сушки, с;  $\tau'_{кр}$  - время, соответствующее критическому влагосодержанию материала, с;

$\vec{W}(\tau) = \text{colon}(W_1(\tau), W_2(\tau))$ ,  $W_k(\tau) = w_k(\tau) - w_{k0}$ ,  $w_{k0} = w_k(0)$  ( $k = 1, 2$ );

$$\vec{0} = \text{colon}(0, 0); \vec{b} = \text{colon}\left(-\frac{k \cdot S_1}{j}(w_{10} - w_{1p}), 0\right);$$

$$\hat{B} = \begin{bmatrix} -\beta & 0 \\ -\frac{1}{\gamma} \frac{G_1}{G_2} & -\frac{1}{\gamma} \end{bmatrix}; \beta = \frac{G_1 + kF_1}{G_2}; \gamma = \frac{M_2}{M_1}; S_1 = \frac{F_1}{M_1}; j = \frac{G_2}{M_1}.$$

Здесь  $G_1$ ,  $G_2$  – массовый расход материала и газа, кг/с;  $M_1$ ,  $M_2$  – масса материала и газа в псевдоожигенном слое, кг;  $w_1$ ,  $w_2$  – влагосодержание материала и газа, кг/кг;  $w_{1p}$  – равновесное влагосодержание материала, кг/кг;  $k$  – интенсивность сушки, кг/(с·м<sup>2</sup>);  $F_1$  – площадь поверхности дисперсного материала в слое, м<sup>2</sup>.

Из вида матрицы  $\hat{B}$  следует, что могут реализоваться два типа решения уравнения (1) в зависимости от величины отношения параметров  $(G_1/M_1 + k \cdot S_1)$  и  $(G_2/M_2)$ . В том случае, когда это отношение отличается от единицы, решение уравнения (1) имеет вид:

$$W_1(\tau) = -W_{11} \cdot (1 - e^{-\beta \tau}), \quad (2)$$

$$W_2(\tau) = W_{21} \frac{(1 - e^{-\beta \tau}) - \gamma \cdot \beta (1 - e^{-\tau/\gamma})}{1 - \gamma \cdot \beta}, \quad (3)$$

где  $W_{11} = \frac{k \cdot S_1}{j} \cdot \frac{w_{10} - w_{1p}}{\beta}$ ;  $W_{21} = \frac{G_1}{G_2} \cdot W_{11}$ .

Если отношение указанных параметров равно единице, получаем решение уравнения (4) в виде:

$$W_1(\tau) = -W_{12} \cdot (1 - e^{-\tau/\gamma}), \quad (4)$$

$$W_2(\tau) = W_{22} \cdot \left( 1 - \left( \frac{\tau}{\gamma} + 1 \right) e^{-\tau/\gamma} \right), \quad (5)$$

где  $W_{12} = \gamma \cdot \frac{k \cdot S_1}{j} \cdot (w_{10} - w_{1p})$ ;  $W_{22} = \frac{G_1}{G_2} \cdot W_{12}$ .

Критическое влагосодержание материала определяется с помощью уравнений кривых скорости сушки для первого и второго периодов [3], модифицированных на случай направленного перемещения материала. Решение имеет вид:

$$w_{10} = w_{1н} - N_0 \frac{G_2}{G_1} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{G_1}{G_2} \tau_{кр}\right) \right]. \quad (6)$$

где  $N_0 = N/j$ ;  $N$  – скорость сушки в первом периоде,  $c^{-1}$ ;  $w_{1н}$  – влагосодержание материала в начале процесса сушки, кг/кг;  $\tau_{кр}$  – продолжительность первого периода сушки в безразмерном виде.

### *Список литературы*

1. Шишацкий Ю.И. Математическое описание процесса сушки дисперсных материалов в псевдооживленном слое / Ю.И. Шишацкий, В.А. Бырбыткин, С.В. Лавров // Вестник ВГТУ. – 2006. – Т. 2. – № 6. – С. 56-61.
2. Надеев А.А. Процессы тепло- и массопереноса в псевдооживленном слое для второго периода сушки / А.А. Надеев, Ю.Н. Агапов, А.П. Бырдин // Вестник ВГТУ. – 2012. – Т. 8. – № 11. – С. 132-137.
3. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

*Висков О.В., Никулин С.С., Мочалин С.Н., Майникова Н.Ф.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЭПОКСИДНЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»Россия, Тамбов,  
teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Эпоксидные олигомеры и полимеры широко используют в качестве матриц для получения углепластиков, характеризующихся сочетанием высокой прочности и жесткости с малой плотностью, низким температурным коэффициентом трения, высокими тепло- и электропроводностью, износостойкостью, устойчивостью к термическому и радиационному воздействиям.

Известна работа [1], где детально исследуются свойства композита, представляющего собой полимер с добавлением 1 и 2% многослойных углеродных нанотрубок (УНТ).

В данной работе экспериментальные исследования температурных зависимостей теплопроводности проводились на образцах полимерных композиционных материалов, в качестве матриц которых использована эпоксиноволачная смола DEN 425, отвержденная метилэндиковым ангидридом дикарбоновой кислоты (МЭА). В качестве ускорителя в композите использован 2,4,6 – трис (диметиламинометил) фенол (УП 606/2), в качестве наполнителей применены многослойные углеродные нанотрубки в растворе Лапролат-301 (олигоэфирциклокарбонат) в концентрациях до 1%.

Технология приготовления образцов из композитов для испытаний заключалась в следующем. В емкость для смешения к эпоксиноволачной смоле первоначально добавлялась паста наночастиц в активном разбавителе, затем отвердитель и в последнюю очередь – ускоритель. Смесь оставляли отстояться при комнатной температуре около одного часа, для того чтобы вышли пузырьки воздуха. Далее в предварительно разогретую форму (около 100°C) заливались композиционные составы. Форма помещалась в термошкаф, разогретый до значений температуры 160 – 180°C. Время выдержки при температуре – 2 часа.

Температурные зависимости теплопроводности полимерных композиционных материалов, содержащих углеродные нанотрубки, получены на измерительной системе, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы температуры [1].

Зависимости теплопроводности композиционных материалов на основе эпоксиноволачной смолы с наполнителем УНТ от температуры

представлены на рисунке. Каждая из зависимостей 1 – 3 представляет собой результат усреднения трех параллельных опытов.

Наполнение эпоксисоволачной смолы DEN 425 углеродными нанотрубками в количестве до 1% (0,3 и 0,7%) несколько снижает теплопроводность материала во всём исследуемом интервале значений температуры (70...140 °С), фактически не меняя характера зависимости.

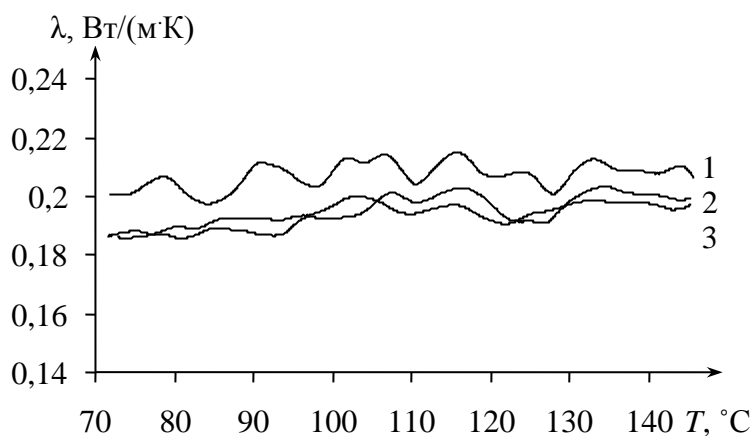


Рис.1 Зависимости теплопроводности материалов на основе эпоксисоволачной смолы с наполнителем УНТ от температуры. Количество наполнителя: 1 – исходный материал; 2 – 0,3 % УНТ; 3 – 0,7 % УНТ.

Несмотря на высокую теплопроводность отдельных углеродных нанотрубок, входящих в состав материала, теплопроводность композитов, полученных с их помощью, снижается. Причиной этого могут быть: способность УНТ поглощать газообразные и жидкие вещества (воздух, олигоэфирциклокарбонат), неравномерное распределение углеродных нанотрубок в полимерной матрице.

#### *Список литературы*

1. Исследование температурных зависимостей теплопроводности эпоксидных углепластиков / Н.Ф. Майникова, С.С. Никулин, В.С. Осипчик и др.// Пластические массы. – № 9-10. – 2014. – С. 35 – 37.

*Гришин А.В., Мочалин С.Н., Никулин С.С., Майникова Н.Ф.*

## **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»Россия, Тамбов,  
teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Разработка новых композиционных материалов, компоненты которых существенно отличаются по свойствам, а их сочетание даёт весьма полезный синергетический эффект, актуальна. Получение, исследование свойств и применение полимерных нанокомпозитов в качестве функциональных материалов перспективно.

Наполняя полимерные матрицы углеродными нанотрубками (УНТ), можно получать большое разнообразие композитов. УНТ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повышает прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. УНТ придают полимерам жесткость и повышают удельные характеристики значений прочности и жесткости композитов, т.е. заметное улучшение свойств достигается при меньших по сравнению с другими наполнителями количествами вводимых УНТ.

Целью данной работы являлось исследование температурных зависимостей теплопроводности композиционных материалов на основе полипропилена (ПП), наполненного углеродными нанотрубками.

Полипропилен широко применяется в технике. Наполненный полипропилен выдерживает конкуренцию с другими полимерами, так как обладает высокой термостойкостью, низким водопоглощением и хорошими диэлектрическими характеристиками.

Известна работа [1], где детально исследуются свойства композита, представляющего собой полимер с добавлением УНТ. Представлены физико-механические, реологические и деформационные характеристики ПП.

Температурные зависимости теплопроводности ПП, содержащего УНТ, получены на измерительной системе, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы температуры [2].

Зависимости теплопроводности композиционных материалов на основе ПП с наполнителями УНТ от температуры представлены на рисунке. Каждая из зависимостей представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

Наполнение ПП углеродными нанотрубками в количестве 0,1 % несколько повышает теплопроводность материала во всём исследуемом интервале значений температуры (55...110°C), фактически не меняя характера зависимости.

Учитывая высокую теплопроводность отдельных углеродных нанотрубок, входящих в состав материала, теплопроводность композитов, полученных с их помощью, повышается.

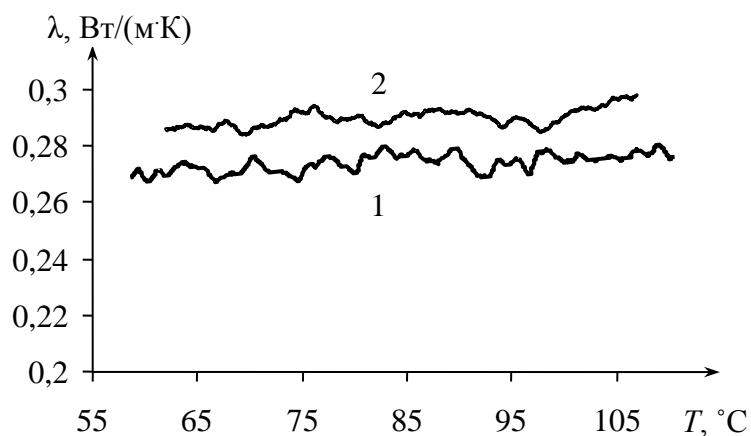


Рис.1 Зависимость теплопроводности полипропилена (1) и композита из полипропилена с углеродными нанотрубками (2).

#### *Библиографический список*

1. Шитов, Д.Ю. Композиционные материалы на основе полипропилена с углеродными наполнителями / Д.Ю. Шитов, Т.П. Кравченко, В.С.Осипчик, Э.Г. Раков // Пластические массы . – 2013. – № 3. – С. 29 – 32.
2. Исследование температурных зависимостей теплопроводности эпоксидных углепластиков / Н.Ф. Майникова, С.С. Никулин, В.С. Осипчик и др. // Пластические массы. – № 9 - 10. – 2014. – С. 35 – 37.



*Губарев В.Я. Арзамасцев А.Г. Картель А.Ю.*

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНЫХ АГРЕГАТОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОДНОВРЕМЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ХОЛОДА**

*Липецкий государственный технический университет  
(zetzervam@gmail.com, arzamastcev-ag@mail.ru, gv\_lipetsk@rambler.ru)*

В настоящее время в нашей стране все большую актуальность приобретает проблема энергосбережения. Одним из вариантов решения этой проблемы может стать использование дополнительных энергетических потенциалов традиционных энергоресурсов. В частности, при применении газообразного топлива в качестве источника тепла практически не используется энергия давления транспортируемого газа. Выходом из данной ситуации является установка перед котлом детандер - генераторного агрегата (ДГА), в котором энергия газа преобразуется в детандере в механическую работу, а механическая энергия, полученная в детандере, может быть преобразована в электрическую в генераторе, соединенном с детандером.

Особенностью применения детандер-генераторного агрегата для выработки электроэнергии является необходимость подогрева газового потока.

В работе [3] предложена схема, в которой подогрев заменен адсорбционной осушкой, что делает возможным использование детандер-генераторного агрегата при низких температурах без риска образования в нем, либо после него, конденсатов и гидратов.

Проведем эксергетический анализа влияния входного давления и сезонности на основные параметры работы ДГА. Зададимся следующими условиями: относительный внутренний КПД детандера не превышает 85%; параметры газа на выходе постоянны: температура – 50 °С и давление 0,2 МПа; параметры газа и окружающей среды по сезонам: зима: газ +5 °С, воздух – 15 °С; весна: газ +5 °С, воздух +5 °С; лето: газ +20 °С, воздух +15 °С; осень: газ +10 °С, воздух +10 °С. диапазон изменения входного давления от 0,7 МПа до 1,3 МПа с шагом 0,3 МПа; расход газа примем постоянным 100000 м<sup>3</sup>/ч.

Анализ полученных результатов при постоянном давлении позволяет сделать следующие выводы:

1. Наибольший эксергетический КПД у одноступенчатой схемы, но при тех же давлениях одноступенчатая схема вырабатывает по сравнению с двухступенчатой на 30% меньше электроэнергии и холода.

2. Следующим важным фактором является эксергетический потенциал холода, который увеличивается с ростом температуры окружающей среды, поэтому летом эксергетический КПД максимален.

3. В зависимости от сезона удельная выработка электроэнергии может изменяться в пределах 15 % от своего среднегодового значения.

Анализ зависимости параметров работы от величины входного давления дает следующие результаты:

1. С увеличением входного давления удельная выработка электроэнергии растет.

2. Эксергетический КПД одноступенчатой схемы сильно зависит от входного давления, в то время как КПД двухступенчатой схемы практически не подвержен этому влиянию.

Сравнительный анализ показателей работы одноступенчатой и двухступенчатой схем показывает, что несмотря на высокие показатели эффективности одноступенчатой схемы с точки зрения эксергетического анализа, она имеет ряд ограничений в использовании и в некоторых случаях может быть значительно менее эффективна в сравнении с двухступенчатой.

#### ***Библиографический список***

1. Агабабов В.С., Джураева Е.В., Корягин А.В., Лоозе П., Хамер Ю. Сравнение различных способов подогрева газа в детандер генераторных агрегатах на ТЭЦ // Вестник МЭИ. – 2003. - № 5. - с. 101 - 103.

2. Губарев В.Я., Картель А.Ю. Разработка схемы и эксергетический анализ работы ДГА с возможностью одновременного получения электроэнергии и «глубокого холода» // Вестник ВГУИТ. – 2014. - №3.- с. 41.

***Зварыкин И.И. Солженикин П.А. Стогней В.Г. Воронов Г.Г.***

### **УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ РАЗНОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО ФИЛЬТРА**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Воронежский государственный  
технический университет»  
(rufiky@mail.ru)*

В настоящее время, одновременно с ростом и бурным развитием промышленности, все большее внимание уделяется ее экологической обоснованности, а именно: проблеме очистки и утилизации отходов. На данном этапе, когда безотходная технология находится в периоде

становления, основной задачей очистки является доведение содержания токсичных примесей в отходах, в частности, в газовых смесях, до предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных санитарными нормами.

Принцип метода, на котором основан процесс очистки в разнотемпературном конденсационном фильтре, заключается в следующем: при очистке загрязненный газовый поток подается в разнотемпературный канал, в котором происходит конденсация паров примеси на ядрах конденсации, что приводит к их увеличению и росту до размеров капель. Ядрами конденсации могут служить механические частицы, газовые ионы. На определенном расстоянии от входа формируется зона устойчивого пересыщения, которое при необходимости регулируется в широких пределах температурами горячей и холодной стенок канала. Наличие ядер конденсации намного уменьшает требуемое пересыщение для конденсации паров примесей.

Фильтр выполнен в виде цилиндрической емкости (рис. 1), внутри которой двумя поверхностями (горячей и холодной стенками) образован канал для прохода газового потока. Пространство между горячей стенкой и корпусом фильтра заполнено горячей водой, требуемая температура которой достигается с помощью электронагревателей. Необходимая температура холодной поверхности обеспечивается изменением расхода проточной холодной водой. Для сбора и измерения количества выделяемого конденсата в нижней части камеры предусматривается система отвода конденсата.

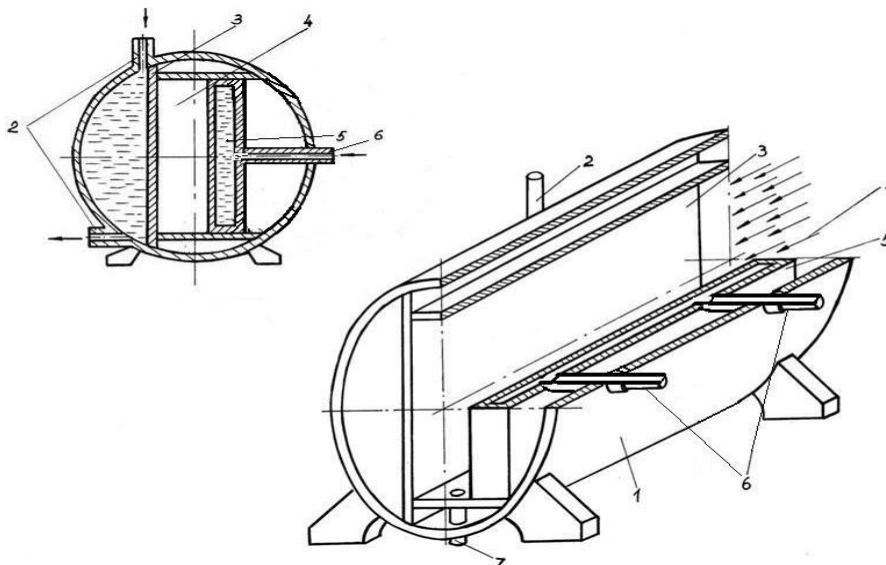


Рис. 2. Разнотемпературный конденсационный фильтр: 1 – корпус; 2 – подвод и отвод горячей воды; 3 – горячая стенка; 4 – поток в камере (канал); 5 – холодная стенка; 6 – подвод и отвод холодной воды; 7 – слив конденсата

Важной особенностью рассматриваемой схемы является непрерывное и неограниченное воспроизводство пересыщения вдоль всего разнотемпературного канала. При любой обычной схеме получения пересыщения потока избыточная влага, поглощаемая в процессе объемной конденсации, более не воспроизводится, вследствие чего размеры зоны пересыщения и время пребывания в ней взвешенных частиц сокращается, что лимитирует весовую концентрацию получаемого тумана. Объемная конденсация, интенсивно протекающая между поверхностями разной температуры, тоже приводит к снижению пересыщения за счет поглощения избыточной влаги и за счет выделяющейся теплоты конденсации. Однако в этом случае имеет место непрерывное воспроизводство избыточной влаги за счет непрекращающегося испарения с горячей поверхности, вследствие чего пересыщение не исчезает, а только убывает, притом по закону, не лимитирующему рост капелек и, следовательно, весовой концентрации тумана.

При такой организации температурного поля внутри канала обеспечивается смещение зоны конденсации от холодной стенки в ядро потока (конденсация в объеме), что приводит к более эффективно ведению процесса.

Разнотемпературный конденсационный фильтр более эффективно очищает газовый поток от жидкостных аэрозольных включений в режиме начального участка гидродинамической и тепловой стабилизации в отличие от работы установки в режиме развитой гидродинамической и тепловой стабилизации.

*Капанский А.А.*

**МНОГОФАКТОРНЫЙ АДТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОТВОДЕНИЯ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь  
(e-mail: kapanski@mail.ru)*

Государственным аппаратом регулирования потенциала энерго-сбережения в жилищно-коммунальной сфере является механизм нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Существующие методы оценки показателей энергоэффективности в системах водоснабжения и водоотведения основываются на определении затрат электроэнергии (ЭЭ) насосных агрегатов расчетно-

аналитическим методом, который базируется на фактических данных часового расхода воды, расчетном напоре и коэффициенте полезного действия:

$$W = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Q \cdot H}{\eta} \cdot t, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где  $Q$  – производительность насоса, м<sup>3</sup>/ч;  $H$  – потери напора по длине трубопровода с учетом местных потерь, м;  $\eta$  – коэффициент полезного действия агрегата.

Для сложных, развивающихся технологических систем использование классического подхода в оценке общих и удельных расходов ЭЭ может приводить к существенным погрешностям, так как отклонение любого параметра технологического оборудования от рабочего режима в процессе эксплуатации оказывает существенное влияние на качество полученного результата.

Таким образом, ставится актуальная задача в разработке методологического обеспечения позволяющего с наименьшей погрешностью оценивать энергетическую эффективность работы системы в целом, а также составных ее элементов условиях внутренних и внешних воздействий.

Наиболее подходящим методом диагностирования энергоэффективности технологических систем является расчетно-статистический, который основывается на сборе суточной информации электропотребления и основных воздействующих факторов [1]. Впервые такой метод был апробирован для предприятий трубопроводного транспорта нефти и предприятия по производству химических волокон [2].

Предлагаемая модель электропотребления в системы водоснабжения основывается на формуле:

$$W = f(Q_1, t_{\text{окр}}) = w_{\text{уд.тех}} \cdot Q_1 - a \cdot t_{\text{окр}} + W_{\text{усл.пост}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут.}$$

где  $w_{\text{уд.тех}}$  – удельный технологический расход (коэффициент регрессии), кВт·ч/1000 м<sup>3</sup>;  $Q_1$  – количество поднятой воды, м<sup>3</sup>;  $a$  – коэффициент регрессии при температуре, кВт·ч/°С;  $t_{\text{окр}}$  – температура окружающей среды, °С;  $W_{\text{усл.пост}}$  – условно-постоянная составляющая расхода ЭЭ, кВт·ч.

Использование статистических моделей для городских систем водоснабжения и водоотведения позволяет производить оценку результативности внедряемых мероприятий по энергосбережению, изменение удельного расхода при вводе водопроводных сетей, прогнозировать плановую потребность электроэнергии в условиях изменяющихся производственных программ.

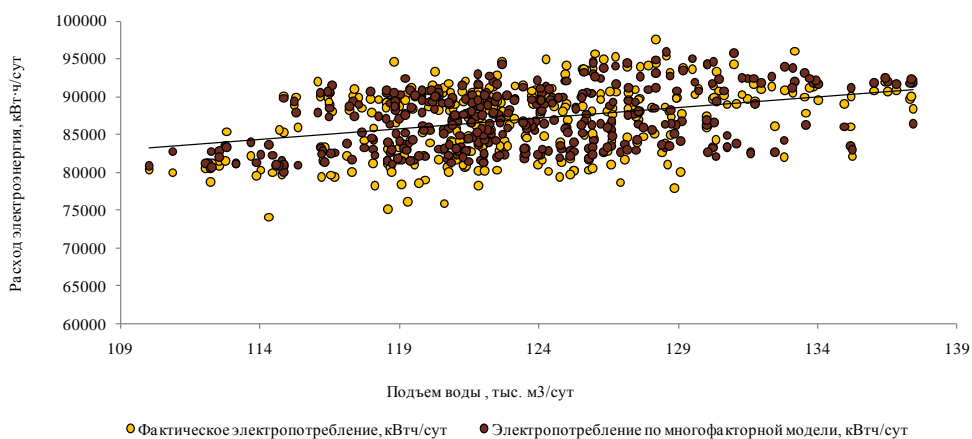


Рис. 1 – Моделирование режимов электропотребления

### *Библиографический список*

1. Токочакова Н.В., Мороз Д.Р. Расчетно-статистические модели режимов потребления электроэнергии как основа нормирования и оценки энергетической эффективности // Минск: «Энергоэффективность», №1, 2006. - с. 14-15., №2, 2006. - с. 14-15.

2. Токочакова Н.В. Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления// Энергетика, №2 (Изв. Высш. Учеб. Заведений и энергет. Объед. СНГ), 2006. – С 39.

***Ковалев С. В., Лазарев С.И., Попов Р.В., Ковалева О.А.***

### **ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАНЫ ОПМ-П И ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»Россия, Тамбов,  
(e-mail: sseedd@mail.ru).*

Мембранные технологии являются энергосберегающими, которые доказали свою эффективность в промышленности и лабораторной практике. Важным этапом для сравнения показателей энергоэффективности являются затраты работы при проведении пусконаладочных работ на производстве при продавливании через мембрану ОПМН-П дистиллированной воды.

Гидродинамическая проницаемость мембраны ОПМН-П:

$$\alpha = \frac{V}{F_M \cdot \tau \cdot P}, \quad (1)$$

где  $V$  - объем собранного пермеата,  $м^3$ ;  $\tau$  - время проведения эксперимента,  $с$ ;  $P$  - рабочее давление,  $МПа$ .

Площадь пористого образца мембраны прямоугольной формы:

$$F_M = a_M \cdot b_M \quad (2)$$

где  $a_M$ ,  $b_M$  - длина и ширина пористого образца мембраны, м.

Анализируя зависимость гидродинамической проницаемости мембраны ОПМН-II и относительную погрешность ее определения при продавливании через нее дистиллированной воды под давлением, (см. рис. 1) можно отметить, что гидродинамическая проницаемость мембраны при росте давления уменьшается, так как на данный коэффициент оказывает влияние уплотнение пористой структуры мембраны под давлением. Также снижается относительная погрешность определения величины гидродинамической проницаемости с ростом давления, так как на погрешность влияют промежуточные параметры величин входящих в формулу ее расчета.

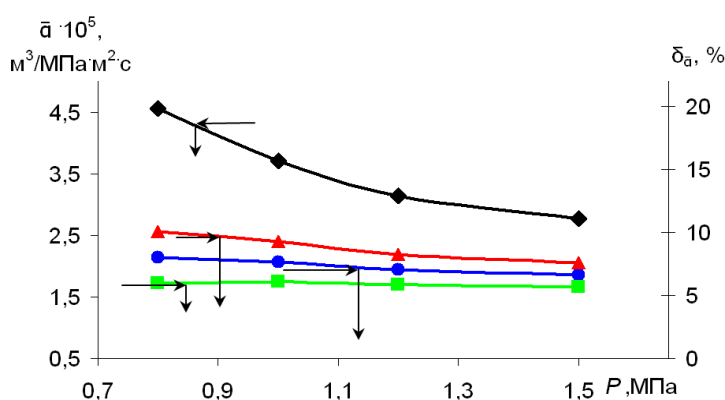


Рис. 1 Гидродинамическая проницаемость мембраны ОПМН-II и относительная погрешность ее определения при продавливании дистиллированной воды под давлением

Теоретические затраты энергии на процесс обработки дистиллированной воды при пропускании ее под давлением сквозь пористую структуру мембраны складываются из затрат на сжатие жидкости и ее продавливание без осуществления фазовых переходов в системе «мембрана-раствор» [1]:

$$A_T = A_C + A_{IP}, \quad (3)$$

Работа на сжатие жидкости  $A_C$  (практически несжимаемой среды) мала, и этим слагаемым можно пренебречь [1]:

$$A_T = A_{IP} = P \cdot V, \quad (4)$$

Теоретический расход энергии на продавливание дистиллированной воды для мембран ОПМН-II с ростом рабочего давления увеличивается (см. рис. 2), что связано с отсутствием осмотического давления и концентрационных явлений на мембране [2, 3].

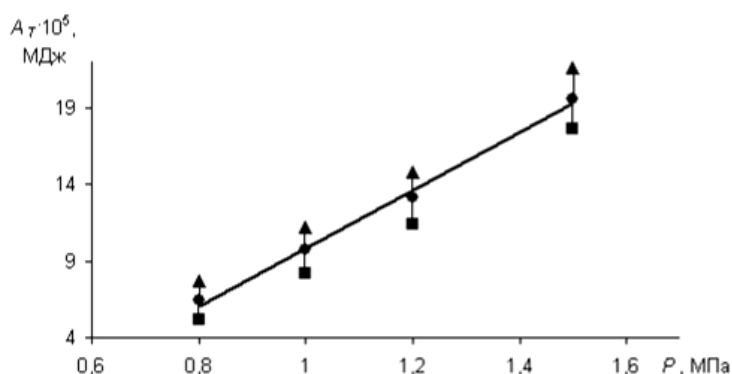


Рис. 2 Зависимость теоретического расхода энергии на продавливание под давлением дистиллированной воды через мембрану ОПМН-II при температуре  $T = 295 K$

### *Библиографический список*

1. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
2. Ковалев С.В. Методика исследования гидродинамической проницаемости мембран от градиента давления и температуры. Мембраны и мембранные технологии. 2013. Т 3, № 3. С. 191-198.
3. Ковалев С.В. Методика определения коэффициента гидродинамической проницаемости нанофильтрационной мембраны. Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2013. № 4. С. 20-22.

***Королева Н. А., Фокин В.М.***

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ТОРГОВОГО ЦЕНТРА**

*Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, Волгоград  
(e-mail: Koroleva\_80@inbox.ru)*

В современных торговых центрах системы вентиляции и кондиционирования воздуха являются основными потребителями электроэнергии в теплый период года и основными потребителями теплоты в холодный период года. Таким образом, при проектировании таких объектов снижение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования становятся особенно актуальной задачей.

Центральные системы кондиционирования воздуха с переменной первой рециркуляцией рекомендуется проектировать, если расчетный воздухообмен превышает необходимый объем наружного воздуха, и разрешается использование одного и того же воздуха по нор-



мативной документации. При повышенных требованиях к поддержанию параметров внутреннего воздуха, и относительной влажности в помещении следует предусматривать один рециркуляционный канал (канал первой рециркуляции), присоединяемый к кондиционеру до секции увлажнения или до воздухоохладителя.

При переменной тепловой нагрузке и не очень высоких требованиях к параметрам внутреннего воздуха и к относительной влажности в помещении разрешается применять системы кондиционирования воздуха с двумя рециркуляционными каналами с автоматическим изменением расхода воздуха между ними – канал первой рециркуляции и канал второй рециркуляции, присоединенный к кондиционеру после секции увлажнения или секции воздухоохладителя.

В здании торгового мебельного центра «Гранд-2» применялась системы с первой рециркуляцией. В этом здании мебельного магазина, очень трудно понять, что в данный момент на улице, зима или лето, потому что здание не связано с наружным воздухом, а внутри необходимо поддерживать определенные параметры воздуха. Так как это мебельный салон, окна занавешены, так как недопустимо попадание солнца на мебель. Получается, что люди, кто находится в здании, какая температура на улице все равно. Тепловыделения в помещении очень небольшие, и одинаковые, что в теплый, что в холодный периоды года. Потому что тут нет солнечной радиации, нет компьютерной техники, есть только люди и освещение, и мебель, которая ничего не выделяет. Так как теплопоступлений нет, то соответственно расход воздуха, в том числе расход наружного воздуха будет определен по людям, и будет минимальный.

Схема кондиционирования воздуха с переменной первой рециркуляцией предусматривает забор наружного воздуха, прохождение его через воздушные фильтры, далее воздухонагреватель, воздухоохладитель, и увлажнение воздуха.

В здании торгового центра было предусмотрено несколько вентиляционных центров, в каждом предусмотрено по два кондиционера. От каждого кондиционера идет по два приточных воздуховода. По заданию было предусмотрено два нижних этажа это обычная мебель, а два верхних этажа это элитная мебель. Поэтому количество людей на квадратный метр на этих этажах будет разное.

Далее идут два воздуховода, на которых предусмотрены воздухоохладитель и воздухонагреватель. Это выполнено для того, что бы разбить площадь помещения на более мелкие зоны. Т.е. в пределах зоны можно до греть, либо доохладить воздух, при необходимости.

Такая схема для данного торгового центра оказалась значительно эффективнее и экономичнее по капитальным, и по эксплуатацион-

ным затратам, чем система кондиционирования воздуха с фэнкойлами. Потому что семь месяцев в году такие системы кондиционирования работают без потребления холода и теплоты, а просто на максимальном расходе наружного воздуха. Когда проектируют системы кондиционирования воздуха, очень часто забывается, что кроме лета и зимы, есть еще и полгода переходного периода.

В связи с этим можно увидеть, что рециркуляция это энергоэффективное мероприятие.

При проектировании СКВ с переменной первой рециркуляцией, рекомендуется определять минимальное количество наружного воздуха, оно должно быть не менее:

- требуемого для поддержания в помещении избыточного давления;
- количества воздуха, поступающего в СКВ через приемный воздушный клапан при его полном закрытии;
- требуемого по санитарно-гигиеническим нормам на одного человека ;
- необходимого для компенсации воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, включая местные отсосы.

*Кузнецов М.А. \*, Овсянников П.О. \*,  
Григорьев Е.Б. \*\*, Лазарев А.С. \*\*\**

### **НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОНАСЫЩЕННОГО ПЛАСТА**

*\* ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,*

*\*\*ООО «ГазпромВНИИГаз», Россия, Москва,*

*\*\*\*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия, Москва,  
( kuznecam@mail.ru)*

Энергетическая и экономическая эффективность разработки нефтегазового месторождения, полнота извлечения углеводородов в значительной степени определяется корректной оценкой тепловой обстановки в системе «горная порода – насыщающий флюид – глубинное оборудование». В настоящее время расчет технологических параметров эксплуатации скважины выполняется из условия изотермической фильтрации флюида в коллекторе. Но в призабойной зоне пласта имеет место адиабатная фильтрация, с изменением давления и температуры системы. Тепловые возмущения в призабойную зону вносят также колонна скважины и глубинное скважинное оборудование. При

этом в системе возникают градиенты температуры и давления, которые приводят к искажению предполагаемой PVT зависимости и, соответственно, фазового состава извлекаемого флюида. Количественно оценить влияние указанных факторов на PVT обстановку в призабойной зоне невозможно без данных о теплофизических свойствах пластовых флюидов (теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности) и насыщенной ими породы коллектора.

Кроме того, при движении пластового флюида по стволу скважины возникают радиальные тепловые потоки, оценить которые невозможно без данных о его теплофизических свойствах.

Кроме того, наличие данных о теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности углеводородонасыщенной породы позволяет прогнозировать температуру на недостигнутых бурением глубинах.

Кроме того, любое воздействие на пласт технологическим агентом предполагает корректную оценку теплового взаимодействия между ним и насыщенной породой, которая невозможна без достоверных данных о теплоемкости насыщающего флюида.

Авторами предлагается следующий алгоритм прогнозирования теплоемкости углеводородонасыщенной породы при температуре 253-600 К и давлении до 100 Мпа. В образце породы выделяются три основных компонента и по построенным нами литологическим треугольникам определяется его теплоемкость при заданной температуре. Влияние температуры на теплоемкость при построении литологических треугольников нами оценивалось по уравнению Майера-Келли.

Для песчаных пород установлено, что теплоемкость слабо зависит от их минерального состава при температурах до 500К.

Влияние давления на теплоемкость сухой породы можно оценить только качественно в связи с отсутствием систематизированных экспериментальных данных при давлениях до 100 МПа и строгой теории теплоемкости твердого тела. Однако, в результате анализа публикаций по литологии горных пород установлено, что теплоемкость породы слабо зависит от давления, таким образом, влиянием давления на скелет сухой породы при прогнозных расчетах можно пренебречь в рассматриваемом интервале температур и давлений.

Углеводородный состав насыщающего твердый образец флюида при пластовый термобарических условиях может быть определен по данным геофизического исследования скважины, а его теплоемкость рассчитана по методам и программам, предложенным нами в [1, 2]. Тогда теплоемкость флюидонасыщенного образца породы может быть определена по аддитивной формуле (правило Неймана-Коппа) для равноправных составляющих.

К сожалению, без дополнительного систематизированного экспериментального изучения теплофизических свойств пород пластовых резервуаров точность их прогноза не выше 20-25%. В связи с чем нами предложен способ экспериментального определения их теплопроводности [3].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Грант 14-08-00067а).*

### **Библиографический список**

1. Кузнецов М.А., Овсянников П.О. Сравнительный метод расчета теплоемкости углеводородных газов при высоких параметрах состояния // Вестник ТГТУ.- Тамбов, 2012.- №2.- С. 123-130
2. Кузнецов М.А., Овсянников П.О. Подobie термодинамических свойств углеводородов в сверхкритической области // Вестник ТГТУ.- Тамбов, 2013.- №2.- С. 134-139.
3. Способ измерения теплопроводности пористых тел при всестороннем давлении// Патент РФ на изобретение № 2461818. Дата приоритета 18.04.2011. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 сентября 2012 г.

**Ляшков В.И., Комбарова Е.В.**

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ С ВЛАЖНЫМ ВОЗДУХОМ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Атмосферный воздух представляет собою смесь сухого воздуха с водяным паром, образующимся при испарении с открытых водных поверхностей. Поэтому его называют влажным воздухом. Термодинамические характеристики влажного воздуха: (давление  $p$ , температура  $t$ , относительная влажность  $\varphi$ , влагосодержание  $d$  и энтальпия  $H$ ) однозначно связаны друг с другом [1]:

$$d = 0,622 \frac{\varphi p_n}{B - \varphi p_n}, \quad (1)$$

$$H = 1,005t + (2500 + 1,97t)d, \quad (2)$$

где  $B$  – барометрическое давление;  $p_n$  - давление насыщения при температуре  $t$  влажного воздуха.

При расчетах процессов тепловлажностной обработки влажного воздуха в сушильном деле, в системах отопления и вентиляции, в системах кондиционирования воздуха или при расчетах отдельных процессов тепло- массообмена обычно требуется определить все 4 назван-

ные характеристики, хотя в зависимости от постановки конкретной задачи фактически известны значения только двух из них. В докомпьютерную эпоху для решения таких задач использовалась  $H - d$  диаграмма, графически отображающая расчетные результаты.

Сегодня, при решениях оптимизационных задач, в которых сопоставляются результаты многовариантных расчетов, использование  $H - d$  диаграммы неприемлемо. Поэтому с появлением персональных компьютеров (ПК) появились работы, направленные на решение специальных задач [2], а после включения в это направление мировых лидеров по ай-ти технологиям - универсальные пакеты для ПК: MathCAD, MatLAB и др. Самое широкое применение находят электронные таблицы MS Excel

Отметим что в формулу (1) величина  $t$  входит опосредствованно, через значение давления насыщенного водяного пара  $p_n$  при температуре  $t$ . Зная  $t$ , величину  $p_n$  можно найти по таблицам насыщения или рассчитать по формуле, приведенной в [3]:

$$p_n = \exp \left[ \sum_{i=1}^1 b_i \left( \frac{t + 273,15}{1000} \right)^i + b_2 \ln(t + 273,15) \right]. \quad (3)$$

В этой формуле коэффициенты  $b_i$  имеют следующие значения:  $b_{-1} = -7,82154$ ;  $b_0 = 82,8657$ ;  $b_1 = 10,28$ ;  $b_2 = -11,4878$ .

Формулу (2) путем простых алгебраических преобразований представим в виде зависимости  $d$  от остальных параметров ( $H$  и  $t$ ):

$$d = \frac{H - 1,005t}{2500 + 1,97t}. \quad (4)$$

Теперь мы можем решить задачу, приводя ее к виду  $F(x) = 0$ . Действительно, разница значений  $d$ , рассчитанных по формулам (1) с учетом соотношения (3) и (4), равна нулю ( $d - d = 0$ ). В результате получаем нелинейное уравнение вида  $F(x) = 0$ , которое может быть решено численными методами последовательных приближений по любым двум заданным параметрам из четырех  $t$ ,  $\varphi$ ,  $d$ ,  $H$ , влияющих на величину  $F(x)$ . При этом получаем 6 вариантов постановки и решения отдельных задач. Перечислим все их, выделяя жирным шрифтом изначально известные величины, а величины, которые следует рассчитать, оставив без выделения:

$$F(t, \varphi, d, H) = 0; F(t, \varphi, d, \mathbf{H}) = 0; F(t, \varphi, \mathbf{d}, H) = 0; F(t, \varphi, d, \mathbf{H}) = 0; \\ F(t, \varphi, \mathbf{d}, H) = 0; F(t, \varphi, \mathbf{d}, H) = 0.$$

Для решения любого из этих шести вариантов удобно использовать надстройку «Подбор параметра» пакета MS Excel.

Такая программа оформлена нами в виде электронного учебного пособия, где решение для каждого из возможных вариантов приводятся на отдельных листах – вкладках.

В отдельных случаях, например при расчётах систем кондиционирования воздуха, возникает проблема определения температуры мокрого термометра  $t_m$  или знание температуры точки росы  $t_p$ . Решение таких задач, как и обратных по постановке (по показаниям сухого и влажного термометров определить остальные характеристики влажного воздуха) так же помещены учебном пособии.

Таким образом нами разработан единообразный подход для решения различных по постановке задач, представленный как общедоступная Excel-программа для пользователей.

### ***Библиографический список***

1. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники: Учеб. пособие для вузов / В.И. Ляшков, 2-е изд., испр. и доп. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2015. 328 с
2. Ляшков, В.И. Компьютерные расчеты в термодинамике / В.И. Ляшков. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1997. 163 с.
3. Зубарев, В.Н. Практикум по технической термодинамике / В.Н. Зубарев, А.А. Александров, В.С. Охотин. – М.: Высш. шк., 1986. – 314 с.

***Медведева О.А., Рожков А.В., Никулин С.С., Майникова Н.Ф.***

## **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Армирование полимеров углеродными волокнами позволило создать новый класс полимерных конструкционных материалов – углепластиков.

Следует отметить большое разнообразие композитов, которые можно получать, наполняя полимерные матрицы углеродными нановолокнами (УНВ). Роль УНВ в композитах на полимерной основе может быть многообразной.

Во-первых, УНВ придают полимерам жесткость. Во-вторых, УНВ обладают высокой способностью к упругой деформации, что повышает прочность при растяжении композитов с наполнителями на их основе. В-третьих, УНВ повышают удельные характеристики значений прочности и жесткости композитов, т.е. заметное улучшение свойств достигается при меньших по сравнению с другими наполнителями количествами вводимых УНВ.

Целью данной работы являлось исследование температурных зависимостей теплопроводности композиционных материалов на основе полипропилена (ПП) и УНВ.

Полипропилен является одним из наиболее дешевых и доступных среди полимеров, применяемых в технике. Как термопласт технического назначения, наполненный полипропилен выдерживает конкуренцию с другими полимерами, так как обладает высокой термостойкостью, низким водопоглощением и хорошими диэлектрическими характеристиками.

В работе были использованы углеродные нановолокна, полученные по методу, описанному в работе [1].

Температурные зависимости теплопроводности полимерных композиционных материалов, содержащих УНВ, получены на измерительной системе, позволяющей в одном краткосрочном эксперименте определять температурные зависимости теплопроводности твердых материалов через определяемые программно интервалы температуры [2].

Зависимости теплопроводности композиционных материалов на основе ПП с наполнителями УНВ от температуры представлены на рисунке. Каждая из зависимостей представляет собой результат усреднения пяти параллельных опытов.

Наполнение ПП углеродными нановолокнами в количестве 0,1% несколько снижает теплопроводность материала во всем исследуемом интервале значений температуры (70...110°C), фактически не меняя характера зависимости.

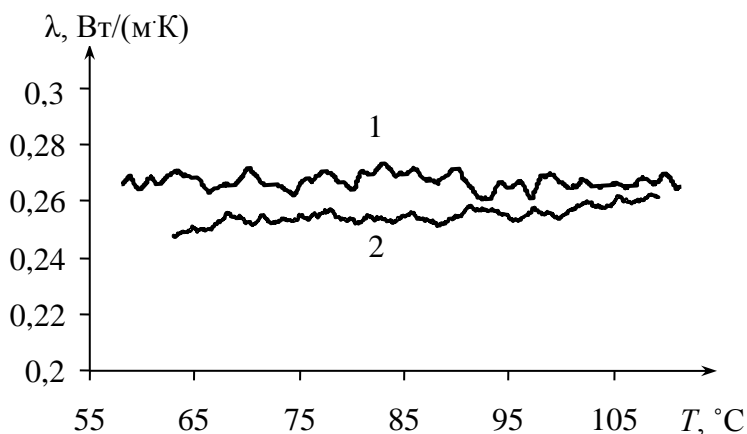


Рис.1 Зависимость теплопроводности полипропилена (1) и композита из полипропилена с углеродными нановолокнами (2).

Несмотря на высокую теплопроводность отдельных углеродных волокон, входящих в состав материала, теплопроводность композитов, полученных с их помощью, снижается. Причиной этого могут

быть: способность УНВ поглощать газообразные и жидкие вещества (воздух, олигомеры), неравномерное распределение углеродных нанонаполнителей в полимерной матрице.

### *Библиографический список*

1. Раков Э.Г. Непрерывный процесс получения углеродных нановолокон / Э.Г. Раков, С.Н. Блинов, И.Г.Иванов, Е.В. Ракова, Н.Г. Дигуров // Журнал прикладной химии. – 2004. –Т.77. – № 2. – С. 193 – 196.

2. Исследование температурных зависимостей теплопроводности эпоксидных углепластиков / Н.Ф. Майникова, С.С. Никулин, В.С. Осипчик и др.// Пластические массы. – № 9 -10. – 2014. – С. 35 – 37.

*Рогов И.В., Бородавкин Д.Г., Никулин С.С.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ В СИСТЕМЕ COMSOL**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Одними из целей теплотехнических расчётов ограждающих конструкций зданий являются: определение температур на внутренней поверхности наружных ограждений, в толще ограждающих конструкций на стыке материальных слоёв, а также построение графиков распределения температур по сечению ограждающих конструкций для определения зоны возможного промерзания. Нарушение температурного режима, вызванное ошибками конструирования, может проявиться в выпадении конденсата, образовании плесени, повреждении отделочных покрытий, ухудшению теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций.

Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций зданий проводятся с использованием нормативных документов [1, 2]. В результате расчётов получают усреднённые значения температур отдельных поверхностей ограждающих конструкций, которые могут существенно отличаться от значений температуры в теплотехнически неоднородных узлах [3]. Теплотехническая неоднородность конструкций может быть обусловлена их формой, а также наличием различных теплоизоляционных вкладышей или теплопроводных включений (плит перекрытий, перегородок, конструктивных элементов и т.п.).



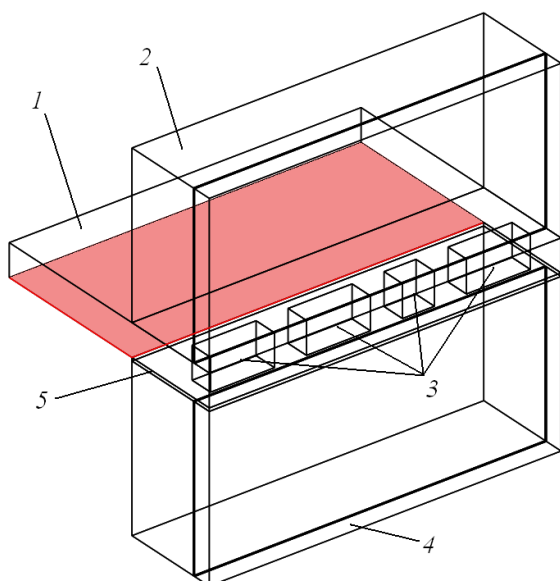


Рис. 1. Схема конструкции  
 1 – плита железобетонная;  
 2 – бетон ячеистый;  
 3 – кладка кирпичная;  
 4 – теплоизоляционные вкладыши;  
 5 – наполнитель.

Расчет таких узлов требует, как правило, постановки и решения задачи моделирования трехмерного температурного поля. Решить обозначенные задачи позволяет численное моделирование в пакете COMSOL Multiphysics. Программный пакет включает в себя специальные модули, позволяющие проводить расчет процессов теплообмена, прочностные и другие расчеты.

В пакете COMSOL Multiphysics проведено моделирование трехмерного температурного поля сопряжения наружной стены с плитой перекрытия, содержащей теплоизоляционные вкладыши (рис. 1). В качестве примера результатов расчёта на рис. 2 приведено температурное поле нижней поверхности плиты перекрытия. Как видно из представленного распределения температур, влияние особенностей теплопередачи может быть весьма существенным и требует соответствующего учета при проектировании.

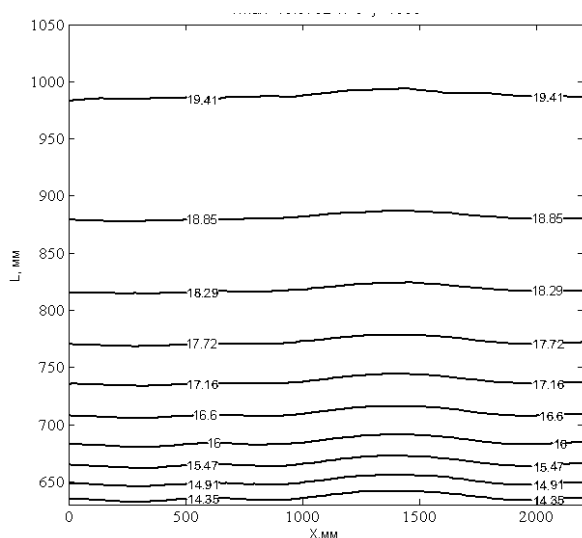


Рис. 2. Температурное поле на поверхности плиты перекрытия, выделенной затемнением на схеме конструкции (рис. 1)

Результаты моделирования трехмерного температурного поля в пакете COMSOL Multiphysics позволили: исследовать температурные поля в узлах с неблагоприятным температурным режимом; проанализировать влияние геометрических параметров и свойств материалов теплоизоляционных вкладышей на характер температурных полей.

### *Библиографический список*

1. СНиП II-3-79\* Строительная теплотехника.
2. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. –256 с.

*Фокин В.М., Ковылин А.В., Попова А.В.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОДНОКАМЕРНОГО СТЕКЛОПАКЕТА**

*ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет, Россия, Волгоград  
(e-mail: Fokinvm@mail.ru)*

Основная функция окна – обеспечить естественное освещение помещений и способствовать обеспечению комфортных условий в помещениях. Т.к. наибольшие потери теплоты в ограждениях зданий проходят через стеклопакеты, то чтобы снизить потери теплоты и обеспечить комфортные условия, стеклопакет должен быть с низким эквивалентным коэффициентом теплопроводности [1] и высоким эквивалентным термическим сопротивлением теплопроводности [1]. То есть для решения проблемы энергосбережения и снижения потерь теплоты в окружающую среду от наружных ограждений зданий — стеклопакетов, нужно знать теплофизические свойства (ТФС).

ТФС однокамерного (4–16–4) мм стеклопакета толщиной 24 мм определили методом неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов и установкой для его осуществления, патент на изобретение РФ [2]. Выполнив всё последовательно, как в патенте [2], получили экспериментальные данные ТФС однокамерного стеклопакета, приведённые в таблице 1.

По полученным экспериментальным данным температуры поверхности со стороны нагревателя однокамерного стеклопакета построили график температурной волны исследуемого материала до наступления стационарного режима, приведённый на рис. 1.

Таблица 1 ТФС однокамерного стеклопакета (4–16–4)

Вре- мя $\tau$ , мин	Темпе- ратура $T$ , °С	Тепловой поток $q$ , Вт/м <sup>2</sup>	Продолжение табл. 1			Окончание табл. 1		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	21,5	13	14	30	167	28	36	192
1	21,9	53	15	30,5	169	29	36,4	194
2	22,6	85	16	30,9	171	30	36,8	196
3	23,4	108	17	31,4	173	31	37,1	199
4	24,2	123	18	32	174	32	37,5	201
5	24,9	134	19	32,4	177	33	37,8	202
6	25,5	140	20	32,8	178	34	38,1	203
7	26,1	145	21	33,2	179	35	38,5	205
8	26,7	150	22	33,6	180	36	38,7	207
9	27,3	154	23	34,1	182	37	39	208
10	27,8	157	24	34,5	184	38	39,1	208
11	28,4	160	25	34,8	186			
12	28,9	164	26	35,3	189			
13	29,4	166	27	35,6	191			

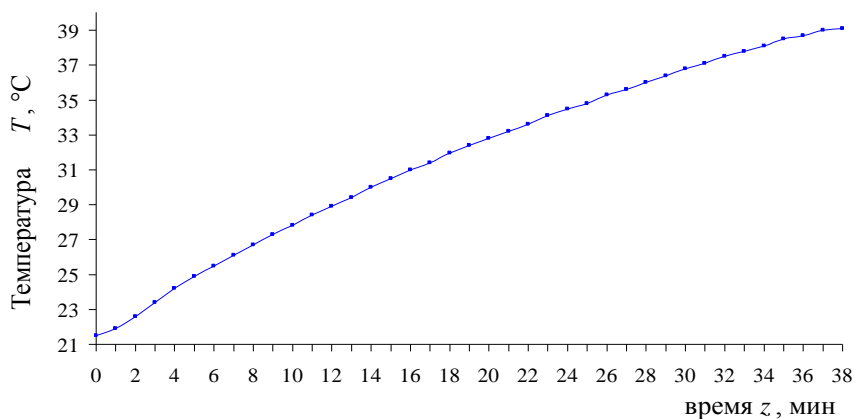


Рис. 1. График температурной волны однокамерного стеклопакета (4–16–4)

Амплитуду колебаний температурной полуволны рассчитаем по формуле (1)

$$\vartheta_{\pi} = 0,5(T_{\max} - T_{\min}) = 0,5(34,8 - 21,9) = 6,45, \text{ °С.} \quad (1)$$

Тепловую активность определим по формуле (2)

$$B = \frac{q}{\vartheta_{\pi}} = \frac{186}{6,45} = 28,8, \text{ Вт/м}^2\text{К.} \quad (2)$$

Далее, по формуле (3) рассчитываем объемную теплоемкость:

$$c_{\text{ср}} = \frac{B^2 \cdot z}{\lambda_{\text{экв}} \cdot 2\pi} = \frac{28,8^2 \cdot 1440}{0,17 \cdot 2 \cdot 3,14} = 1119, \text{ кДж/м}^3\text{К.} \quad (3)$$

Эквивалентный коэффициент температуропроводности рассчитываем по формуле (4)

$$a_{\text{экв}} = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{c\rho} = \frac{0,17}{1119000} = 0,15 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (4)$$

Вывод. Предложенный метод позволяет достаточно точно и быстро определить ТФС стеклопакета [3].

#### *Библиографический список*

1. Лепилов В.И. Исследование теплофизических свойств и характеристик систем массивных экранов : диссертация кандидата технических наук. Астрахань, 2007.
2. Пат. № 2530441 Р.Ф. Способ неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов и установка для его осуществления / Фокин В.М., Ковылин А.В., Попова А.В.// № 2013131702/28; заявл. 09.07.2013; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.
3. Фокин, В. М., Ковылин, А.В. Попова А.В. Экспериментальное исследование теплофизических свойств стеклопакета и пластикового профиля оконного блока // Вестн. Волг. гос. арх.-стр. ун. / ВолгГАСУ. – Волгоград, 2014. – (Серия «Стр. и арх.» ; вып. 38 (57). – С. 158–168.

## СЕКЦИЯ 3

# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

---

*Грунтович Н.В., Жеранов С.А., Жуковец С.Г.*

### ВЛИЯНИЕ УСЛОВНО-ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЭР НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*Учреждение образования "Гомельский государственный технический  
университет им. П.О. Сухого"  
(gruntovich@tut.by, zharanau@mail.ru, stator-rotor@mail.ru)*

Базовая модель, описывающая техническую систему как потребителя топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), имеет вид:

$$W_{\text{уд}} = w_{\text{уд.техн}} + W_{\text{усл.пост}} / \Pi,$$

где  $W_{\text{усл.пост}}$  – составляющая потребления энергоресурса, не зависящая от объема выпускаемой продукции, т у.т;  $w_{\text{уд.техн}}$  – технологический удельный расход энергоресурса на выпуск единицы продукции, т у.т/ед. изм;  $\Pi$  – объем производства продукции, ед. изм.

Наличие условно-постоянной составляющей в общем расходе энергоресурса определяет:

- регулировочную способность по энергоэффективности (ЭЭФ) за счет изменения объема выпуска продукции (горизонтальное регулирование);
- текущее состояние энергоэффективности;
- эффективность внедряемых мероприятий по энергосбережению.

Последнее является наиболее важным, так как при снижении объемов выпуска продукции у промышленных потребителей из-за наличия условно-постоянной составляющей расхода ТЭР, ЭЭФ ухудшается и эффекта от мероприятий фактически можно не увидеть.

Для оценки влияния условно-постоянной составляющей ТЭР на формирование результирующей энергоэффективности промышленных производств сформирована информационная база данных по значениям общезаводских расходов энергоресурсов и объемам выпуска продукции 116 промышленных производств различных отраслей промышленности.

Для условного производства определены математические модели удельного расхода энергоресурса при различном соотношении технологической составляющей расхода ТЭР и условно-постоянной со-

ставляющей при изменении выпуска продукции в диапазоне 0,1-2,0 относительных единиц (рис. 1). Верхняя модель соответствует наибольшему значению условно-постоянной составляющей в общем расходе энергоресурса и имеет вид:  $W_{уд}=0,1+$

$+0,9/П$ , ед. ТЭР/о.е. Нижняя модель имеет наоборот больший вес технологической составляющей в общем расходе энергоресурса и описывается регрессионной зависимостью вида  $W_{уд}=0,9+$

$+0,1/П$ , ед. ТЭР/о.е. Из рисунка 1 видно, что в диапазоне от 0,75 до 1,25 о.е. выпуска продукции удельные расходы для всех моделей практически мало отличаются друг от друга, а именно, от нескольких единиц до долей процентов. Наибольший разброс удельных расходов ТЭР наблюдается при значительном снижении объема выпуска продукции (диапазон от 0,1 до 0,75).

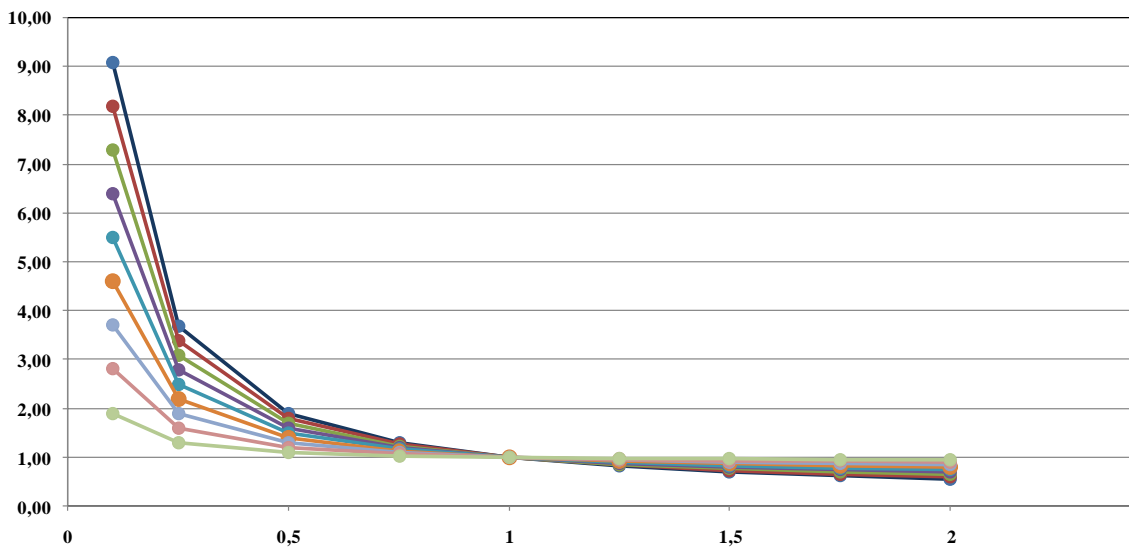


Рис. 1 Графическая интерпретация влияния веса условно-постоянной составляющей расхода ТЭР в общем его расходе на формирование удельного расхода ТЭР

В диапазоне изменения условно-постоянной составляющей от 0,9 до 0,6 с шагом 0,1 установлено, что при минимальном объеме выпуска продукции в диапазоне от 0,25 до 0,5 о.е. наблюдается снижение удельного расхода энергоресурса, то есть ЭЭФ возрастает.

Анализ структуры потребления ТЭР (соотношение технологической и условно-постоянной составляющей) промышленных предприятий различных отраслей промышленности показал, что для исследуемой выборки производств 54 имеют вес условно-постоянной расхода ТЭР свыше 40%. Это означает, что эффективность внедренных мероприятий по энергосбережению для указанной группы производств бу-

дет очень сильно зависеть от загрузки производства. Доказано, что эффект от мероприятий, направленных на снижение условно-постоянной расхода электроэнергии усиливается в области низкой загрузки оборудования, и снижается в области высокой загрузки оборудования.

*Зарандия Ж.А., Иванов Е.А.*

## **ЭНЕРГОАУДИТ – ЭЛЕМЕНТ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(zarandiya.zha@gmail.com, gemini77ea@gmail.com)*

Развитие современного промышленного производства приводит к росту энергопотребления во всех отраслях народного хозяйства, что делает более актуальной проблему сбережения ограниченных запасов невозобновляемых источников энергии – угля, нефти, торфа, природного газа.

В 2009 г. с учетом современных требований к энергосбережению и экологической обстановке, был принят новый Федеральный закон Российской Федерации № 261 ФЗ «Об энергосбережении...». Таким образом, применение энергосберегающих технологий является ключевым направлением развития энергетической политики нашей страны.

Исследования в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии показывают, что большая часть потерь – до 90 % - приходится на сферу потребления. На многих предприятиях установлены электродвигатели с большим запасом мощности в расчете на максимальную производительность оборудования, несмотря на то, что часы пиковой нагрузки составляют всего 15-20% общего времени их работы. В результате эти электродвигатели в среднем за сутки потребляют на 60% больше электроэнергии, чем это необходимо. Решением этой проблемы, дающим большую экономию электроэнергии (до 30-50%) является оснащение электродвигателей частотными преобразователями, позволяющими регулировать частоту их вращения в зависимости от реальной нагрузки.

Основные задачи экономии электроэнергии – технологическое совершенствование промышленности, оснащение предприятий энергосберегающим оборудованием, модернизация имеющегося оборудования, а так же использование альтернативных источников энергии –

излучения солнца, энергии ветра, волн, морских течений, биомассы, гидроэнергии, геотермальной энергии, гравитационной энергии, что позволит не только уменьшить расходы энергии, но и решить многие экологические проблемы – загрязнение атмосферы (например, выбросами ТЭЦ).

Немаловажную роль для энергосбережения конкретного предприятия имеет энергоаудит. Сбор информации об использовании энергетических ресурсов и показателях энергетической эффективности помогает грамотно применить существующие технологии энергосбережения. Оснащение промышленных предприятий приборами учета позволяет отражать режимы энергопотребления в графиках нагрузок (рис. 1), при помощи которых решаются задачи, направленные, в том числе и на:

- определение общей потребности в генерирующих мощностях электростанций в регионе (энергосистеме);
- экономичное распределение нагрузки между электростанциями и отдельными агрегатами;
- разработку тарифов на энергию, дифференцированных по периодам суток, дням недели, сезонам.

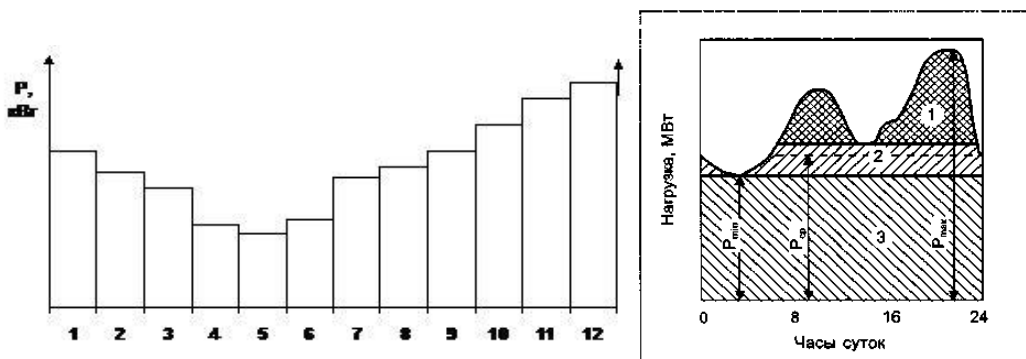


Рисунок 1. Графики нагрузки

Плотность и равномерность графика нагрузки оказывают сильное влияние на экономические показатели энергосистемы. Уплотнение графика ведет к сокращению потребности в генерирующих мощностях и снижению текущих издержек производства за счет лучшего использования оборудования по мощности и во времени. Уплотнение графиков нагрузки энергосистем может осуществляться путем государственных мер, внутриотраслевых мероприятий, а также на основе регулирования энергопотребления непосредственно на предприятиях.

К государственным общеорганизационным мерам относятся распределение выходных дней промышленных предприятий, распорядок начала работы, обеденных и межсменных перерывов, а также ча-



совой сдвиг в летнее время. Отраслевые средства уплотнения графиков нагрузок - это объединение энергосистем и аккумуляирование электроэнергии в часы ночного спада нагрузки с последующей выдачей ее в часы системного максимума.

### *Библиографический список*

1. Можаяева, С.В. Экономика энергетического производства [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Можаяева. – 6 изд. – СПб: Лань, 2011. – 272с. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>

2. Экономика энергетики: учебник для вузов / Н. Д. Рогалев, А. Г. Зубкова, И. В. Мастерова [и др.]; под ред. Н. Д. Рогалева. - М.: ИД МЭИ, 2011. - 320 с.

*Зацепин Е.П., Шачнев О.Я.*

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ НА НАДЁЖНОСТЬ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ**

*Липецкий государственный технический университет  
(ezats@mail.ru, sh.ol.ya@yandex.ru)*

Потребители с резкопеременной нагрузкой негативно влияют на системы электроснабжения, приводя к снижению качества электроэнергии. Наиболее известным электроприёмником с резкопеременными нагрузками является дуговая сталеплавильная печь (ДСП). Как известно, ДСП имеет три режима плавки: расплавление, окисление и рафинирование. Отметим, что в режиме расплавления (этот режим близок к режиму короткого замыкания) происходят броски токов, что приводит к отклонению напряжения ниже номинального значения. Наибольшее негативное влияние от дуговых сталеплавильных печей приходится на компьютеризированные объекты и системы, а также на систему освещения. Рассмотрим влияние объектов с резкопеременной нагрузкой на показатели надёжности системы освещения промышленного предприятия.

На сегодняшний день наибольшее распространение на производствах получили люминесцентные лампы. В обычном режиме при нормальных условиях в среднем срок службы лампы при трёхчасовом цикле включения варьируется от 19 тыс. часов (доля отказов - 10%) до 24 тыс. часов (доля отказов - 50%). Возьмём частоту отказа равную 0,1 за время  $t = 2,14$  года. Рассчитаем показатели надёжности с учетом показательного закона распределения [1,2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot t); \\ T = \frac{1}{\lambda}; \\ \lambda = \frac{-\ln(1-Q)}{t} = \frac{-\ln P}{t}; \\ Q = 1 - P. \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $Q$  – вероятность появления отказа системы за время  $t$ ;  $\lambda$  – интенсивность отказов системы;  $T$  – средняя наработка на отказ;  $\alpha$  – частота отказов.

Тогда на основании 1, получаем следующие значения показателей надёжности:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,1 = \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot 2,14) \Rightarrow \lambda = 0,132; \\ T = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,132} = 7,58; \\ P = 0,75; \\ Q = 1 - P = 1 - 0,75 = 0,25. \end{array} \right. \quad (2)$$

При пониженном напряжении условия зажигания люминесцентных ламп ухудшаются, поэтому сроки их службы, определяемые распылением оксидного покрытия электродов, сокращаются как при отрицательных, так и при положительных отклонениях напряжения. При отклонении напряжения срок службы люминесцентных ламп снижается и увеличивается частота отказов. Примем для такого случая  $\alpha_1 = 0,125$ . С учётом нового значения частоты отказов, получим новые значения показателей надёжности в случае отклонения напряжения, используя (1) и (2):

$$\lambda_1 = 0,186; T_1 = \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{0,186} = 5,38; P_1 = 0,67; Q_1 = 1 - P_1 = 1 - 0,67 = 0,33.$$

Таким образом, если сравнить  $Q$  и  $Q_1$ , то разница в вероятности появления отказа получается 32%, а также снижается световой поток от каждой лампы, что чревато снижением освещённости рабочего пространства и, соответственно, снижением КПД производительности. Не трудно заметить, что в комплекс мероприятий по снижению влияния провалов и отклонений напряжения должно входить не только защита производственного оборудования, чему уделяется достаточное внимание, но и систем освещения, которые являются наиболее уязвимыми точками в системах электроснабжения с приёмниками, имеющими резкопеременный характер нагрузки.

### *Библиографический список*

1. Зацепина В.И. Математическое описание функционирования элементов систем электроснабжения / В.И. Зацепина, А.А. Шпиганович. - Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2008, № 2, С. 239-242.
2. Зацепина В.И. Математическое описание функционирования систем при структурном и информационно-временном резервировании / Зацепина В.И. - Вести высших учебных заведений Черноземья, 2012, № 2, С. 16-22.

***Зацепина В.И., Шачнев О.Я.***

## **ВЛИЯНИЕ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НА ОБЪЕКТЫ СПОКОЙНОЙ СИСТЕМЫ ШИН**

*Липецкий государственный технический университет  
(sh.ol.ya@yandex.ru, vizats@gmail.com)*

Дуговые сталеплавильные печи являются потребителем с резко-переменным характером нагрузок и непосредственно влияет на электрооборудование, входящее в одну систему электроснабжения. Негативные факторы, получаемые в результате их деятельности, отражаются на функционировании электрооборудования и на других потребителях, которые даже находятся на соседних спокойных шинах. Колебания напряжения напрямую связано с колебанием токов, то есть, если в дуговой сталеплавильной печи происходит резкий скачок тока в дуге, то соответственно, и происходит провал напряжения в сети. Данный эффект весьма заметен в периоде расплавки, где режим работы ДСП схож с режимом короткого замыкания. На рисунке 1 «неспокойные шины» обозначим Ш1 и Ш3, а «спокойные» – Ш2 и Ш4.

Учитывая требования ГОСТ 32144-2013, отклонения напряжения в сетях низкого напряжения (менее 1 кВ) не должны превышать 5% от номинального значения, а в сетях среднего напряжения (от 1 до 35 кВ) – 4%. Тогда в точке 1 и 3 провал напряжения должен быть не более  $0,04U_{ном}$ , а в точке 2 и 4 с учётом влияния ДСП –  $0,05U_0$ . Определим допустимые колебания напряжения в точке 1 и 3 [1–3]:

$$\delta U_{\%} = \frac{\alpha \cdot S_T}{S_K} \cdot 100\% \leq \delta U_{\% \text{ норм}}, \quad (1)$$

где  $\alpha = \frac{\delta I}{I_{ном}}$  - отношение размаха тока ДСП к номинальному току печного трансформатора (для регулярных колебаний:  $\delta I \approx I_{ном}$ ,  $\alpha=1$ , для

нерегулярных -  $\delta I \ll I_{\text{ном}}, \alpha=0,5$ );  $S_T$  - номинальная мощность трансформатора, МВА;  $S_K$  - мощность трёхфазного КЗ в общей точке, МВА.

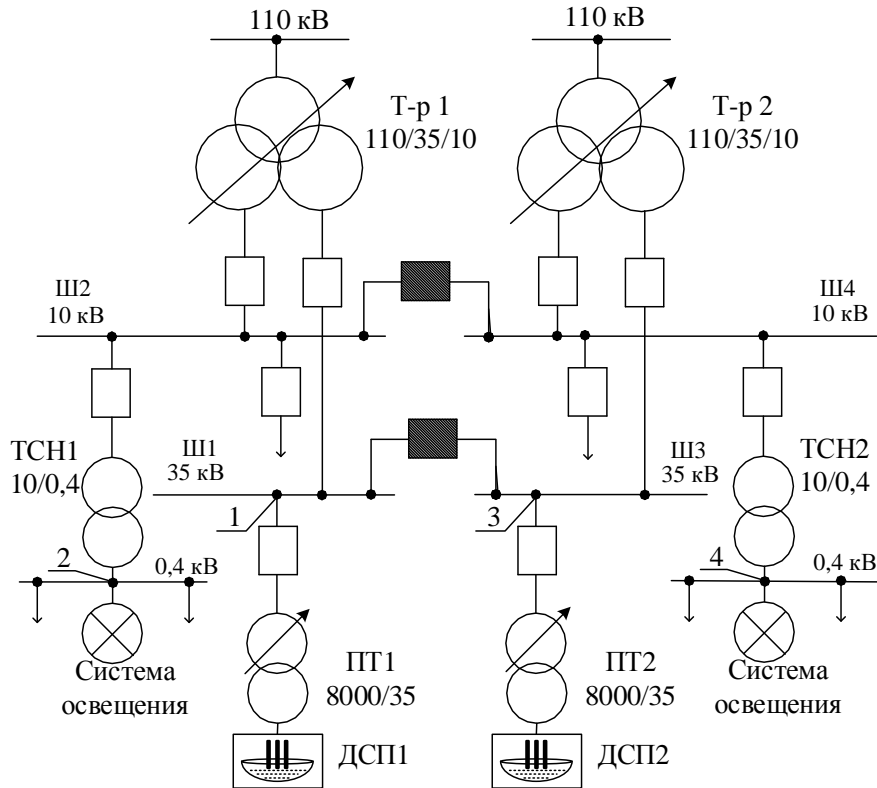


Рис. 1. Упрощённая схема системы электроснабжения

Используя выражение (1) и подставив значения с учётом требований стандарта, получаем допустимые значения колебания напряжения в точке 1 и 3 для регулярных колебаний:

$$\delta U_{\%} = \frac{1 \cdot S_T}{S_K} \cdot 100\% \leq 4\% \quad \text{или} \quad S_K \geq 25 \cdot S_T,$$

для нерегулярных колебаний в точке 1 и 3:

$$\delta U_{\%} = \frac{0,5 \cdot S_T}{S_K} \cdot 100\% \leq 4\% \quad \text{или} \quad S_K \geq 12,5 \cdot S_T.$$

Если мощность КЗ на шине Ш1 и Ш3 не удовлетворяет неравенствам, то вероятен провал напряжения на шинах 0,4 кВ, от которых отходит система освещения и тогда необходимо поставить задачу повышения значения  $S_K$  или найти способ снизить влияние дуговых сталеплавильных печей на систему электроснабжения.

### *Библиографический список*

1. Карапетян И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей. 4 изд. М.: Москва. 2012. 376 с.
2. Зацепин Е.П., Информационно-измерительный комплекс для дуговых сталеплавильных печей / Е.П. Зацепин, А.С. Ладанов, К.Д. Захаров. – Сталь, 2004, №3, С. 23-27.
3. Зацепин Е.П. Влияние качества электроэнергии на показания счетчиков / Е. П. Зацепин, К. Д. Захаров, А. С. Ладанов.– Промышленная энергетика, 2004, № 5 - С.40-43

*Качанов А.Н. \*, Качанов Н.А. \*\*, Коренков Д.А. \*\*\**

### **КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА С РАЗОМКНУТЫМИ МАГНИТОПРОВОДАМИ**

*\*ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», Россия, Орёл*

*\*\*ОАО «Орелоблэнерго», Россия, Орёл*

*\*\*\*ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», Россия, Орёл*

*kan@ostu.ru.dimas.corenkov@yandex.ru.*

Многообразие типов конструкций индукционных нагревательных устройств зависит от области их применения и от геометрических размеров и формы нагреваемых объектов, что в свою очередь оказывает влияние на конфигурацию создаваемого устройством электромагнитного поля – одного из основных факторов классификации.

В общем случае индукционные устройства принято классифицировать по различным признакам, а именно: назначению, уровню мощности, диапазону используемых частот, конструктивным признакам, системам охлаждения обмоток индуктора и др.

К первой группе относятся такие характерные признаки как наличие или отсутствие в рассматриваемой системе магнитопроводов и электромагнитных экранов, значение частоты и уровня напряженности магнитного поля.

Вторая группа признаков, относящихся к обмотке индуктора – конфигурация, форма сечения индуктирующего токопровода, число слоев обмотки, относительная толщина индуктирующего провода (по отношению к глубине проникновения тока в металл), а также коэффициент заполнения обмотки.

Третья группа признаков, относящихся к нагрузке (нагреваемому телу) – её геометрическая форма (одно- или многослойное нагреваемое изделие), электрофизические свойства материала, ориентация

в рабочем зазоре индуктора по отношению к силовым линиям электромагнитного поля с учетом глубины проникновения тока в металл.

Анализ приведенных выше классификационных признаков показал, что они не в полном объеме учитывают все возможные факторы, а, следовательно, классификация на их основе страдает известным схематизмом. Кроме того, в работах вышеназванных авторов не учитывался главный фактор – конфигурация магнитного поля, что снижает ценность разработанной ими классификации.

Классификация, предложенная проф. А.Б. Кувалдиным, свободна от указанных выше недостатков. В этой классификации, представленной на рис. 1, все устройства для индукционного низкотемпературного нагрева объединены в шесть групп. Там же [7] имеется информация об удельной поверхностной мощности, рекомендуемой температуре нагрева объекта, площади нагреваемой поверхности (как единичной мощности устройства, деленной на удельную поверхностную мощность). Эти сведения представляют практический интерес для специалистов занятых в области исследования, проектирования и эксплуатации систем "индуктор–загрузка".

Поскольку теория и практика индукционного нагрева постоянно совершенствуется, то известные классификации требуют корректировки. Все известные индукционные устройства с разомкнутыми магнитопроводами, описанные в отечественной и зарубежной технической литературе целесообразно объединить в следующие три группы:

1. устройства для нагрева плоских металлических изделий в поперечном электромагнитном поле;
2. притыкающий индуктор;
3. устройства для нагрева плоских металлических изделий в бегущем электромагнитном поле.

Классификация СНИН с разомкнутыми магнитопроводами. При разработке классификации были дополнительно учтены следующие признаки: особенность конструкции магнитопровода и его расположение в пространстве с учетом расположения силовых линий магнитного поля относительно поверхности нагреваемого плоского объекта, а также характер электромагнитного поля (переменное или бегущее). Общим характерным признаком для всех типов устройств является то, что они предназначены для работы в сети трехфазного переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц.

В первую группу входят системы "индуктор–плоский нагреваемый металлический объект", в которых нагреваемый плоский объект находится в рабочем зазоре индуктора между торцевыми частями С-образного разъемного магнитопровода.

Вторая группа – система "индуктор – плоский нагреваемый металлический объект" с тремя возможными вариантами размещения примыкающих индукторов, относительно нагреваемого плоского объекта.

Рассмотренная классификация может быть полезна специалистам, занятым в области проектирования и эксплуатации систем низкотемпературного индукционного нагрева работающим на промышленной частоте для различных отраслей экономики. Поскольку конфигурация магнитного поля для рассмотренных выше СНИН не одинакова, то для каждого конкретного случая требуется разработка своей математической модели, описывающей электромагнитные и тепловые процессы, протекающие в системе с учетом нелинейности среды в области низких температур.

*Кобелев А.В., Кагдин А.Н., Терехов К.И.*

## **УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА И ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
(lexey90@yandex.ru).*

В современном мире устройств, потребляющих электроэнергию, становится все больше и больше. Если полвека назад большая часть энергии расходовалась на освещение и, реже, на отопление, то сейчас количество электроприборов в наших домах трудно сразу перечислить. Однако приборы учета электроэнергии фиксируют лишь суммарное потребление. И можем только догадываться, сколько электроэнергии потребляет тот или иной прибор. Мощные электроприборы не всегда являются основными потребителями электрической энергии, так как зачастую работают непродолжительное время (электрочайник, утюг и т.п.) [1].

Так средняя однокомнатная квартира потребляет около 110 кВт·ч в месяц. Из них только 27% (30 кВт·ч) расходуется на цели освещения, остальное потребляют различные бытовые приборы (рис. 1).

Большинство электроприборов (компьютер, телевизор, микроволновая печь и т.п.) в выключенном состоянии, но включенные в электрическую сеть, продолжают потреблять электроэнергию. Потребление таких приборов незначительно (от 0,003 до 0,01 кВт·ч), однако их в квартире немало и в сеть они включены практически постоянно. Происходит это из-за того, что в электроприборы, имеющие электронную «начинку», встроены трансформаторы напряжения, которые на холостом ходу потребляют электрический ток.

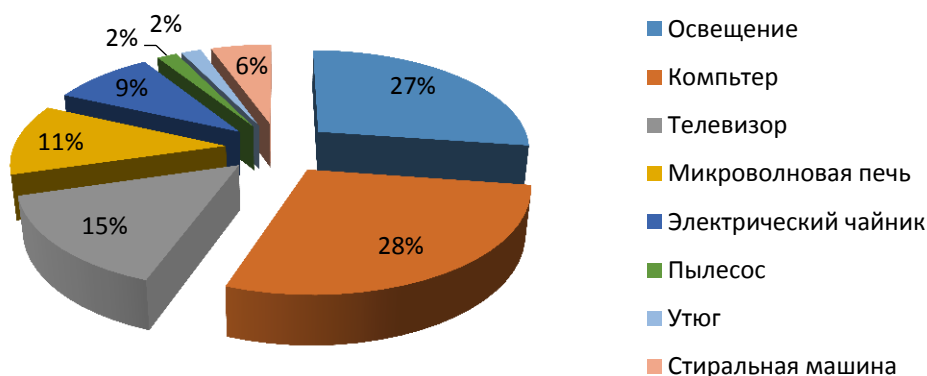


Рис. 1 Потребление электроэнергии в квартире

Таким образом, компьютер в сборе (системный блок, монитор, аудиосистема, принтер) потребляет электроэнергию около 0,015 кВт·ч, телевизор – 0,008 кВт·ч, микроволновая печь – 0,003 кВт·ч и т.д. Анализируя данные можно сделать вывод, что потери электроэнергии у потребителя составляют около 17,6 кВт·ч в месяц (6,25% от общего потребления). Если обратить внимание на организацию, где большую часть потребителей составляет офисная техника, экономия будет достигать 10-20%.

Решение данной ситуации находится в необходимости каждый раз после использования того или иного прибора отключать его из сети. Такой способ является неудобным, а зачастую и невозможным из-за труднодоступности розетки.

С целью своевременного отключения бытового оборудования от сети предлагается прибор, позволяющий отключать потребителя автоматически без участия человека. Данный прибор имеет датчик учета потребления электроэнергии, который при заданных параметрах отключает сеть. Кроме того, предлагаемый прибор осуществляет сбор информации о количестве потребляемой энергии и позволяет передать ее в базу данных сети интернет. Таким образом человек с помощью специализированного программного обеспечения персонального компьютера или сотового телефона может осуществлять мониторинг потребления мощности с определением резерва экономии.

#### ***Библиографический список***

1. Экологический проект Face planet <http://www.facepla.net/index.php/the-news/electronics-news-mnu/639-emonitor-total-home-energy-management-system>



*Кобелев А.В. \*, Кочергин С.В. \*, Кагдин А.Н. \**

## **СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

*\* Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,  
(e-mail: lexey90@yandex.ru).*

В настоящее время животноводство является отраслью, интенсивное развитие которой отнесено к числу важнейших государственных приоритетов. Возведение конкурентоспособных прибыльных животноводческих комплексов невозможно без применения современных технологий комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечивающих в течение всего года поточное производство продукции с низкой себестоимостью.

В отличие от 70 – 80-х годов прошлого столетия современные крупные животноводческие комплексы (КЖ) оснащены огромным количеством сложной вычислительной техники, надежность и бесперебойность работы которой должна быть обеспечена на высоком уровне. Это возможно только при условии обеспечения снабжения КЖ качественной электрической энергией отвечающей современным стандартам качества ГОСТ Р 54149-2010.

В последнее время проблемы электроснабжения в сельском хозяйстве стоят крайне остро. Большая часть воздушных электрических линий и трансформаторных подстанций, отработали свой нормативный срок и требуют замены. Одна треть линий электропередачи, в результате сверхнормативной эксплуатации пришла в ветхое и технически непригодное состояние. Поэтому при строительстве КЖ производят реконструкцию электрических сетей с заменой трансформаторных подстанций и строительством новых линий электроснабжения. Однако это позволяет решить только часть проблемы обеспечения качества электрической энергии. Дело в том, что современная электроника и вычислительная техника работает с использованием импульсных источников питания. Для обеспечения малых потерь и, следовательно, высокого коэффициента полезного действия в этих системах необходимо обеспечить высокие скорости переключения токов и напряжений ( $di/dt$  и  $du/dt$ ). При этом в проводах питания этих устройств возбуждаются сильные кондуктивные помехи с широким спектром, которые, способны проникнуть в электросеть и нарушить работу других устройств. [1,2]

При конструировании систем электроснабжения КЖ следует предусматривать возможность появления гармоник тока вызывающие [1]:

- увеличение среднеквадратичного тока в проводниках и трансформаторах;
- возможность возникновения резонансов на частотах гармоник, вызывающих чрезмерное напряжение на конденсаторах и в системе в целом.

В настоящее время существуют следующие методы коррекции возмущений:

- установка фильтров для подавления гармоник;
- использование динамических компенсаторов напряжения;
- установка источников бесперебойного питания;
- использование систем резервного энергоснабжения.

Выбор метода зависит от многих факторов. В случае, если предстоит строительство КЖ важно спрогнозировать появление возмущений. Использование математического моделирования позволит минимизировать время и повысить качество прогнозирования.

Таким образом, для решения задачи обеспечения качества электрической энергии в КЖ необходимо проведение научно-исследовательских работ по разработке методического обеспечения и математического аппарата моделирования современного оборудования и прогнозирования появления возмущений напряжений.

#### *Библиографический список*

1. Куско, А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества электрической энергии/ Куско А., Томпсон М.: пер. с англ. Рабодзея А.Н. – Додэка-XXI, 2010.
2. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев // Новости электротехники. – 2002. – № 6. – С. 18–19.

*Королева Н.А., Фокин В.М.*

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ТОРГОВОГО ЦЕНТРА**

*Волгоградский государственный архитектурно-строительный  
университет, Россия, Волгоград  
(e-mail: Koroleva\_80@inbox.ru)*

В современных торговых центрах системы вентиляции и кондиционирования воздуха являются основными потребителями электроэнергии в теплый период года и основными потребителями теплоты в холодный период года. Таким образом, при проектировании таких

объектов снижение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования становятся особенно актуальной задачей.

Центральные системы кондиционирования воздуха с переменной первой рециркуляцией рекомендуется проектировать, если расчетный воздухообмен превышает необходимый объем наружного воздуха, и разрешается использование одного и того же воздуха по нормативной документации. При повышенных требованиях к поддержанию параметров внутреннего воздуха, и относительной влажности в помещении следует предусматривать один рециркуляционный канал (канал первой рециркуляции), присоединяемый к кондиционеру до секции увлажнения или до воздухоохладителя.

При переменной тепловой нагрузке и не очень высоких требованиях к параметрам внутреннего воздуха и к относительной влажности в помещении разрешается применять системы кондиционирования воздуха с двумя рециркуляционными каналами с автоматическим изменением расхода воздуха между ними – канал первой рециркуляции и канал второй рециркуляции, присоединенный к кондиционеру после секции увлажнения или секции воздухоохладителя.

В здании торгового мебельного центра «Гранд-2» применялась системы с первой рециркуляцией. В этом здании мебельного магазина, очень трудно понять, что в данный момент на улице, зима или лето, потому что здание не связано с наружным воздухом, а внутри необходимо поддерживать определенные параметры воздуха. Так как это мебельный салон, окна занавешены, так как недопустимо попадание солнца на мебель. Получается, что люди, кто находится в здании, какая температура на улице все равно. Тепловыделения в помещении очень небольшие, и одинаковые, что в теплый, что в холодный периоды года. Потому что тут нет солнечной радиации, нет компьютерной техники, есть только люди и освещение, и мебель, которая ничего не выделяет. Так как теплопоступлений нет, то соответственно расход воздуха, в том числе расход наружного воздуха будет определен по людям, и будет минимальный.

Схема кондиционирования воздуха с переменной первой рециркуляцией предусматривает забор наружного воздуха, прохождение его через воздушные фильтры, далее воздухонагреватель, воздухоохладитель, и увлажнение воздуха.

В здании торгового центра было предусмотрено несколько вентиляционных центров, в каждом предусмотрено по два кондиционера. От каждого кондиционера идет по два приточных воздуховода. По заданию было предусмотрено два нижних этажа это обычная мебель, а два верхних этажа это элитная мебель. Поэтому количество людей на квадратный метр на этих этажах будет разное.

Далее идут два воздуховода, на которых предусмотрены воздухоохладитель и воздухонагреватель. Это выполнено для того, что бы разбить площадь помещения на более мелкие зоны. Т.е. в пределах зоны можно до греть, либо доохладить воздух, при необходимости.

Такая схема для данного торгового центра оказалась значительно эффективнее и экономичнее по капитальным, и по эксплуатационным затратам, чем система кондиционирования воздуха с фэнкойлами. Потому что семь месяцев в году такие системы кондиционирования работают без потребления холода и теплоты, а просто на максимальном расходе наружного воздуха. Когда проектируют системы кондиционирования воздуха, очень часто забывается, что кроме лета и зимы, есть еще и полгода переходного периода.

В связи с этим можно увидеть, что рециркуляция это энергоэффективное мероприятие.

При проектировании СКВ с переменной первой рециркуляцией, рекомендуется определять минимальное количество наружного воздуха, оно должно быть не менее:

- требуемого для поддержания в помещении избыточного давления;
- количества воздуха, поступающего в СКВ через приемный воздушный клапан при его полном закрытии;
- требуемого по санитарно-гигиеническим нормам на одного человека;
- необходимого для компенсации воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, включая местные отсосы.

*Кукарекин Е.А., Лантев А.О., Хацевский К.В.*

## **УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*Омский государственный технический университет,*

*Россия, Омск (e-mail: xkv-post@rambler.ru).*

Сейчас в ЕЭС России существует ряд актуальных проблем, которые оказывают негативное влияние на её функционирование. Недостаточная пропускная способность межсистемных системообразующих линий электропередачи, слабая управляемость электрических сетей, неоптимальное распределение потоков мощности по параллельным линиям электропередачи различного класса напряжений, все-это в некоторой степени обусловлено недостаточным объемом средств регулирования реактивной мощности.

В данный момент ведутся активные исследования, их результаты помогут изменить сложившуюся ситуацию. Так, в работе [3], представлены наиболее перспективные устройства компенсации реактивной мощности:

1) управляемые статические средства продольной и поперечной компенсации на базе современной силовой электроники:

а) шунтирующие шинные и линейные реакторы;

б) СТК, СТАТКОМ;

в) устройства продольной компенсации.

2) традиционные шунтирующие (сухие и масляные) реакторы, коммутируемые выключателями;

3) синхронные и асинхронизированные компенсаторы наружной установки с воздушным охлаждением;

4) сухие токоограничивающие реакторы с полимерной изоляцией на напряжение 6-35 кВ для установки в нейтрали силовых трансформаторов и присоединениях отходящих линий;

5) экологически безопасные, пропитанные жидким синтетическим диэлектриком, а также сухие конденсаторы для фильтровых и шунтовых батарей, устройств продольной компенсации.

В настоящее время возрастают технические и экономические требования к ЛЭП, предназначенным для транспорта электроэнергии от крупных электростанций и для связи мощных энергосистем. На первый план выдвигаются задачи снижения удельных капиталовложений в строительство новых и реконструкцию существующих линий. Решение этих вопросов связано с максимальным использованием ЛЭП за счет увеличения их пропускной способности и управления передаваемой мощностью. Исходя из этого применение управляемых шунтирующих реакторов (УШР) повышает эффективность ЛЭП в диапазоне передаваемых мощностей от холостого хода до натуральной мощности.

Статические тиристорные компенсаторы (СТК) могут быть использованы для решений одной или нескольких задач, определяемых требованиями энергосистемы: стабилизация напряжения и регулирование перетоков реактивной мощности, повышение пропускной способности ЛЭП за счет обеспечения статической и динамической устойчивости, компенсация несимметричных режимов работы и т.д. Эти задачи могут быть комплексно решены с помощью СТК, имеющих более высокое быстродействие, чем синхронные компенсаторы и конденсаторно-реакторные установки с выключателями.

СТАТКОМ представляет собой управляемое статическое устройство, выполненное по схеме преобразователя напряжения (ПН), включенное в электрическую сеть параллельно.

Синхронный компенсатор (СК) представляет собой синхронный двигатель облегченной конструкции, предназначенный для работы на холостом ходу. При работе в режиме перевозбуждения СК является генератором реактивной мощности. Наибольшая мощность СК в режиме перевозбуждения называется его номинальной мощностью. При работе в режиме недовозбуждения СК является потребителем реактивной мощности. По конструктивным условиям СК обычно не может потреблять из сети такую же реактивную мощность, которую он может генерировать. При работе СК из сети потребляется активная мощность порядка 2-4%.

### *Библиографический список*

1. Волошин А.А. Разработка и исследование системы автоматического управления средствами компенсации реактивной мощности на подстанциях. /Дисс.канд.техн.наук. – М., 2010. – 138 с.
2. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии // Ю. С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
3. Основные положения (Концепция) технической политики в электроэнергетике России на период до 2030 г. ОАО РАО «ЕЭС России». 2008.

*Легостаев Р.О.*

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВЫСОТЫ БАШНИ**

*Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»  
(rosqweslook@mail.ru)*

Одним из активно развивающихся направлений НИВЭ, имеющим большое практическое значение для современной энергетики, являются ветроэнергетические установки (ВЭУ).

Для определения конструктивных и энергетических характеристик необходимо провести:

1) по формуле Лайхтмана, расчет средней скорости ветра при разных значениях высоты башни [3]:

$$V_{cp} = V_1 \frac{\ln \frac{h}{h_0}}{\ln \frac{h_1}{h_0}}, \quad (1)$$

где  $V_{cp}$  – средняя скорость ветра на высоте  $h$ ,  $V_1$  – известная скорость ветра на высоте  $h_1$ ,  $h_0$  – высота, на которой скорость ветра в месте измерения равна нулю ( $h_0=0,032$  поле с низкой травой).

Данное выражение является справедливым для открытых ровных мест при высотах от 10 см до 100 м.

2) расчет распределения скорости ветра по Вейбулу [2]:

$$T(V) = \frac{k}{A^k} V^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{V}{A}\right)^k\right), \quad (2)$$

где  $A = (1.15 V_{cp} - 0.68)$  – параметр масштаба, а  $k = 0.75 + 0.22 V_{cp} - 0.008 V_{cp}^2$  – параметр формы.

3) выработку электроэнергии с подбором разных значений радиуса ветроколеса [2]. Вырабатываемая за год электроэнергия ( $Q$ ) выражается соотношением:

$$Q = \int_{V_{min}}^{V_{max}} N(V) T(V) dV, \quad (3)$$

где  $N(V)$  – выходная мощность ВЭУ как функция скорости ветра;  $V_{min}$ ,  $V_{max}$  – соответственно минимальная и максимальная скорости ветра в рабочем диапазоне;  $T(V)$  – повторяемость ветра, размерность  $\frac{час}{м/сек}$ .

В зависимости от преследуемых целей можно подобрать наиболее выгодное соотношение из предложенных энергетических и конструктивных характеристик. Метод выбирался исходя из известных на данный момент вычислительных и экспериментальных данных о ветроэнергетических установках.

По формуле Лайхтмана, изменяя высоту башни (с 27 м до 50 м), получаем увеличение средней скорости ветра до 6,7 м/с. Затем, для каждого значения средней скорости ветра рассчитываем распределение скорости ветра по Вэйбулу и выработку электроэнергии за год. Таким образом, получаем зависимость выработки электроэнергии за год от высоты башни.

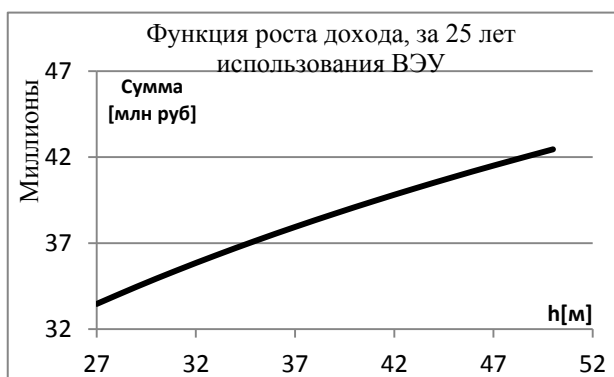


Рисунок 1. Зависимость дохода за весь период использования ВЭУ от высоты башни.

Так же в подсчете на стоимость электроэнергии при действующем тарифном плане, получаем сумму дохода за весь период использования ВЭУ для каждого значения высоты башни (рис. 1).

После всех вышеупомянутых манипуляций с высотой башни и средней скоростью ветра, мы можем по-

лучить относительное уменьшение радиуса ветроколеса (рис.2). В итоге, получаем зависимость радиуса ветроколеса от высоты башни ВЭУ (рис.3).

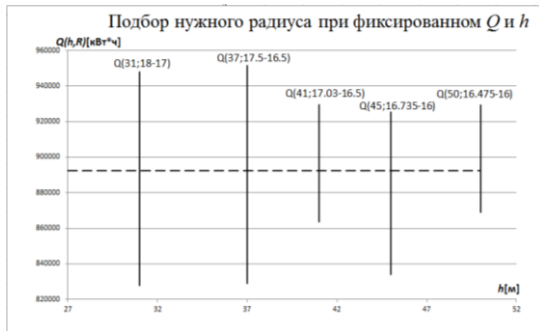


Рисунок 2. Способ подбора радиуса ветроколеса.

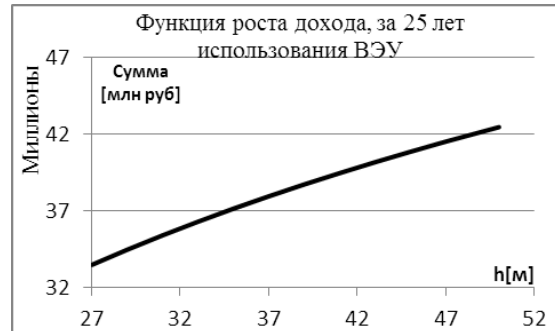


Рисунок 3. Графики выработки и радиуса ветроколеса от высоты башни.

### **Библиографический список**

1. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. М.: КНОРУС, 2010. – 232 с.
2. Ружинский М.А. Учебно-методический комплекс дисциплины системы автоматического управления электроустановок.: Дубна 2010.
3. Ветроэлектрические станции. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П., Секторов В.Р.: Государственное энергетическое издательство Москва-Ленинград, 1960 г.

**Лобанов С.М.\*, Скрипкина О.С.\*\***

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

\* Тамбовский государственный университет имени Державина Г.Р.,  
Россия, Тамбов, (e-mail: sergeystu@yandex.ru).

\*\* Тамбовский филиал ФГБОУ ВПО

«Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации, Россия, Тамбов, (sergeystu@yandex.ru)

Резко возрастающие функциональные возможности компьютерной техники открывают реальные возможности для разработки и внедрения конкурентоспособных высокоприбыльных производств, отвечающих современным требованиям энерго- и ресурсосбережения, а также экологической и аварийной безопасности.

Оборудование, входящее в состав таких производств, работает в периодических, непрерывных или квазинепрерывных режимах, значительно усложняющих их математическое описание и моделирование.



Кроме того оборудование работает при различных во времени степенях загрузки, а участвующие на одном и том же оборудовании технические элементы могут иметь различные теплофизические характеристики вследствие изменения температур, давлений, скоростей и т.п.

Таким образом, актуальным является необходимость построения автоматизированных систем оптимального в смысле заданного критерия управления указанными видами производств. Существующие методы синтеза оптимальных замкнутых нелинейных систем управления не дают достаточного роста энергоэффективности промышленного производства из-за отсутствия механизма учета особенностей динамического поведения (математического описания) участвующих в нем объектов.

Целью работы является получение решения задачи в виде закона управления с обратной связью на некотором достаточно малом временном интервале. Для получения искомого решения используется процедура, являющаяся модификацией методов последовательных приближений и заключающаяся в создании некоторой специальным образом генерируемой последовательности вспомогательных линейно-квадратичных задач слежения. Доказана теорема существования решения общей задачи оптимального управления для одного класса нелинейных систем. Определена оценка временной границы существования решения.

Работоспособность метода проверялась на математической модели, представленной системой нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка и заданного квадратичного критерия качества. На каждом временном шаге процесса на основании измеряемой разности между текущими и заданными координатами вектора состояния в начале шага и заданными координатами вектора состояния в конце шага формировалась двухточечная краевая задача для прямой и двойственной систем нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений модели. Решение краевой задачи итеративным путем давало закон управления с обратной связью на шаге в виде функции. Ошибка слежения в конце шага в результате применения полученного закона управления не превышала трех процентов.

#### *Библиографический список*

1. Афанасьев А.П., Дзюба С.М., С.М.Лобанов С.М. Об оптимальном управлении нелинейными системами по квадратичному критерию: задача стабилизации // Труды института системного анализа РАН. Т. 44. С. 20-25.
2. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015611756 от 05.02.2015 г. Оптимальное управление без ограничений / С.М. Лобанов, О.С. Скрипкина.

*Максимов Ю.П., Подачников А.В.*

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ**

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых  
(podachnikov@gmail.com)*

Солнечные модули представляют собой алюминиевую рамку, защищённую с лицевой стороны высокопрочным закалённым стеклом, под которым между двумя слоями герметизирующей (ламинирующей) плёнки размещаются солнечные фотоэлементы (ФЭП), электрически соединённые между собой металлическими шинами. Нижний слой герметизирующей плёнки защищён от внешних воздействий слоем защитной плёнки. К внутренней стороне корпуса модуля прикреплен блок терминалов, под крышкой которого размещены электрические контакты, предназначенные для подключения к системе.

Каждый модуль состоит из 36, 60 или 72 солнечных фотоэлементов, от чего зависит его номинальное напряжение — 12 или 24 В. В зависимости от количества ФЭП, их размеров (стандартные размеры 125X125мм и 156X156мм) и используемой технологии изготовления создаются солнечные модули с различными параметрами и характеристиками. Размер модуля увеличивается пропорционально его мощности — модуль на 10 Вт соответствует размеру обычного ноутбука, а модуль на 100 Вт имеет уже гораздо большие габариты — 1,2 м в высоту, 55 см в ширину и 3,5 см в глубину.

В ясный день солнечная панель площадью 1 квадратный метр с КПД 13%, обращённая на солнце, выдаст 130Вт. За безоблачный летний день (14 часов) такая неподвижная панель вырабатывает 1 кВт\*ч электроэнергии.

Автономная солнечная энергосистема на основе солнечного модуля мощностью 85 В и аккумуляторной батареи на 12 В 100 А\*ч может обеспечить маломощную нагрузку летнего загородного дома. Вы сможете пользоваться такими электроприборами как: ноутбук, небольшой телевизор, DVD проигрыватель, зарядные устройства, бытовые приборы номинальной мощностью до 350 Вт, энергосберегающими лампами. Этого будет вполне достаточно как резервной системы при частых отключениях от центральной электросети. При полном заряде аккумуляторной батареи возможно 8 раз вскипятить полный чайник на 1.5 литра номинальной мощностью 2000 Вт, при этом на полную зарядку такого аккумулятора понадобится около 10 часов.

На данный момент в России существует шесть крупных предприятий: ООО «СоларИннТех», ЗАО «Телеком-СТВ», ОАО «Рязанский завод металлокерамических приборов», ООО «Солнечный ветер», ОАО «Сатурн», НПП «Квант», занимающихся производством солнечных модулей (или солнечных батарей). Они производят солнечные модули мощностью от 6 до 240 Вт с КПД в пределах 13-18%, что является хорошим показателем. Для сравнения, самый высокий КПД кремниевого солнечного модуля серийного производства в 2010 году был достигнут американской компанией «SunPower» - 24,2%. [1]

Из шести перечисленных компаний только две предоставляют готовые решения для независимой солнечной энергосистемы — ООО «СоларИннТех» из г. Зеленоград и ООО «Солнечный ветер» из г. Краснодар. Остальные четыре занимаются только производством и продажей самих солнечных модулей.

Средняя стоимость 1 Вт электроэнергии автономной солнечной энергосистемы (полный комплект всего необходимого оборудования) от компании «СоларИннТех» сейчас составляет 295 рублей (цена в розницу). Средняя стоимость 1 Вт электроэнергии отдельно только солнечного модуля той же компании — 140 рублей (чем больше мощность модуля, тем меньше его цена). Российские предприятия могут на заказ поставить солнечные модули и из американских элементов, но 1 Вт будет в 1,5 раза дороже.

Сервисное обслуживание автономной солнечной энергосистемы проводится один раз в 5-7 лет. Срок эксплуатации солнечных модулей составляет 20-25 лет. Остальные же компоненты системы имеют различные сроки службы: аккумуляторные батареи — от 3 до 15 лет, а силовая электроника — от 5 до 20 лет.

#### *Библиографический список*

1. URL: <http://www.fondaltai21.ru/news> (дата обращения 06.04.2015).

*Шарапов Н.А.*

**ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ  
МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
В ВИДЕ МИНИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

*Липецкий государственный технический университет  
(nsharapov@mail.ru)*

Мини гидроэлектростанции начали использоваться в 19-ом веке. Начиная с 1930-ых годов, они широко применялись и в центральном Черноземье. В Липецкой области они были построены на малых реках, как Красивая Меча. Затем в Советском Союзе маленькие электрические станции были заброшены. В настоящее время согласно созданию малых предприятий, удаленных электрических систем капиталистического хозяйства в стране потребность альтернативных источников энергии стала востребованной как некогда. Для этой цели используются источники энергии малых рек, таких как Красивая Меча. Как в любых электромеханических устройствах, потенциальная (кинетическая) энергия преобразуется в электрическую. Аналогично ветроустановкам в гидроэлектростанциях вырабатываемая мощность определяется не только ветренным потоком, напором водяного столба, но и конструктивными параметрами, генераторов и других как технических, так и электрических устройств. Для гидротурбин мощность  $P$  определяют в соответствии с зависимостью

$$P = \rho \xi H Q \eta. \quad (1)$$

Здесь:  $\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\xi$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H$  – напор гидротурбины, м;  $Q$  – расход воды м<sup>3</sup>/с;  $\eta$  - коэффициент полезного действия. Иногда используют также выражение

$$P = 0,5\rho S V^3 \eta, \quad (2)$$

где  $S$  – сечение площади, через которую протекает вода;  $V$  – скорость протекания воды. В выражениях (1) и (2), как правило, подставляют значения средних параметров.

Так как использование мини-ГЭС для малых предприятий не может обеспечить их в полной мере технической энергией, то совместно с ними должны использоваться и другие виды альтернативных источников. По-видимому, такими дополнительными источниками должны служить солнечные батареи и ветроустановки. Электрическая схема в данном случае довольно сложная. Она имеет вид, представленный на рисунке.

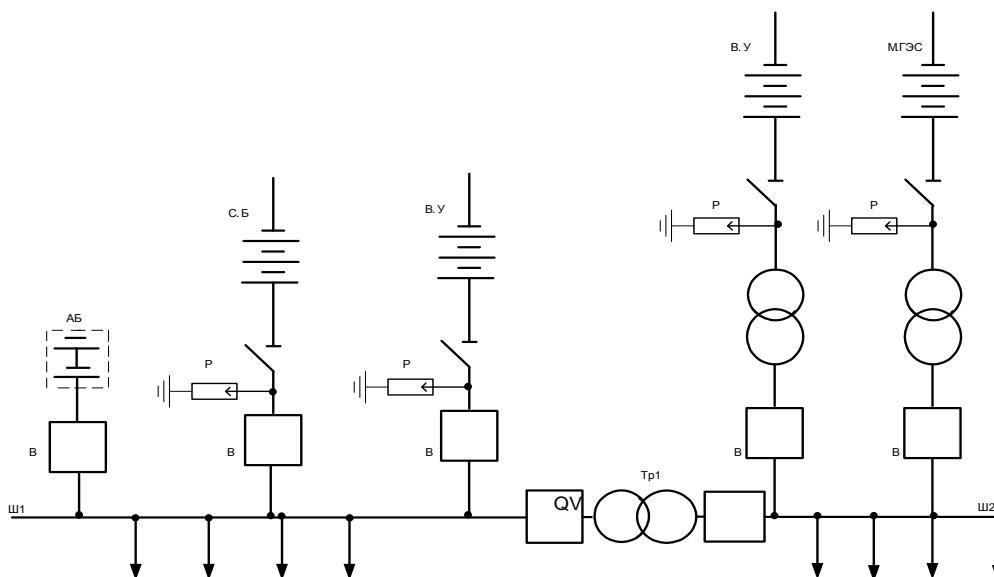


Рис. Схема электроснабжения малого предприятия, состоящая из систем солнечных батарей, ветроустановок и мини гидроэлектростанций

Кроме солнечных батарей, ветроустановок, мини-ГЭС могут использоваться и другие источники энергии. Так могут использоваться источники электрической энергии на основе биогаза, бензина, дизельного топлива, природного газа и других источников. Производство электроэнергии и получение топлива можно получать за счет использования деревосодержащего мусора лесных массивов Липецкой области. Все рассматриваемые автономные системы не являются простыми. Они должны включать системы накопления энергии, ее преобразование, управление, защиты, то есть системы, обеспечивающие безотказность в электроэнергии предприятия.

### *Библиографический список*

1. Шпиганович А.Н. Оценка электроснабжения предприятий малой мощности / А.Н. Шпиганович, Н.А. Шарапов. – Липецк: ЛГТУ, 2015. -96 с.
2. Зацепин Е.П. Перспективы развития распределенной генерации с использованием мини - ГЭС в Центральном Черноземье / Е.П. Зацепин, А.Б. Косолапов. – Вести высших учебных заведений Черноземья, 2011, № 2. С. 3-5.
3. Зацепина В.И. Электроснабжение потребителей с использованием возобновляемых источников энергии / В.И. Зацепина, Е.П. Зацепин, В.В. Телегин. - Вести высших учебных заведений Черноземья. 2013. № 2. С. 33-35.

*Попов В.Д., Попов О.Н., Трофимов Д.В., Жуков Н.П.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
( [teplotehnika@nnn.tstu.ru](mailto:teplotehnika@nnn.tstu.ru) )*

Рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов (твердофазных, релаксационных) в полимерных материалах, сопровождающихся тепловыми эффектами [1].

Согласно измерительной схеме тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, осуществляется с помощью двух линейных нагревателей постоянной мощности, встроенных в подложку измерительного зонда. Начальное температурное распределение контролируется одновременно пятью термоэлектрическими преобразователями, расположенными на поверхности подложки измерительного зонда. Нагреватели, выполненные в виде полос шириной  $2h = 2,2$  мм, расположены на расстояниях  $2,75$  мм по обе стороны от центральной оси измерительного зонда. Один термоприемник расположен на линии центральной оси зонда, остальные термоприемники находятся по обе стороны от нее на расстояниях  $2,7$  и  $4,8$  мм.

Возможна регистрация первой производной по времени от температуры, выражающей скорость ( $V$ ) изменения этой величины на кривых температурных зависимостей от времени, что позволяет осуществлять неразрушающий контроль значений температуры структурных переходов в полимерных материалах без дополнительной калибровки измерительной системы [1].

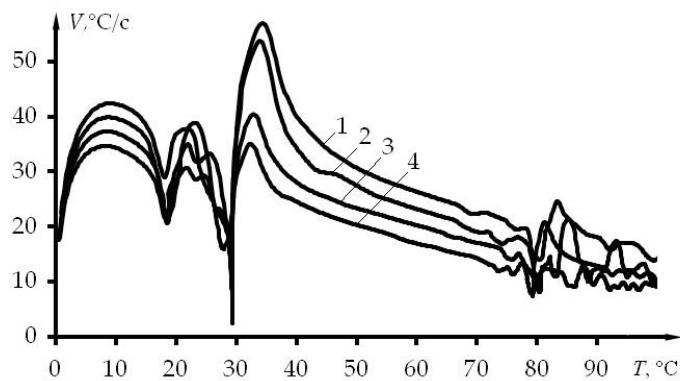
В результате проведенного численного моделирования процесса теплопереноса методом конечных элементов в соответствии с измерительной схемой получены термограммы в заданных точках контроля [1].

Моделирование проводилось при следующих условиях: подложка измерительного зонда выполнена из политетрафторэтилена (ПТФЭ). ПТФЭ ниже температуры плавления имеет два фазовых перехода в кристаллической фазе (около  $19,6$  и  $30$  °С).

Объект исследования – полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) ТФС объекта исследования:  $\lambda = 0,32$  Вт/(м·К),  $c = 1800$  Вт/(м·К),  $\rho = 920$  кг/м<sup>3</sup>. Режимные характеристики: тепловая мощность на нагревателе задавалась в интервале от  $20$  до  $25$  Вт; частота дискрети-

зации  $\Delta\tau = 0,5$  с. Структурный переход в ПЭНП, сопровождающийся эндотермическим тепловым эффектом, моделировался скачком теплоемкости в интервале от 80,5 до 81,5 °С.

На зависимости скорости нагрева объекта от температуры структурные переходы можно отследить по резкому падению скоростей нагрева. На рис. твердофазное структурное превращение явно проявилось в исследуемой точке полимерного объекта из ПЭНП (на линии центральной оси измерительного зонда) при достижении температуры структурного перехода. В исследуемом теле из ПЭНП структурный переход произошел при температуре 80°С, что характерно для ПЭНП. На зависимостях скорости нагрева от температуры в подложке из ПТФЭ твердофазные переходы в кристаллической фазе полимера проявились при температуре 19,6 и 30 °С.



**Рис. Зависимости  $V = f(T)$ , полученные при различных значениях мощности на нагревателях по термограммам, зафиксированным на центральной оси зонда в точке, расположенной между нагревателями.**

- 1)  $q = 15000$  Вт/м<sup>2</sup>; 2)  $q = 14000$  Вт/м<sup>2</sup>; 3)  $q = 13000$  Вт/м<sup>2</sup>;  
4)  $q = 12000$  Вт/м<sup>2</sup>.

#### *Библиографический список*

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов / С.В. Мищенко, Ю.Л. Муромцев, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112с.

## **СРАВНЕНИЕ ТИПОВ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

*Омский государственный технический университет  
(Koldun\_anubis@mail.ru, sjo700@mail.ru)*

Проблема компенсации реактивной мощности (КРМ) вызвана высокой загрузкой элементов систем распределения электрической энергии (ЭЭ) потоками реактивной мощности (РМ) вследствие значительного её потребления из сетей. [1]

Доля технологических потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях напряжением 6-10 кВ в среднем составляет 8-12% от величины электроэнергии, отпущенной в сеть данного напряжения. величина потерь электроэнергии определяется большим числом параметров электрической схемы, конструкции сетей и режимов нагрузки. как показали расчеты для реальных сетей 6-10 кВ, потери электроэнергии существенно зависят от величины реактивной мощности, передаваемой потребителям по элементам сети. Например, при изменении коэффициента реактивной мощности ( $\text{tg}\varphi$ ) от 0,5 до 0,8 потери электроэнергии увеличиваются примерно на 20%.

Анализ показаний счетчиков активной и реактивной электроэнергии показывает, что значения коэффициентов реактивной мощности на шинах 6-10 кВ источников питания (подстанциях 35/6-10, 110/6-10 кВ) изменяются в процессе эксплуатации и достигают значений 0,77-0,85. таким образом, потери электроэнергии при передаче реактивной мощности становятся существенными.

Существует три вида компенсации:

1. Индивидуальная

Устройства компенсации реактивной мощности устанавливаются непосредственно у электроприемников.

2. Групповая

Устройства компенсации реактивной мощности устанавливаются в узлах нагрузки.

3. Централизованная

Устройства компенсации реактивной мощности устанавливаются в центре питания.

Из основных типов компенсирующих устройств различают:

1. Батареи статических конденсаторов (БСК)
2. Фильтро-компенсирующие устройства (ФКУ)
3. Синхронные компенсаторы
4. Синхронные двигатели (СД)



Существенным недостатком БСК является квадратичная зависимость вырабатываемой реактивной мощности от напряжения, что может вызвать лавину напряжения.

Конструктивно ФКУ это БСК с использованием специальных фильтров.

Синхронные двигатели вырабатывают реактивную мощность в режиме перевозбуждения. И одним из главных достоинств СД является то, что они могут не только генерировать реактивную мощность, когда наблюдается ее дефицит, но и потреблять, когда в сети есть избыток реактивной мощности. Но в тоже время СД имеют более сложную конструкцию и систему включения по сравнению с БСК. Несомненным достоинством СД является то, что они работают в технологическом процессе предприятия и специально приобретать их не нужно.

У каждого из компенсирующих устройств есть свои достоинства и недостатки, поэтому выбор того или иного типа компенсирующего устройства будет зависеть от мощности, которую необходимо компенсировать, и от места установки потребителей реактивной мощности.

Так если потребители реактивной мощности распределены по рассматриваемому объекту, наиболее рационально применять групповую и индивидуальную компенсацию, устанавливая БСК. ФКУ ставят в сетях до 1 кВ, поскольку оборудование на такое напряжение является источником гармоник.

В случае же сконцентрированной реактивной нагрузки целесообразно использовать имеющиеся синхронные двигатели.

Также необходимо учитывать, что устанавливать маломощные СД лишь для компенсации реактивной мощности невыгодно, и в этом случае рекомендуется устанавливать БСК.

### *Библиографический список*

1. Нешатаев В.Б., Оптимальный выбор источников реактивной мощности в системах распределения электрической энергии [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.14.02) / Нешатаев Владимир Борисович; ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» – Красноярск, 2012. – 21 с.

*Чернышов Н.Г., Быкова О.В.*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Тамбовский государственный технический университет  
(n-c-h@rambler.ru, oksana6112011@mail.ru)*

Энерго- и ресурсосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. Программа энергосбережения, повышения эффективности и дальнейших преобразований в электроэнергетике РФ (рис.1), предусматривает суммарную экономию энергетических ресурсов и снижение энергоемкости ВВП на 14 % [1,2].



Рис. 1 Направления энергетической программы РФ

Применение технологий энергосбережения актуально сегодня во всех сферах человеческой жизнедеятельности, но в первую очередь в промышленности. Наиболее часто для решения задач управления промышленными объектами применяются АСУ ТП, которые позволяют добиться следующих технико-экономических результатов:

- значительная экономия энергетических ресурсов;
- увеличение производительности труда;
- обеспечение высокой безопасности функционирования объекта;
- оптимизация функциональности технологического оборудования;
- увеличение качества производимой продукции.

Важным резервом в решении проблемы энерго- и ресурсосбережения является, оптимальное по минимуму затрат энергии или топлива управление динамическими объектами, проектирование машин и аппаратов, которые при своем функционировании требуют меньших энергозатрат по сравнению с существующими аналогами. Исследования и практические результаты показывают, что при оптимальном управлении уменьшение затрат энергии или расхода топлива может достигать от 10 % до 40 % по сравнению с традиционно используемыми управляющими воздействиями [3]. Кроме того, в динамических

режимах, характеризующихся меньшими энергетическими затратами, снижаются механические и тепловые нагрузки, что ведет к повышению долговечности и безопасности эксплуатации оборудования. Подобные алгоритмы управления в существующих АСУ ТП не заявлены.

Для получения алгоритмов энергосберегающего управления требуется проведение трудоемких исследований применительно к каждому новому объекту или новым режимам работы. В процессе разработки окончательно формулируется задача оптимального управления с учетом полученной модели динамики промышленного объекта, выполняется полный анализ задачи на множестве состояний функционирования, решаются задачи синтеза алгоритмического обеспечения для управляющего устройства, выбирается стратегия реализации оптимального управления и т.д. Из этого следует, что при создании системы энергосберегающего управления необходимо учитывать значительный объем и сложность вычислений связанных с проведением полного анализа оптимального управления, которые должны быть оперативно выполнены в реальном масштабе времени управляющим контроллером или компьютером. Стоит отметить, что вычислительная мощность современных систем АСУ ТП позволяет без технической модернизации применять данные алгоритмы, повышая энергетическую эффективность промышленного оборудования.

Таким образом, представляется актуальным применение энергосберегающих технологий и комплексный подход к анализу электропотребления предприятия. Это позволяет рационально оценивать затраты электроэнергии и решать стратегические задачи по распределению объемов электропотребления на последующие периоды. Внедрение энергосберегающего управления промышленными объектами позволит наряду с реализацией энергетической программой РФ существенно снизить удельный расход электроэнергии.

### *Библиографический список*

1. Независимая межотраслевая газета о промышленности: сетевой журнал 2015 . URL: <http://www.promweekly.ru/> (дата обращения: 04.04.2015г)
2. НТЦ ЭНЕРГО-РЕСУРС [Электронный ресурс]. URL: <http://en-res.ru/> (дата обращения: 06.04.2015г)
3. Чернышов Н.Г., Валуев А.А., Прозоров М.А. Диагностика состояния сложных энергоемких объектов. Международной конференции с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах» ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2014. с.327-328.

*Шпиганович А.Н., Гугнин А.А.*

## **ВЗРЫВООПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

*Липецкий государственный технический университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru)*

Взрывоопасными производствами на сегодняшний день являются не только предприятия химической, горнорудной, нефтегазодобывающей, атомной промышленности, энергетики и военно-промышленного комплекса. К взрывоопасным относятся, например, совершенно «мирные» на первый взгляд предприятия по производству продуктов питания: мукомольные, кондитерские, винно-водочные. Взрывоопасными являются предприятия по переработке древесины и производству изделий из нее, включая целлюлозу, бумагу, картон, ДСП, мебель и пр. Пыли, встречающиеся на производствах, условно подразделяются на 2 вида с нижним концентрационным пределом до 65 г/м<sup>3</sup> - взрывоопасные, и более 65 г /м<sup>3</sup> - пожароопасные. Почти все производственные пыли встречающиеся на предприятиях среднего Черноземья, приводят к взрывоопасности, их названия приведены в таблице 1.

На любом современном производстве есть склады горючесмазочных материалов, лакокрасочных изделий, участки гальванической обработки, покрасочные цехи или камеры и т.п. Обеспечение безопасности на таких объектах является очень важной задачей, так как она напрямую связана с безопасностью государства и его граждан. Все оборудование, применяемое на взрывоопасных объектах (во взрывоопасных зонах), в том числе оборудование систем безопасности, должно быть безопасно. Это означает, что в оборудовании должен быть исключен или сведен к минимуму фактор искрообразования или искра должна быть изолирована от взрывоопасной среды, в том числе искра, вызванная электростатикой. Такие специальные меры называются видами взрывозащиты электротехнического оборудования. Система технической безопасности на взрывоопасном объекте по газу и пыли, а конкретно ее элементы: пожарные и охранные извещатели, оповещатели, видеокамеры, громкоговорители и др., являясь оборудованием электронным, не должны быть источником опасности и фактором риска по отношению к взрывоопасной среде, присутствующей на объекте.

Таблица 1.

## Значение нижнего концентрационного предела взрывоопасных веществ

Наименование вещества	Взвешенная пыль		Осевшая пыль	
	Нижний концентрационный предел воспламенения, г/м <sup>3</sup>	Температура воспламенения, °С	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С
Сера	2,3	235	-	-
Нафталин	2,5	575	-	-
Эбонит	7,6	360	-	-
Сахар свекловичный	8,9	360	-	350
Камфора	10,1	850	-	-
Пыль резиновая	10,1	1000	-	200
Мука древесная	11,2	430	-	255
Стекло органическое	12,6	579	-	300
Канифоль	12,6	325	-	-
Смола эпоксидная Э-49	17,2	477	330	486
Пыли мучные	20-63	410	-	205
Кероген	25	597	-	-
Пыль целлюлозная	27,7	770	-	350
Лигнин лиственных пород	30,2	775	-	300
Пыль каменного угля	31	720	159	480
Крахмал кукурузный	32,5	410	-	-
Лигнин хвойных пород	35	775	-	300
Алюминий	40	550	-	470
Крахмал картофельный	40,3	430	-	-
Казеин	45	520	-	-
Титан	45	330	-	-
Пыль сланцевая	58	830	-	225
Лигнин хлопковый	63	775	-	-

**Библиографический список**

1. Тиходеев Н. Н. Изоляция электрических сетей / Н. Н. Тиходеев, С. С. Шур. - Ленинград . Энергия, 1989. - 412 с
2. Развега Д. В. Техника Высоких напряжений. – М.: Энергия 1996.- 488с.
3. Шпиганович А.Н. Нормализация переходных процессов и компенсация возмущающих факторов в системах электроснабжения: монография / А. Н. Шпиганович, В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин – Елец: МУП «Типография» г. Ельца 2011. – 165 с.

*Моторина Н.П., Иванов В.М., Винокуров Е.Б.*

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕКТРОПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*\*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
motorina\_np@mail.ru*

В технологическом оборудовании, находящемся в эксплуатации часто применяется электропривод постоянного тока. Приводы обоих родов тока имеют равные функциональные возможности. Электропривод переменного тока стал доминирующим в новых разработках технологического оборудования, а частотно-регулируемый электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем широко применяется и выпускается многими электротехническими фирмами мира. Совместно с микропроцессорными и компьютерными средствами управления электропривод переменного тока имеет функциональные возможности и адаптирован ко всем объектам применения, где ранее использовался электропривод постоянного тока.

Асинхронный электропривод с короткозамкнутым ротором уже более столетия использовался, и будет использоваться как практически единственная реализация массового нерегулируемого электропривода, составляющего до 90% промышленных электроприводов.

Входная мощность  $P_{\text{вх}}$ , выходная мощность  $P_{\text{вых}}$  ( $\Delta P$  – потери мощности) обычно оценивают энергетическую эффективность процесса передачи и преобразования энергии, дают КПД

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вых}} + \Delta P} = \frac{P_{\text{вх}} - \Delta P}{P_{\text{вх}}} = 1 - \frac{\Delta P}{P_{\text{вх}}}.$$

Такая оценка справедлива, если процесс неизменен во времени. Если же нагрузка заметно меняется во времени, следует пользоваться оценками, определяемыми по энергии за время  $t$ :

$$W = \int_0^t P(t) dt ; \quad \eta = \frac{W_{\text{ц}}}{W_{\text{ц}} + \Delta W_{\text{ц}}},$$

где  $W_{\text{ц}}$  и  $\Delta W_{\text{ц}}$  – полезная энергия и потери энергии за цикл работы.

Короткозамкнутый двигатель стал основой частотно-регулируемого электропривода переменного тока. Особенно интересным является применение такого электропривода в традиционно нерегулируемых насосах, вентиляторах, компрессорах. Как показывает опыт, это техническое решение позволяет экономить до 50% электроэнергии, до 20% воды и более 10% тепла.

Переход от нерегулируемых электроприводов к регулируемым во многих технологиях может рассматриваться как основное направление развития электроприводов, поскольку при этом существенно

повышается качество технологических процессов и экономится до 30% электроэнергии.

Асинхронные электроприводы с фазным ротором традиционно используются в крановых и др. установках при реостатном регулировании. Машины двойного питания, каскадные схемы электроприводов встречаются в мощных электроприводах компрессоров с небольшим диапазоном регулирования. Синхронные электроприводы использовались главным образом в мощных нерегулируемых электроприводах.

За счет современных материалов и силовых электронных средств управления синхронный электропривод стал управляемым, занял ведущие позиции в станкостроении, робототехнике, гибких производственных системах и т.п., существенно расширился диапазон мощностей. Свойство синхронных машин менять реактивную мощность и ее знак в зависимости от возбуждения применяется для создания управляемых компенсаторов реактивной мощности. Однако, синхронные электродвигатели, предназначенные для работы с перевозбуждением, имеют несколько большие габариты и их КПД меньше, чем у двигателей, предназначенных для работы с коэффициентом мощности  $\cos\varphi=1$ . В синхронных электроприводах в отличие от асинхронных при наличии множества высоких показателей практически невозможно регулирование параметров в разомкнутых системах.

Предельная простота, надежность и низкая стоимость вентиляно-индукторных машин и электроприводов в целом, а также их широкие функциональные возможности и высокие энергетические показатели позволяют считать этот тип электропривода перспективным регулируемым электроприводом широкого применения в промышленности и электрифицированном транспорте.

Оснащение одного производственного или технологического агрегата современным электроприводом не дает заметного эффекта в технологическом процессе. Повышению эффективности способствует автоматизация технологического комплекса, объединяющего в технологическом процессе много агрегатов и механизмов. Это учитывается всеми ведущими электротехническими корпорациями, которые выпускают компьютеризированные электроприводы с развитыми сетевыми и другими средствами, превращающими электропривод в эффективный инструмент автоматизации технологических процессов, где используются машины и механизмы.

*Шпиганович А.Н, Антонов П.А.*

## **ТОКИ УТЕЧКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Липецкий государственный технический университет  
(kaf-eo@stu.lipetsk.ru, asd48rus@mail.ru)*

При эксплуатации электрооборудования возникают проблемы, которые связаны с наличием значительных токов утечки через изоляцию в распределительных сетях. Возникновение токов утечек приводит к потерям электроэнергии, снижению КПД сети, ускоренному старению изоляции, повышению вероятности ее пробоя и к возникновению ситуации опасной для жизни человека.

Основными причинами возникновения токов утечки являются ошибки при проектировании и выборе комплектующих изделий, типов проводов и видов изоляции, некачественное проведение профилактических и регламентных работ. Согласно с ПУЭ, при монтаже сетей электроснабжения внедряются трех- и пятипроводные схемы, предусматривающие использование дополнительного нулевого защитного проводника. При подключении электрооборудования по этим схемам весьма распространенной является ошибка, когда нулевой защитный и нулевой рабочий проводники имеют одну или даже несколько общих электрических контактов во внутренней распределительной сети. Это приводит к появлению неконтролируемого растекания токов по металлическим конструкциям, трубопроводам систем водоснабжения, отопления и канализации зданий.

Для ограничения токов утечки проводятся проверка целостности и фазировки жил кабеля, а также измерение сопротивления изоляции. Для силовых кабелей до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерение следует производить до и после испытания кабеля повышенным напряжением. Проверка защиты от блуждающих токов состоит из проверки действия установленных катодных защит. Проводятся испытание повышенным напряжением выпрямленного тока. Для кабелей на напряжение до 35кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией длительность приложения полного испытательного напряжения составляет 10 мин. Для кабелей с резиновой изоляцией на напряжение 3-10 кВ длительность приложения полного испытательного напряжения составляет 5 мин. Кабели с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ испытаниям повышенным напряжением не подвергаются. Для кабелей на напряжение 110-500 кВ длительность приложения полного испытательного



напряжения составляет 15 мин. Существует ряд других причин, которые приводят к появлению токов утечки: ухудшение состояния контактных соединений в цепях нулевых рабочих проводников, ухудшение состояния изоляции фазных проводов и т.д. Токи утечки вызывают и ускоренное старение изоляции, что, в свою очередь, приводит к еще большему увеличению токов утечки, неоправданному срабатыванию устройства защитного отключения. Старение изоляции, связанное с увеличением токов утечки, может носить также и лавинообразный характер, что приведет к срабатыванию устройства защитного отключения по неизвестной для технического персонала причине и перерывам в электроснабжении.

Для ограничения токов утечки используют устройство защитного отключения. По существу, устройство защитного оборудования, выполняет функцию контроля токов утечки и работает по принципу отключения контролируемой сети при превышении током утечки порога срабатывания. Хотя устройство защитного отключения (УЗО), благодаря своей простоте, надежности и эффективности защиты, получили массовое распространение, однако им присущ один существенный недостаток: обычные устройства производятся на одну фиксированную вставку из стандартного ряда (10, 30, 100 и 300 мА). Они работают по упрощенному принципу «да-нет», что может привести к неадекватным отключениям электроустановки. Обычное устройство защитного отключения содержит датчик дифференциального тока, пороговый элемент и исполнительный элемент. Выделяемый датчиком дифференциального тока сигнал поступает на пороговый элемент. При превышении значения порога срабатывания (вставки), сигнал переводит пороговый элемент в состояние, при котором срабатывает исполнительный элемент. Таким образом происходит защитное отключение электроустановки.

### *Библиографический список*

1. Правила устройства электроустановок: 7-е изд., перераб. и доп. с изм. М.: Главэнергонадзор, 1998. – 176 с.
2. Зацепин Е.П. Компенсация емкостных токов в распределительных электрических сетях / Е.П. Зацепин, Е. В. Калинин. - Вести высших учебных заведений Черноземья, 2010, № 3, С. 17-22.
3. ГОСТ 22929–78 «Аппараты защиты от токов утечки рудничные для сетей напряжением до 1200 В».
4. Зацепина В.И. Анализ изменения параметров изоляционных конструкций систем электроснабжения / В.И. Зацепина, Е.П. Зацепин. - Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2008, № 2, С. 235-239.

*Яштулов Н.А.<sup>1</sup>, Лебедева М.В.<sup>1</sup>, Каримов О.Х.<sup>2</sup>, Флид В.Р.<sup>1</sup>*

## **МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

<sup>1</sup>*Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, Россия, Москва*

<sup>2</sup>*Уфимский государственный нефтяной технический университет», Республика Башкортостан, Стерлитамак  
(YashtulovNA@mail.ru, lebedevamv221087@mail.ru, karimov.oleg@gmail.com)*

В настоящее время в условиях истощения природных ресурсов становятся актуальными задачи формирования и совершенствования автономных электрохимических энергоустановок для аккумулирования и преобразования энергии [1-4]. Основное препятствие для широкомасштабного внедрения электрохимических преобразователей энергии связано с высокой стоимостью генерируемой электроэнергии вследствие применения дорогостоящих конструкционных электродных материалов. Один из способов решения данной проблемы заключается в разработке новых высокоэффективных нанокатализаторов для создания химических источников энергии, среди которых следует выделить топливные элементы (ТЭ), преобразующие химическую энергию непосредственно в энергию электрическую.

При создании современных ТЭ особое внимание уделяется разработке мембранно-электродных блоков с наноккомпозитными катализаторами. В последнее время интенсивно развивается направление, связанное с модифицированием твердых полимерных мембран (ТПМ) неорганическими добавками. Введение наноразмерных металлов в ТПМ представляется перспективным вследствие возможности повышения эксплуатационных характеристик мембранно-электродных блоков ТЭ и снижения расхода дорогостоящих катализаторов платиновой группы [2,3].

Исходные растворы наночастиц платины металлов были синтезированы в водно-органических растворах при смешении двух микроэмульсий с солью платины и восстановителем – тетрагидроборатом натрия  $\text{NaBH}_4$ . Для формирования обратной мицеллы был использован 0.15 М раствор ПАВ – бис(2-этилгексил)сульфосукцинат натрия (АОТ) (99%, «Sigma») в изооктане. Для создания металлополимерных пленок использовали мембрану Нафион 117 («Aldrich») толщиной 0.127 мм. Функциональную активность и стабильность металлополимерных электродов оценивали методом циклической вольтамперометрии (ЦВА). Морфологию поверхности полимерных пленок исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ).

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие основные выводы. Повышенная каталитическая активность характерна для наночастиц платины при содержании металла  $0.30 \pm 0.05$  мг/см<sup>2</sup> и ультразвуковой обработке. Максимальные значения электрокаталитической активности  $ESA$  и плотности тока  $j$  достигаются при минимальных размерах наночастиц ( $d \leq 3$  нм).

Таким образом, показано, что разработанные металлополимерные нанокompозитные материалы позволяют повысить энергоэффективность портативных устройств на основе водородсодержащих топлив и снизить расход металлов платиновой группы за счет использования металлов в наносостоянии.

*Выражаем благодарность за помощь в экспериментальной части работы профессору Патрикееву Л.Н. (НИЯУ «МИФИ»).*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-33-50015-мол\_нр).*

### ***Библиографический список***

1. Rabis A., Rodriguez P., Schmidt T.J. Electrocatalysis for polymer electrolyte fuel cells: recent achievements and future challenges // ACS Catal. 2012. V. 2. № 5. P. 864-890.
2. Лебедева М.В., Яштулов Н.А., Минина Н.Е., Беляев Б.А. Металлополимерные нанокompозиты платины для электрохимической конверсии водородсодержащих топлив в химических источниках тока. Вестник МИТХТ. 2014. Т. 9. № 3. С. 74-78.
3. Яштулов Н.А., Ревина А.А., Лебедева М.В., Флид В.Р. Каталитическая активность металлополимерных нанокompозитов палладия в реакциях восстановления кислорода и окисления водорода. Кинетика и катализ. 2013. Т. 54. № 3. С. 336-339.
4. Chabia S., Kheirmand M. Electrocatalysis of oxygen reduction reaction on Nafion/platinum/gas diffusion layer electrode for PEM fuel cell // Appl. Surface Science. 2011. V. № 24. P. 10408-10413.

***Максимов Ю.П., Пряничников Я.А.***

## **ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых  
(pryanichnikov2010@ya.ru)*

Владимирская область расположена в умеренно-климатическом поясе, по обе стороны реки Клязьма, на юге Окско-Волжского междуречья в центре Европейской части Российской Федерации. Протяженность области с севера на юг – 170 км, с запада на восток – 280 км.

Общая площадь – 29 тыс. квадратных километров. Граничит с Московской, Ярославской, Ивановской, Нижегородской и Рязанской областями. Население 1 млн. 450 тыс. человек (данные на 2008г.). Областной центр – город Владимир.

Общий характер циркуляционных процессов определяется, в основном, влиянием западного переноса воздушных масс с Атлантики, прерываемого вторжениями холодных масс воздуха из Арктики в тылу циклонов, смещающихся по территории преимущественно с запада на восток. В климате области отчетливо выражены четыре сезона года.

Для Владимирской области средняя годовая скорость ветра составляет около 4 м/с. Такая скорость характерна для ровных, относительно открытых мест лесной зоны. В среднем за год по всей территории несколько чаще других наблюдается ветер юго-западного и западного направлений. Основным фактором, определяющим режим ветра в холодный период года, является западно-восточный перенос, обусловленный общей циркуляцией атмосферы. Зимой направление ветра определяется юго-западной периферией сибирского антициклона. В теплую половину года наблюдаются ветры разного направления с преобладанием северных и северо-западных ветров.[1]

Согласно усредненным данным скорости ветра во Владимирской области выбираем ветроэнергетическую установку ВЭУ-3/7, предлагаемую фирмой ООО «Электроветер».

ВЭУ-3/7 – адаптированный для районов со слабыми ветрами вариант пятикиловаттной ВЭУ-5/5 с увеличенным до 7м диаметром винта, применяемом и в десятикиловаттной ВЭУ.

Ежемесячная выработка составит 500-700кВт/час в месяц при среднегодовой скорости ветра 3-4 м/с, что почти в 2 раза больше, чем у пятикиловаттной ВЭУ-5/5, что аналогично выработке ветряков мощностью 10кВт с точно таким же, как и у ВЭУ-3/7, диаметром – 7м, но выдающими 10кВт при скорости ветра 11-12 м/с (который дует не более 1 часа в месяц) вместо 7,5м/с у ВЭУ-3/7, и цена которых в 2-3 раза больше, чем ВЭУ-3/7.

При использовании в комплекте с ВЭУ-3/7 четырёх аккумуляторов по 12В 190-200А/ч для их безопасной зарядки необходимо дополнительно использовать ТЭН для избыточной мощности на его нагрев. А при использовании 8 таких АБ вся мощность пойдёт на их заряд без применения ТЭНа, но и стоимость АБ вырастет вдвое.

Для мачты ВЭУ-3/7 используются стандартные трубы с наружным диаметром 159мм и стенкой 4мм для ствола мачты и 89\*3,5мм для стрелы подъёма.

Во-первых, это объясняется тем, что ветер при среднегодовой скорости 3-4 м/с только в 1-2% общего времени дует со скоростью

более 8 м/с, и ветроэнергетическая установка мощностью 10кВт очень редко выдаёт более 3кВт мощности. Ветроэнергетическая установка мощностью 10 кВт рассчитана на работу при более высокой скорости ветра – среднегодовой 5-6 м/с, когда ветер дует 10-20% времени более 8 м/с, где он и будет более эффективен по выработке.

Во-вторых, для 4-8 аккумуляторов по 200А/ч, 12В, 10кВт мощности – слишком много, и контроллер переведёт её на балластный ТЭН, то есть эта энергия всё равно будет потеряна. Кроме того, по мере зарядки аккумуляторов при постоянном нарастании ветра к своему штормовому значению, аккумуляторы уже будут наполовину заряжены, и им будет требоваться всё меньше энергии. Излишки энергии, большая часть будет потеряна.

В-третьих, для 10кВт ветряка обычно ставят больше аккумуляторов (12-16 штук по 200А/ч, 12В), что значительно увеличивает стоимость всего комплекса.

В-четвёртых, для 10кВт ветряка нужна в 2 раза более мощная мачта, она обойдётся соответственно раза в 2 дороже.

В итоге, имеем одинаковую выработку в 9 случаях из 10 в нашей стране при разнице в цене всего оборудования в 2-3 раза!

#### *Библиографический список*

1. URL: <http://www.vladimirobl.ru> (дата обращения: 06.04.2015)
2. URL: <http://www.electroveter.ru> (дата обращения: 06.04.2015)

*Шмелёв В.Е., Сбитнев С.А.*

### **МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РАЗНЫХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ТРЁХФАЗНЫМ ЛИНЕЙНЫМ СХЕМАМ ЗАМЕЩЕНИЯ**

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
Россия, Владимир,  
(e-mail: [shmelev@vlsu.ru](mailto:shmelev@vlsu.ru), [ssbitnev@vlsu.ru](mailto:ssbitnev@vlsu.ru)).*

Создание энергоэффективных электрических сетей требует совершенствования методов расчёта их разнообразных режимов, в том числе и несимметричных. Для решения этой проблемы авторами создан матричный метод расчёта нормальных и нештатных режимов электроэнергетических сетей различных классов напряжений по полным трёхфазным схемам.

Новизна разработки заключается в декомпозиции сложных электроэнергетических систем (ЭЭС) на ряд характерных участков, состоящих из множества типовых сетевых объектов, которые в технологии программирования представляются самостоятельными типами данных со своими топологическими и электрофизическими матрицами; в создании расчётных методик вычисления элементов этих матриц по паспортным данным, а также в возможности детального расчёта штатных и нештатных режимов работы ЭЭС без составления схемы замещения всей анализируемой сети. Это важно, поскольку полная трёхфазная схема замещения даже относительно простого участка ЭЭС будет содержать как минимум сотни и даже тысячи элементов (а также узлов и ветвей), что чрезвычайно затруднит её зрительное восприятие. Тем не менее, предлагаемая технология сетевых объектов как типов данных позволяет легко получить информацию о режиме любой ветви схемы замещения в любом сетевом объекте анализируемого участка ЭЭС при невысоких требованиях к пользовательскому интерфейсу.

Матричное моделирование установившихся синусоидальных процессов в электрических сетях базируется на топологических понятиях и соотношениях в электрических цепях. При таком моделировании схему замещения сети удобно кодировать матрицей узловых соединений, а для анализа установившегося процесса удобно применять метод узловых потенциалов [1] в комплексно-матричной форме.

Чтобы матричный метод расчёта установившихся режимов работы электроэнергетической сети был удобен для инженерного анализа, необходимо применение технологии сетевых объектов в программировании. Сетевой объект – структурный или объектовый тип данных в среде программирования, содержащий топологическую и электрофизическую информацию об узлах и ветвях схемы замещения объекта электрической сети. Решены вопросы конструирования типов данных сетевых объектов, алгоритмически определены основные операции над ними: слияние узлов (имитация коротких замыканий), сборка модели сети из отдельных объектов, декомпозиция ЭЭС путём построения объектов «Подсистема» и «Составной объект», расчёт электрического состояния собранной сети. Разработаны конструкторы следующих групп типов сетевых объектов: обобщённые источники и нагрузки, однофазные и трёхфазные трансформаторные объекты, многопроводные линии и их коридоры с учётом всех электростатических и электродинамических связей (в т.ч. и через землю) [2], заземлители и «подсистемы», композиционные объекты, обобщённые системы узлов и ветвей, коммутаторы. Импедансные матрицы конструируемых трансформаторных объектов рассчитываются по паспортным данным без приведения параметров к одному классу напряжения.

Точность моделирования названных и иных важнейших электросетевых объектов подтверждена сопоставлением результатов расчётного моделирования с данными телеизмерений в исследуемой сети. Новый метод расчёта режимов сетей ориентирован на решение проблем минимизации технических и коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях; на его основе можно точно разделить технические и коммерческие потери электроэнергии в конкретной сети. На этой основе можно точно определить причины потерь всех видов, их распределение по элементам и объектам конкретной сети, а также способы минимизации потерь различных видов. Кроме этого, разработанный авторами новый метод расчета режимов сетей является универсальной научной основой для обеспечения надёжной работы электрических сетей всех классов напряжений, обеспечения нормированного качества электрической энергии для разнообразных потребителей и их электромагнитной совместимости.

#### ***Библиографический список***

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Гардарики, 2006. – 701 с.
2. Шмельёв В.Е. Моделирование продольных и поперечных электрических параметров многопроводных линий с помощью уравнений электромагнитного поля. – Проектирование и технология электронных средств, 2013, № 4. – с.27-32.

***Шахнин В.А., Чебрякова Ю.С., Подачников А.В.***

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ МОНИТОРИНГ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых  
(vshakhnin@rambler.ru)*

Одним из важных факторов обеспечения надёжности электроснабжения является реализация ресурсо- и энергосберегающей концепции мониторинга оборудования средствами сканирующей дистанционной интродиагностики[1]. На кафедре электротехники и электроэнергетики ВлГУ совместно с Московским НПО «Спектр» проводятся исследования, целью которых является реализация названной концепции на основе применения мехатронных средств интродиагностики (МСИ) высоковольтного оборудования электрических подстанций[2].

Достижение указанной цели требует решения научной задачи, формулируемой следующим образом: разработка теоретических основ построения МСИ, достоверность и оперативность которой до-

стигаются за счёт глубокой функционально-конструктивной и аппаратно - программной интеграцией компонент, осуществляющих интродиагностику с компонентами, обеспечивающими движение элементов дистанционного сканирования. Для решение этой задачи необходимо выполнить следующее:

1. Дать анализ технологического процесса мониторинга состояния изоляции высоковольтного оборудования электрических подстанций как объекта автоматизации мехатронными средствами сканирующей дистанционной интродиагностики.

2. Выбрать метод интродиагностики, наиболее подходящий в качестве физической основы построения МСИ.

3. Разработать принципы интеграции компонент МСИ, осуществляющих интродиагностику с компонентами, обеспечивающими движение сканирующих элементов.

4. Экспериментально подтвердить эффективность построения МСИ на основе выбранного физического метода интродиагностики и глубокой интеграции основных компонент.

На основе анализа современного состояния высоковольтного оборудования электрических подстанций РФ и особенностей технологического процесса мониторинга изоляции этого оборудования сформулированы основные принципы его гибкой автоматизации:

- в качестве физической основы гибкой автоматизации мониторинга целесообразно выбрать **многопараметровые методы** анализа частичных разрядов в изоляции (ЧР);

- в теоретическом аспекте гибкая автоматизация мониторинга должна базироваться на **решении обратных измерительных задач**;

- в качестве моделей мониторинга целесообразно использовать **математические модели статистических характеристик электрического шума**, вызванного ЧР;

- в качестве метода мониторинга целесообразно применить дистанционное **сканирование с помощью направленных СВЧ антенн**;

- в качестве интеграционной платформы объединения компонент, обеспечивающих движение для дистанционного сканирования, с компонентами, осуществляющими интродиагностику, целесообразно использовать **управление на основе учёта текущих результатов сканирования**;

- методы и устройства обработки информации должны обеспечить разнообразие режимов изменения электрического состояния объекта мониторинга и возможность **автоматической корректировки их параметров** в соответствии с текущими результатами мониторинга;

- методы и устройства обработки информации должны обеспечить разнообразие траекторий перемещения сканирующих элементов



и возможность **корректировки параметров движения** в соответствии с текущими результатами мониторинга;

- методы и устройства обработки информации должны обеспечить **высокий уровень электромагнитной совместимости** систем управления.

Установлено, что в наиболее полной мере вышеизложенные принципы в отношении высоковольтного оборудования электрических подстанций позволяет реализовать мониторинг с помощью мехатронных систем электрошумовой дистанционной сканирующей интродиагностики.

### *Библиографический список*

1. Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» (раздел 2.2.6 «Диагностика и мониторинг оборудования»): [принято Советом директоров ОАО «ФСК ЕЭС» 01.01.2011 г.] URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200092834> (дата обращения 05.12.2013 г.).

2. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение. М.: Машиностроение. 2007. 256 с. ISBN 978-5-9984-0651-5.

*Терехова А.А., Афонин В.А.*

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
(terehova-95@rambler.ru, ket@nnn.tstu.ru)*

Проводниковые материалы применяются для изготовления токопроводящих элементов электроустановок. Наибольшее распространение получили такие твердые проводниковые материалы, как металлы и их сплавы, а также электроугольные изделия [1].

Удельное электрическое сопротивление проводников  $\rho$  принято выражать в системе СИ в мкОм·м. Удельная проводимость  $\gamma = \bar{\rho}$  в этом случае выражается в МСм/м. Так называемая стандартная медь, по отношению к удельной проводимости которой выражают в процентах проводимость других проводниковых материалов, имеет в отожденном состоянии  $\gamma = 58$  МСм/м, чему соответствует  $\rho = 0,017241$  мкОм·м. На практике для измерения удельного сопротивления проводниковых материалов часто применяются внесистемная единица Ом·мм<sup>2</sup>/м.

Высокая проводимость металлических проводников обусловлена значительной концентрацией свободных электронов. Удельные сопро-

тивления этих материалов при нормальной температуре лежат в сравнительно узком диапазоне ( $10^{-2} - 10$  мкОм·м), и разница определяется главным образом различием подвижности электронов проводимости [2].

Удельное сопротивление металлов связано преимущественно с рассеиванием свободных электронов на тепловых колебаниях атомов и дефектах кристаллической решетки ( примесные атомы, вакансии, дислокации и др.):

$$\rho = \rho_{\text{тепл.}} + \rho_{\text{ост.}}$$

При температурах, превышающих температуру Дебая  $\theta$  (для металлов  $\theta = 100 \div 50$  К), удельное сопротивление обусловлено главным образом тепловыми колебаниями решетки ( сопротивление  $\rho_{\text{тепл.}}$ ) и возрастает практически линейно. При низких (криогенных) температурах  $\rho$  практически перестает зависеть от температуры и определяется остаточным сопротивлением  $\rho_{\text{ост.}}$ , являющимся количественной мерой концентрации дефектов кристаллической решетки. В проводниковых металлах высокой проводимости, имеющих при нормальной температуре удельное сопротивление на более 0,1 мкОм·м, содержание примесей ограничивается десятками, сотыми и даже тысячными долями процента с целью снижения их удельного сопротивления за счет  $\rho_{\text{ост.}}$ . Особо чистые металлы с малым значением  $\rho_{\text{ост.}}$  применяются в качестве криопроводниковых материалов, предназначенных для работы при температурах 70-100К и ниже.

Для изготовления реостатов, резисторов, электронагревательных элементов применяются не металлы, а сплавы высокого сопротивления ( их удельное сопротивление при нормальной температуре не менее 0,3 мкОм·м), обладающие повышенным значением  $\rho_{\text{ост.}}$  вследствие нарушения правильности структуры решетки [3].

У твердых (твердотянутых) металлов и сплавов, подвергнутых холодной протяжке, волочению, удельное сопротивление в результате искажения кристаллической решетки повышается. Мягкие (отожженные) металлы и сплавы вследствие рекристаллизации восстан авливают искаженную при пластической деформации структуру, и их удельное сопротивление уменьшается [4].

### ***Библиографический список***

1. Электрический справочник. В 3-х т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы/Под общ.ред. профессоров МЭИ В.Г. Грасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др. – М.: Энергия, 1980. – 520с., ил.
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии. Учебное пособие/ А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006.-720с.,ил.

3. Поспело Г.Е. Электрические системы и сети/Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычев; под ред. В.Т.Федина. – Минск: УП «Технопринт», 2004.-710с.,ил.
4. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.1. Электротехнические материалы / Под общ. ред. профессоров МЭИ И.Н. Орлова и др.- М.: 1986.-712с.

***Попов А.В., Афонин В.В.***

## **АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
(popovandrey993@gmail.com, ket@nnn.tstu.ru)*

Алюминиевые сплавы сочетают легкость с повышенной по сравнению с алюминием с механической прочностью. Электрические, механические и технологические свойства сплавов можно регулировать легирующими добавками. По способу производства изделий алюминиевые сплавы делятся на деформируемые и литейные [1].

Для изготовления электротехнической проволоки, шин, фольги и других изделий применяются деформируемые алюминиевые сплавы, легированные одновременными добавками кремния и магния. Эти добавки мало снижают проводимость алюминия, но за счет образования соединения  $Mg_2Si$  упрочняют сплав. При температуре выше  $500\text{ }^{\circ}C$   $Mg_2Si$  находится в алюминии в твердом растворе. При быстром охлаждении, когда растворенность падает, образуется насыщенный раствор и избыток  $Mg_2Si$  выпадает из твердого раствора в виде тонкодисперсной структурной составляющей, увеличивающей механическую прочность сплава вследствие процесса дисперсионного твердения. Выпадение избытка  $Mg_2Si$  может проходить при длительной выдержке сплава при комнатной температуре (низкотемпературное старение). Процесс ускоряется, и эффект его увеличивается, если применить высокотемпературное старение- подогрев сплава до  $150\text{-}200\text{ }^{\circ}C$ . В результате выхода фазы  $Mg_2Si$  из твердого раствора проводимость сплава повышается.

К системе алюминий- магний-кремний относится проводниковый сплав АВЕ, предназначенный для изготовления электротехнической проволоки. Основными компонентами сплава АВЕ являются магний (0,45-0,65%), кремний (0,45-0,65%) и железо( сопутствующий элемент, 0,45-0, 70%). Предельное содержание примесей: цинка 0, 05%, меди 0,05% , прочих 0,1%. Особо, как и алюминия ограничивается суммарное содержание титана, ванадия, марганца и хрома- не более 0, 015%. Удельное сопротивление сплава АВЕ находится в пределах  $0,0295\text{ -}0,033\text{ мкОм}\cdot\text{м}$ , предел прочности при растяжении

(после термообработки, закалки и старения) 290 МПа, относительное удлинение 5%.

Для изготовления токоведущих шин применяется проводниковый сплав АД-31 той же системы, содержащей 0,4-0,9% магния и 0,3-0,7% кремния. Шины из этого сплава закаленные, естественного (низкотемпературного) старения менее прочны, чем после искусственного (высокотемпературного) старения [2,3]. Удельное сопротивление этого сплава в среднем составляет 0,034 мкОм\*м (после высокотемпературного старения оно несколько ниже, а после низкотемпературного – выше).

Короткозамкнутые роторы асинхронных двигателей [2,3] общего назначения обычно заливаются алюминием, удельная проводимость которых принимается равной 32 МСм/м с возможными отклонениями в пределах  $\pm 8\%$ . Такие значения проводимости получаются при применении алюминия марок А5 или А7, так как в процессе расплавления и заливки роторов происходит загрязнение металла, снижающее его проводимость. Для заливки роторов двигателей с особыми характеристиками (повышенным скольжением, увеличенным пусковым моментом и др.) применяются литейные алюминиевые сплавы с пониженной удельной проводимостью (от 25 до 12 МСм/м). Температура сплавов при литье под давлением должна быть в пределах 640-700 °С, а при центробежном литье 700-760 °С. Сплавы марок АК10, АКМц10-2, АКМ12-4 и АКЦ11-12 обладают высокими литейными свойствами.

Чистый алюминий и сплавы марок АК3, АКМ2-1 и АКМ4-4 имеют ограниченные литейные свойства [1], рекомендуется для заливки роторов с тонкими стержнями. Сплавы АМг7 и АКМг1-9 имеют невысокие литейные свойства, подвержены окислению при заливке и применяются в специальных случаях [4].

### ***Библиографический список***

1. Электротехнический справочник. в 3-х т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы/ Под общ. ред. профессоров МЭИ-В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др.- М.: Энергия, 1980.-520 с., ил.
2. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов / Е.А. Конюхова –М.: Издательский центр «Академия», 2012.-320 с.
3. Кудрин Б. И. Электроснабжение изобретений и режимы/ Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина.- М.: Издательский дом МЭИ, 2013.-420 с.:ил.
4. Воронцова Л.А., Маслов В.В., Пешков И. Б. Алюминий и алюминиевые сплавы в электротехнических изделиях.-М.: Энергия, 1971.-223 с.

*Сальников М.А., Серов И.А., Афонин В.В.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов,  
(makssalna@mail.ru, ivan.serov93@gmail.com, ket@nnn.tstu.ru )*

Алюминий и его сплавы широко применяются в электротехнической промышленности (провода воздушных линий, шинопроводы, токопроводы, электрические аппараты и т.д.). Однако, низкая твердость, износостойкость, механическая прочность, коррозионная стойкость ограничивают и удорожают их применение. С целью повышения поверхностных свойств на детали из алюминиевых сплавов наносят износостойкие, декоративные и защитные покрытия[1].

В настоящее время получение защитных покрытий на алюминии и его сплавах достигается следующими методами: химическим и электрохимическим осаждением из соответствующих растворов и электролитов, термическим напылением в вакууме и др.

Однако, все эти методы отличаются рядом существенных недостатков, таких как большая энергоемкость и трудоемкость осуществления технологического процесса, наличие сложных подготовительных операций перед нанесением покрытий. Получаемые покрытия при этом не обладают полным комплексом эксплуатационных свойств.

В электронике широко используется метод химического осаждения тонких резистивных пленок (тонкопленочная технология) из газовой (паровой) фазы, базирующейся на термическом разложении металлоорганических соединений (МОС), в частности, хрома. Этот метод отличается высокой технологичностью и производительностью. Разработанная технология позволяет наносить на алюминий и его сплавы (и не только) заданной толщины газофазные покрытия из МОС (до 100 мкм и выше), работоспособных в условиях коррозии и интенсивного изнашивания для повышения надежности и долговечности электроустановок [2,3].

В этой связи была изучена кинетика формирования газофазных хромовых покрытий, исследованы их физико-механические и электротехнические характеристики, что весьма актуально для практического применения.

### *Библиографический список*

1. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие/Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов.-М.:ФОРУМ, 2010.-496с.:ил.

2. Афонин В.В., Акулинин И.Н., Зарандия Ж.А. Математическое планирование эксперимента при насаждении износостойких покрытий на контакты электрических аппаратов. – Вестник ТГТУ, 2011. Том 17. №3, с.795-800.

3. Афонин В.В., Акулинин И.Н. Установка для повышения износостойкости контактных материалов электрических аппаратов.- Вестник ТГТУ, 2012. Том 18. №2, с.467-470.

*Астапова Ю.О., Шульга К.С.*

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
УПРАВЛЯЕМЫХ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ  
В СЕВЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ  
ОАО «МРСК СИБИРИ» - «ОМСКЭНЕРГО»**

*Омский государственный технический университет  
(sjo700@mail.ru, Koldun\_anubis@mail.ru)*

С ростом потребления электроэнергии одной из основных задач энергетики стало совершенствование структуры сетей, в том числе снижение потерь в воздушных линиях электропередачи.

Таким образом, эффективное регулирование реактивных перетоков является одной из важнейших проблем современной электроэнергетики. Известно, что воздушные линии электропередачи являются источниками реактивной мощности. Избыточная реактивная мощность в сети уменьшает пропускную способность линии, увеличивает потери электроэнергии. При малой нагрузке линии электропередачи или в случае когда линия совсем не загружена (на холостом ходу) из-за генерируемой ею реактивной мощности может возникнуть ситуация при которой уровень напряжения в конце линии будет превышать значение уровня напряжения в начале (рис.2). Повышенный относительно номинального уровень напряжения уменьшает ресурс электрооборудования, снижает показатели надежности распределительных сетей в целом.

Для снижения уровня напряжения в конце высоковольтной ЛЭП, регулирования уровней напряжений в узлах сети, целесообразно управлять перетоками реактивной мощности в ЛЭП. В описанном случае одним из наиболее эффективных способов компенсации реактивной мощности является установка в узлах сети потребителей реактивной мощности. Современными устройствами, предназначенными для этого, входящими в перечень устройств FACTS (Flexible alternative current transmission systems - гибкие системы передачи переменного тока) являются управляемые шунтирующие реакторы (УШР).

Назначение шунтирующего реактора (ШР) - поглощение избыточной реактивной мощности (РМ) для нормализации уровней напряжения.

Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы - это устройства автоматической компенсации реактивной мощности, позволяющие стабилизировать уровень напряжения, на 15-20 % снизить потери при транспортировке и распределении электроэнергии потребителям и повысить надежность эксплуатации в протяженных линиях электропередачи и распределительных сетях.

Особенно целесообразно применение управляемых шунтирующих реакторов вместо нерегулируемых или ступенчато регулируемых реакторов в электрической сети с переменным графиком нагрузки.

Применение управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов, согласно оценкам зарубежных и отечественных экспертов, может стать одним из приоритетных направлений технического перевооружения высоковольтной сети 110-500 кВ. Общий суммарный эффект по сети в целом - это уменьшение потерь электроэнергии на 3-4% от её выработки.

Так, например, в филиале ОАО «ФСК ЕЭС» – Магистральные электрические сети (МЭС) Волги – в первом полугодии 2009 года за счет оптимизации режимов по реактивной мощности и напряжению было достигнуто снижение потерь на 5,8 млн кВт ч. Для этих целей осуществлялись режимные операции с шунтирующими реакторами на подстанциях 500 кВ Вешкайма, Пенза-2, а также проводились отключения линий электропередачи 220 кВ: Саратовская ГЭС – Кубра, Пенза – Ключики 1, Пенза – Ключики 2.

В Федеральной сетевой компании – МЭС Сибири за девять месяцев 2014 года снижение потерь электроэнергии в результате применения средств компенсации реактивной мощности составило 4 000 тыс. кВт\*ч.

Для решения этой проблемы рассматривалась установка управляемых шунтирующих реакторов. Было произведено моделирование режимов работы сети при двух вариантах установки УШР:

1. Установка реакторов на напряжение 110 кВ на ПС Тара  $Q=20$  МВар и ПС Большеречье  $Q=10$  МВар;
2. Установка реакторов на напряжение 10 кВ на ПС Тара  $Q=10$  МВар, ПС Большеречье  $Q=5$  МВар, ПС Новоягодная  $Q=5$  МВар.

Расчет проводился по результатам летних контрольных замеров в Rastr для утяжеленного режима (один трансформатор отключен). Результаты расчетов приведены в таблицах 1-6.

Сравнение двух вариантов показало, что при установке реакторов на напряжение 110 кВ потери в сети и трансформаторах заметно снижаются. При установке УШР на напряжение 10 кВ за счет величины потерь в трансформаторах суммарные потери увеличиваются.

Результаты моделирования показывают, что установка УШР позволяет уменьшить уровни напряжений в узлах сети, снизить потери электроэнергии, повысить пропускную способность линии электропередачи.

Математическое моделирование режимов сети наглядно показало эффективность технологии FACTS в части регулирования перетоков реактивной мощности и уровней напряжения.



## СЕКЦИЯ 4 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

---

*Аль-Сарраджи Весам Рахим Флаех, Сивохин А.Ю.,  
Аль-Кинани-х.х., Шелохвостов В.П.*

### МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВЫХ КАБРИД-ВОЛЬФРАМОВЫХ КОМПОЗИТОВ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
mit@mail.nnn.tstu.ru*

Исследовался композит, в котором металлокерамическая вставка материала системы WC- Fe-Ni-Cu [1] синтезировалась непосредственно в стальном корпусе с предусмотренными для вставок выемками.

Порошки состава (85% WC, 5% Fe, 5%Ni, 5%Cu, атом. пр.) взвешивались как весовые доли, смешивались в планетарной мельнице, после добавки каучукового пластификатора, сушки и гранулирования смесь прессовалась непосредственно в выемках корпуса с помощью специально изготовленного для этой цели пуансона (давление прессования  $\approx 4 - 5$  МПа/см<sup>2</sup>). Заготовка размещалась в контейнере с углерод-керамическим наполнителем и нагревалась с промежуточной выдержкой 1,5 часа при 650<sup>0</sup>С до 1230 -1250<sup>0</sup>С в камерной печи M14 с окислительной атмосферой, выдержка при температуре спекания составляла 3-5 часов, после выдержки производилось охлаждение с печью, в заготовках механической обработкой удалялись технологические напуски. В качестве последующей обработки производилось диффузионное хромирование с использование того же контейнера, но с добавкой хромосодержащих бескислородных соединений и нагревом на температуру 1300-1320<sup>0</sup>С при 5 часовой выдержке и охлаждении с печью.

Металлографические шлифы готовились по общепринятой технологии [2] с травлением 5%-м раствором HNO<sub>3</sub>. Для исследований использовался металлографический микроскоп МИМ-8 с увеличениями в диапазоне 200-640<sup>x</sup>. Изображения основных структур приведены на рисунке 1.

Анализ основной микроструктуры металлокерамической вставки (рисунок 1а) показывает наличие частиц WC, отличающихся по

форме и размерам от исходного порошка (17 -22 мкм), в сравнении с исходными частицами WC они имеют несколько более округлую форму, объединены в конгломераты, включающие несколько частиц с большим размером. В микроструктуре среди конгломератов располагается светлая составляющая, которую можно интерпретировать как твердый раствор на базе меди-никеля-железа. Эта структурная составляющая располагается в виде прерывистой цепочки по границам конгломератов. В некоторых местах наблюдаются включения твердого раствора в виде зерен достаточно крупных размеров.

Исходя из характера приведенной микроструктуры, а именно локального не сплошного расположения связки (светлая составляющая), можно констатировать лишь частичный переход связки в жидкофазное состояние и не полное развитие процесса перераспределения между частицами WC, а также избыточное содержание связки. Процент связки в сплаве следует предположительно уменьшить в три раза. Практически это будет соответствовать весовым процентам (94,9 %WC; 1,67% Fe; 1,59%Ni;1,81%Cu) после перевода из атомных.

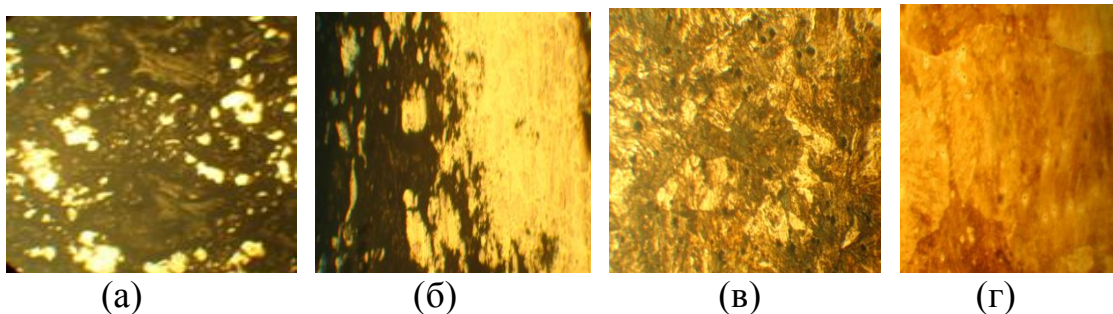


Рисунок 1 Металлографические структуры композитной заготовки: а – микроструктура твердого сплава (металлокерамическая вставка); б – переходная зона сталь- твердый сплав; в - микроструктура корпуса заготовки (перлит  $\approx 0,8\%$  углерода); г – микроструктура хромового поверхностного слоя

Исходная структура стали 40Х, использованной для корпуса заготовки, в процесса спекания существенно изменилась (рисунок 1в). Практически структура представляет собой перлит, однако в структуре не наблюдается следов оплавления и свидетельствует о правильном подборе материала.

Переходная поверхность твердый сплав-сталь приведена на рисунке 1б, что показывает отсутствие несплошности между вставкой и корпусом.

Рисунок 1г представляет структуру хромового слоя, свидетельствует об однородности и большом размере зерна.

Таким образом, металлографические исследования показывают возможность получения достаточно качественного композита при уменьшении количества связки и формировании твердосплавной вставки непосредственно в корпусе заготовки с последующим спеканием при температурах до 1300-1320<sup>0</sup>С.

### *Библиографический список*

1. Третьяков, М.М. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. 2-е изд. М.: Металлургия, 1976.- 554 с.
2. Панченко, Е.В. Лаборатория металлографии/ Ю.А. Скаков, Б.И. Кример, П.П. Арсентьев, К.В. Попов, М.Я. Цвиллинг// М.: Металлургия, 1965. -480 с.

*Балабанов П.В.*

## **ТЕРМО-ПНЕВМОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: pav-balabanov@yandex.ru).*

Важными характеристиками зернистых материалов, являются теплофизические свойства (ТФС).

При относительно невысоких температурах перенос теплоты в их насыпных слоях осуществляется теплопроводностью через материал дисперсионной среды (в сыпучих материалах через частицы и “поверхности их контакта”). Изменение структуры материала, например, вследствие сжатия или нагрева, приводит к изменению площади контакта зерен, объема твердой и газовой фазы, заполняющей пространство между частицами. Поэтому, актуальной задачей является комплексный контроль ТФС и удельного объема твердой фазы таких материалов. Разработка метода, предназначенного для решения этой задачи, являлась целью этой работы.

Рассмотрим исследуемый зернистый или пористый материал 1, помещенный в герметичную измерительную ячейку, образованную тонкими медными пластинами 2, приведенными в тепловой контакт с плоскими нагревателями 5, к каждому из которых непрерывно подводят постоянное напряжение, причем значения этих напряжений не равны, то есть  $U_1 \neq U_2$ . Потери теплоты с противоположных исследуемому материалу поверхностей нагревателей уменьшаются за счет использования теплоизоляции и охранных нагревателей, которые на рисунке не показаны. В некоторый момент времени  $\tau^*$  от начала эксперимента в образце достигается квазистационарный тепловой режим,

при котором поле температур остается подобным самому себе, а скорость изменения температуры (при отсутствии фазовых превращений в образце) будет примерно постоянным (рис. 1). В этот момент времени уменьшают на заданную величину  $\Delta V$  объем газовой фазы материала, перемещая поршень 4 камеры 3, соединенной с измерительной ячейкой. В результате чего возрастает давление в камере 3 на величину  $\Delta p$ . Продолжая нагрев образца до заданных температур, регистрируя тепловые потоки  $q_{1и}$ ,  $q_{2и}$  от нагревателей в слой теплоизоляции, измеряемые датчиками 6, а также температуры  $T_1(0, \tau)$  и  $T_2(l, \tau)$  медных пластин, специальной обработкой измерительной информации получают температурные зависимости теплофизических свойств.

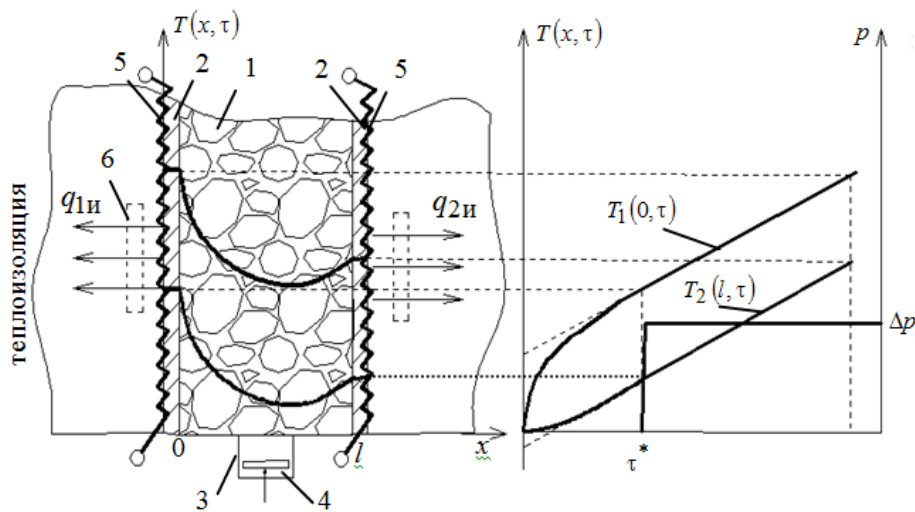


Рис. 1 Пояснение к методу определения теплофизических свойств

Для расчета теплопроводности и теплоемкости используются следующие выражения:

$$\lambda_{эф}(\bar{T}) = 0,5l \frac{q_1 - q_2}{T_1 - T_2},$$

$$c\rho_{эф}(\bar{T}) = (q_1 - q_2)\tau / \left( 2l \left[ \frac{q_1 - q_2}{2(q_1 + q_2)} (T_1 - T_0) - \frac{2q_1 - q_2}{6(q_1 + q_2)} (T_1 - T_2) \right] \right).$$

По измеренному перепаду давлений  $\Delta p$  определяют объем твердой фазы исследуемого материала

$$V_T = V - \Delta V - \Delta V \frac{P_{атм}}{\Delta p}$$

и кажущуюся плотность

$$\rho = m/V_T,$$

где  $p_{атм}$  - атмосферное давление,  $V$  - объем, занимаемый исследуемым материалом и камеры 3,  $m$  - масса образца.

Разработанный метод применялся для исследования теплофизических свойств химических сорбентов, применяемых в средствах защиты органов дыхания. Погрешности определения теплофизических свойств, по оценкам, полученным с использованием эталонных материалов, не превышают 15%.

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Вузам за 2014-2015 годы.

*Баршутина М.Н.\**, *Coulter J.P.\*\**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ МЕЖФАЗНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТОПОГРАФИИ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЛИМЕРОВ**

*\*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов*

*\*\* Lehigh University, USA, Bethlehem*

*(barshutina.marie@yandex.ru, jc0i@lehigh.edu)*

В настоящее время микроструктурированные поверхности полимеров находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. Тем не менее, массовое производство таких поверхностей существенно ограничивается отсутствием простых, недорогих и быстрых методов контроля их качества. Методы электронной и сканирующей зондовой микроскопии, традиционно используемые для анализа микроструктурированных поверхностей, отличаются высокой ценой, большой трудоемкостью и временными затратами. В связи с этим возникает необходимость разработки новых методик контроля качества микроструктурированных поверхностей, которые отличались бы простотой реализации, высокой скоростью проведения анализа и в то же время достаточной точностью.

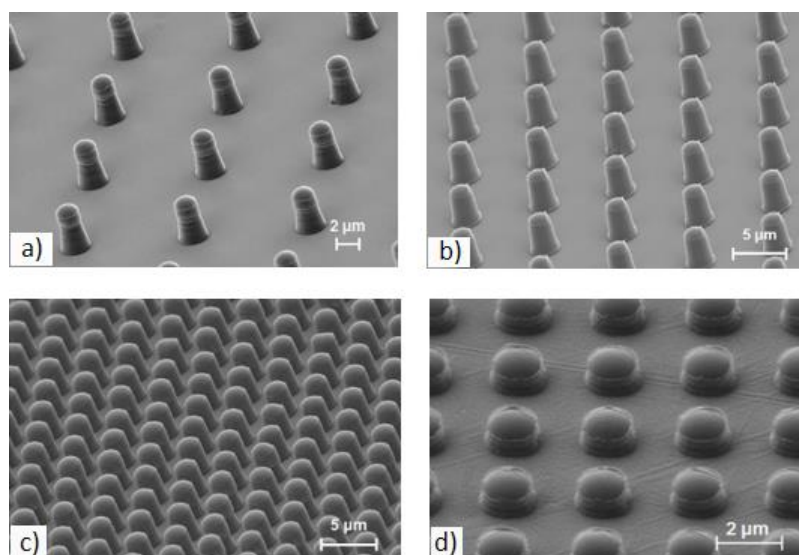
Для решения поставленной задачи нами было предложено использовать эффекты межфазных взаимодействий, возникающие в результате помещения капли жидкости на поверхность микроструктурированных полимеров. Одним из таких эффектов является изменение краевого угла смачивания  $\theta^*$  поверхности полимера при его микроструктурировании.

В результате экспериментальных исследований образцов полимеров, на поверхности которых методом инъекционного литья [1] были образованы микроструктуры в виде наностолбиков (рис. 1), бы-

ло выявлено, что величина краевого угла смачивания зависит параметров наноструктур (периодичности  $\chi$ , диаметра  $D$  и высоты  $H$ ), а также степени гидрофобности исходного полимера, характеризующейся краевым углом смачивания  $\theta_0$ . Теоретический анализ полученных результатов позволил установить функциональную зависимость  $\theta^*$  от  $\chi$ ,  $D$ ,  $H$  и  $\theta_0$ , которая имеет вид:

$$\cos\theta^* = \frac{(0.3125\pi D^2 + \pi D(3.704 \cdot 10^{-6} - 1.289 \cdot 10^{-5} \frac{\pi D^2}{4\chi^2})) \cdot \cos\theta_0 - \chi^2 + 0.25\pi D^2}{0.0625\pi D^2 + \pi D(3.704 \cdot 10^{-6} - 1.289 \cdot 10^{-5} \frac{\pi D^2}{4\chi^2}) + \chi^2}$$

Полученное выражение позволяет найти теоретические значения краевого угла смачивания эталонных микроструктурированных поверхностей с заданными параметрами ( $D$ ,  $\chi$ ,  $H$ ,  $\theta_0$ ). Сравнение теоретических значений краевого угла  $\theta^*$  смачивания с экспериментальными значениями  $\theta^*_{\text{эксп}}$ , полученными с помощью гониометра, позволяет оценить степень соответствия исследуемой поверхности эталону. Отклонение краевого угла смачивания исследуемой поверхности от краевого угла смачивания эталонной поверхности более чем на 20-30% свидетельствует о низком качестве исследуемой поверхности и неэффективности ее дальнейшего использования.



**Рис. 1** Изображения микроструктурированных поверхностей, полученные с помощью электронного микроскопа FE-SEM  
 а)  $\chi = 12$  мкм; б)  $\chi = 8$  мкм; в)  $\chi = 4$  мкм; д)  $\chi = 3$  мкм

#### *Библиографический список*

1. Rodgers, J.W., Bekisli, B., and Coulter, J.P., "Microinjection Molding of Polymers for Biomimicry of Organ Tissue," *Plastics Engineering*, Volume 68, Number 10, pp. 8-12, 2012.

*Бородавкин Д.Г.*

## МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРАХ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)

Информация о структурных переходах (фазовых, релаксационных) в полимерных материалах (ПМ) необходима для назначения технологических режимов их переработки и определения условий эксплуатации изделий. Традиционно применяемые средства термического анализа температурных характеристик структурных переходов в ПМ, как правило, требуют изготовления специальных образцов, длительных испытаний, дорогостоящего оборудования.

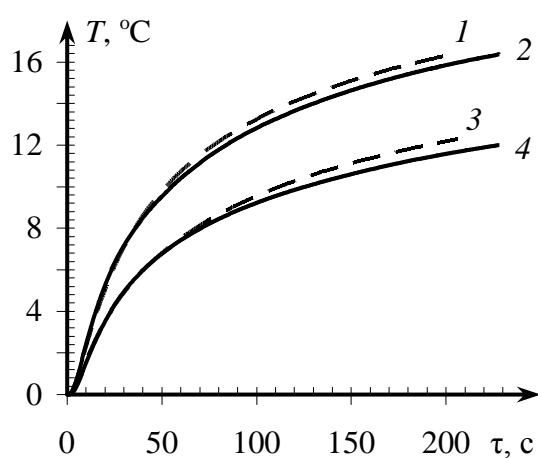


Рис. 1. Термограммы для изделия из ПТФЭ

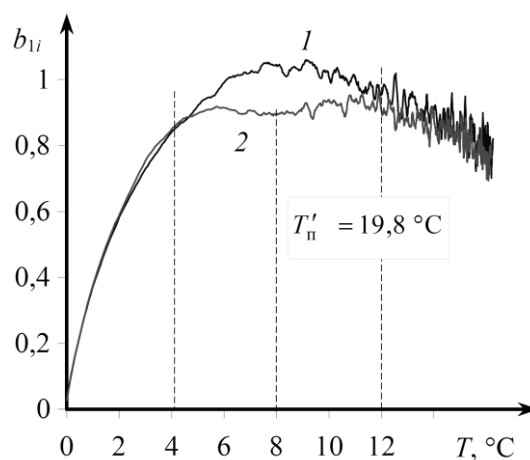


Рис. 2. Зависимость  $b_{1i} = f(T)$

Разработан метод неразрушающего контроля (НК) температурных характеристик структурных переходов в ПМ, предусматривающий нагрев исследуемого объекта линейным источником тепла постоянной мощности, обработку регистрируемых термограмм нагрева в контролируемых точках (расположенных на линии источника тепла и на трех заданных расстояниях от линии источника тепла) по упрощенной модели распространения тепла в цилиндрическом полупространстве при регуляризации тепловых потоков. Температуру структурного перехода определяют:

– по существенным изменениям параметров ( $b_{1i}$ ,  $b_{0i}$ ) упрощенной модели и их дисперсий ( $S_{b_{1i}}^2$ ,  $S_{b_{0i}}^2$ ) в температурном интервале структурного перехода;

– по изменениям скоростей нагрева объекта (за счет теплового эффекта структурного превращения) в контролируемых точках;  
– по аномалиям на температурных зависимостях теплофизических свойств (ТФС)  $a^*$ ,  $\lambda^*$ ,  $c^*$  исследуемого объекта, рассчитываемых по упрощенной модели (при проведении дополнительно предварительной калибровки измерительной системы (ИС) на материалах с известными ТФС [1]).

Ниже представлен пример реализации метода в теплофизическом эксперименте на изделии из политетрафторэтилена (ПТФЭ).

На рис. 1 представлены экспериментальные термограммы, полученные на изделии из ПТФЭ в двух опытах, отличающихся начальной температурой системы изделие-зонд. На рис. 2 приведена зависимость параметра  $b_{1i}$  от избыточной температуры поверхности исследуемого изделия.

Условия опытов: толщина изделия  $H_n = 15 \cdot 10^{-3}$  м; ширина полосы нагревателя  $h_n = 2 \cdot 10^{-3}$  м; удельная мощность  $q = 8150$  Вт/м<sup>2</sup>; временной шаг измерения температуры  $\Delta\tau = 0,25$  с.

Начальная температура системы изделие-зонд: для первого опыта  $T_{н1} = 31^\circ\text{C}$  (кривые 1, 3), для второго опыта  $T_{н2} = 12^\circ\text{C}$  (кривые 2, 4).

Точки контроля:  $r_1 = 1,5$  мм (кривые 1, 2) и  $r_2 = 2$  мм (кривые 3, 4).

На рис. 2 приведены зависимости  $b_{1i}$  от  $T$  для двух опытов. Используются термограммы, зафиксированные при  $r_1 = 1,5$  мм (см. рис. 1, кривые 1, 2).

Твердофазный переход в ПТФЭ, сопровождающийся эндотермическим эффектом ( $T_n = 19,6^\circ\text{C}$ ), в опыте зарегистрирован при  $T'_n = 19,8^\circ\text{C}$ .

Таким образом, разработанные метод и ИС [1] позволяют за непродолжительное время фиксировать структурные переходы в ПМ по аномалиям ТФС на температурных зависимостях. Получение информации о структурном переходе по  $b_{1i}$ ,  $b_{0i}$  и  $S_{b_{1i}}^2$ ,  $S_{b_{0i}}^2$ ,  $S_T^2$ ,  $V^*$  не требует калибровки ИС, что значительно упрощает и ускоряет обработку полученных результатов, существенно удешевляет метод.

### ***Библиографический список***

1. Бородавкин, Д. Г. Метод и измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах: дис. канд. техн. наук: 05.11.13/Д. Г. Бородавкин. -Тамбов, 2012. -159 с.



*Бурмистров А.Г., Савенков А.П., Сафонова М.Э.*

## **БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(savencow@yandex.ru, margheritas@ro.ru)*

Отклонения параметров технологических процессов от регламентируемых значений может приводить к возникновению брака, что, в свою очередь, ведёт к повышенным материальным и энергетическим затратам. Обеспечить энергоэффективность производства в частности помогают приборы контроля физических свойств жидкостей. Добиться высокой точности измерения поверхностного натяжения, плотности и вязкости бесконтактными аэродинамическими методами возможно только при точной установке измерительного преобразователя на заданное расстояние относительно поверхности контролируемой жидкости [1]. Для бесконтактного определения этого расстояния был разработан датчик, основанный на эффекте отражения света от поверхности.

Датчик, измеряющий расстояние до поверхности жидкости 4, состоит из лазерного диода 1 и фоторезисторов 2 и 3 (рис. 1) и электронной схемы (на рис. 1 не показана). Вход лазерного диода 1 подключен к выходу генератора прямоугольных импульсов частотой 1 кГц. Выход фоторезисторного преобразователя (элементы 2 и 3) подключен к входу электронной схемы.

При перемещении датчика возможно три варианта отражения лазерного луча от поверхности жидкости 4. На выходе фоторезисторного преобразователя относительно сигнала генератора будут формироваться противофазный или синфазный сигналы в зависимости от того, на который из фоторезисторов поступает сигнал с лазерного диода

В первом случае (рис. 1, а) отраженный от поверхности жидкости 4 луч лазерного диода 1 попадает на фоторезистор 2, в результате чего на первом выходе электронной схемы сформируется уровень логической единицы. Это сигнализирует о необходимости перемещения датчика расстояния вверх.

Во втором случае (рис. 1, б) отраженный лазерный луч попадает на фоторезистор 3. Сигнал логической единицы сформируется на втором выходе электронной схемы. Это сигнализирует о необходимости перемещения датчика расстояния вниз.

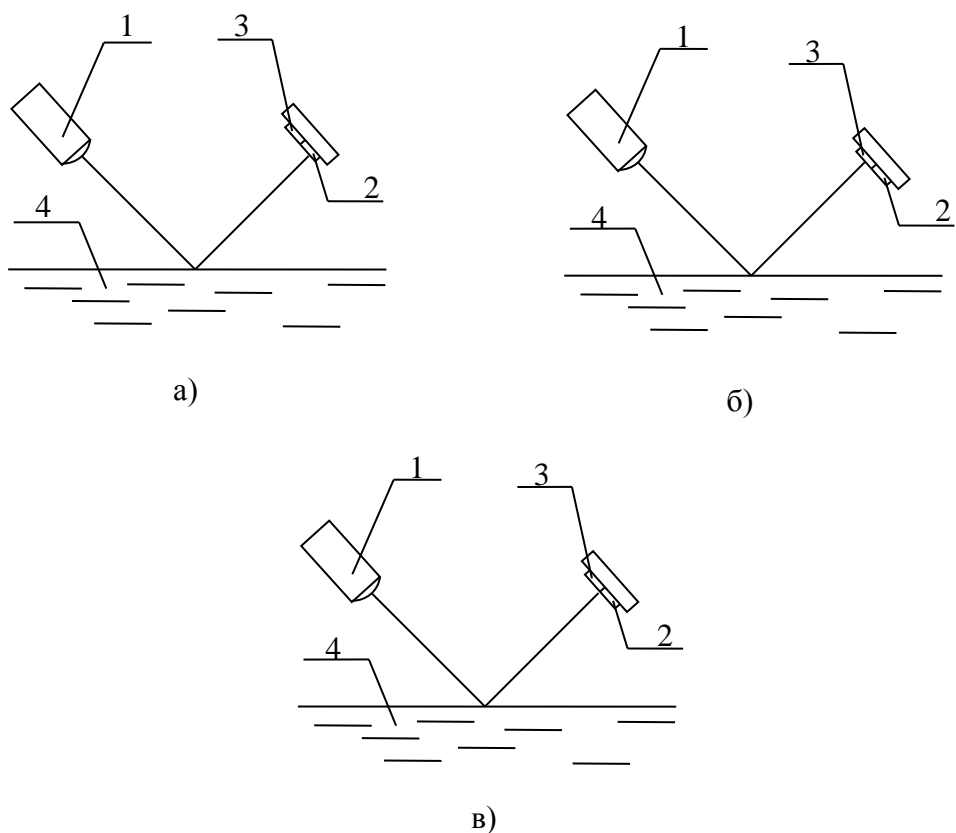


Рис. 1. К пояснению принципа работы бесконтактного датчика расстояния

В третьем случае (рис. 1, в) отраженный лазерный луч действует на оба фоторезистора с одинаковой интенсивностью. На выходе фоторезисторного преобразователя, представляющего собой делитель напряжения, сигнал переменного тока будет отсутствовать. И на первом и втором выходах электронной схемы будет сформирован уровень логического нуля. Это сигнализирует о достижении заданного расстояния.

Исследования датчика показали, что благодаря реализации нулевого метода измерения точность сигнализации заданного расстояния достигает десятых долей миллиметра при диаметре лазерного луча до 2 мм.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол\_а.

### ***Библиографический список***

1. Мордасов Д. М. Аэрогидродинамические эффекты в бесконтактных струйных методах неразрушающего контроля вязкости жидких веществ / Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов, А. П. Савенков. М.: Физматлит, 2012. 354 с.

*Грунтович Н.В., Грунтович Н.В.*

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА – ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Брянский государственный аграрный университет, Россия, с. Кокино  
(e-mail: gruntovich@tut.by)*

Внедрение на крупных промышленных предприятиях интеллектуальных компьютерных систем технического учета топливно-энергетических ресурсов (ИКСТУ ТЭР) для управления энергоэффективностью (ЭЭФ) может и должно стать серьезной альтернативной энергетическому аудиту. Настал момент, когда сложившаяся система энергоаудиту должна перейти на более высокий уровень организации. На большинстве предприятий мероприятия, которые «лежали на поверхности» и являлись очевидными для большинства энергоаудиторов, успешно реализованы, очевидно, что потенциал дальнейшего улучшения ЭЭФ кроется в модернизации действующих технологических процессов.

В таблице 1 приведены основные факторы, влияющие на низкую эффективность использования ТЭР.

Таблица 1 - Основные факторы, оказывающие влияние ЭЭФ промышленных предприятий

<b>№ п/п</b>	<b>Основные факторы нерационального потребления ТЭР</b>	<b>В каком объеме эти факторы типичны для предприятий, %</b>
1	Отсутствие на предприятии нормативного документа: «Политики в области энергосбережения».	100
2	Отсутствие системного и оперативного анализа эффективности энергопотребления при помощи компьютерной системы технического учета	100
3	Наличие огромного парка морально и физически устаревшего основного и вспомогательного технологического оборудования.	30-35
4	Неравномерное поступление сырья и неравномерный спрос на готовую продукцию.	30
5	Значительные потери ТЭР из-за аварийных простоев технологического и энергетического оборудования; изношенность, и ремонт, отсутствие мониторинга диагностических работ.	30-50
6	Отсутствие системного повышения квалификации энергетиков, технологов и механиков по проблемам энергосбережения и надежности оборудования.	50-65
7	Отсутствие у работников достаточных экономических стимулов для рационального использования ТЭР.	100
8	Большое перерегулирование в АСУ технологическим процессом, недостаточная настройка регуляторов.	20-50

9	Высокий уровень условно постоянной составляющей в энергопотреблении из-за недостаточного использования, регулируемого электропривода и других энергосберегающих технологий.	10
10	Отсутствие или большой износ тепловой изоляции паропроводов котлов и теплообменников, различная эффективность тепловых изоляций.	60-100
17	Изменение качества сырья в широком диапазоне	75-100
18	Необоснованно завышенный уровень напряжения в цехах, участках предприятий	50-70
19	Низкий КПД асинхронных двигателей, особенно после капитальных ремонтов	80-100
20	Низкий $\cos\phi$ асинхронных двигателей	80-100

Однако нельзя забывать и о высокой доли потенциала ЭЭФ за счет управления и оптимизации режимами работы основного технологического оборудования. А это становится возможным при наличии у предприятия как автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), так и ИКСТУ ТЭР. При наличии на предприятии двух последних систем энергоаудит должен проводиться постоянно специалистами предприятия (технологами и энергетиками).

**Основными задачами ИКСТУ ТЭР являются:**

- представление информации диспетчерам и технологам для принятия оптимальных решений на основе интеллектуальной системы поддержки принятия решений;
- прогнозирование удельного расхода ТЭР в зависимости от планируемого выпуска продукции;
- оптимальное прогнозирование и планирование потребления ТЭР;
- регламентный контроль ЭЭФ ежеквартально или по усмотрению предприятия (вместо энергетического обследования один раз в пять лет);
- управление потреблением ТЭР на основе целевых функций; контроль энергоемкости продукции;
- определение потенциала энергосбережения на основе дифференциального показателя энергоэффективности;
- определение и корректировка прогрессивных норм расхода ТЭР на основе расчетно-статистических моделей;
- оперативное диагностирование энергопотоков;
- контроль и оптимизация режимов работы оборудования с помощью математических моделей;
- оптимизация технико-экономических показателей котельных и компрессорных станций.

*Данилов С.Н., Ефремов Р.А., Кольтюков Н.А.*

## МУЛЬТИМОДЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СОПРОВОЖДЕНИЯ СО СНИЖЕННЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАТРАТАМИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(resbn@jesby.tstu.ru).

Работа многих автоматических систем в сложных условиях сопровождается изменением характера поведения отслеживаемого и управляемого процесса. Из этого следует необходимость иметь систему, включающую несколько подсистем с различными структурами, назначение которых состоит в обеспечении оценки параметров протекающего процесса в различных ситуациях: достаточно резкое изменение скорости протекания процессов в химических реакторах, выполнение сопровождаемым радиолокатором объектом неожиданного резкого маневра, изменение интенсивности действия помех различного рода и так далее [1, 2].

Краткий обзор алгоритмов фильтрации для систем со случайной структурой и дискретным временем представлен в [3], однако приведенные оптимальные алгоритмы фильтрации с ростом числа наблюдений требуют экспоненциально растущего объема вычислительных ресурсов.

Известно, что чем выше порядок астатизма, тем более точно система отслеживает высокие производные, но и длительность переходного процесса в этом случае выше.

Произведем объединение достоинств следящих систем с разными степенями астатизма на основе теории систем со случайной скачкообразной структурой.

Рассмотрим алгоритм фильтрации для системы описываемой линейными уравнениями состояния и наблюдения и гауссовским распределением вероятностей случайных последовательностей, представленный в [4]:

Зададим модель движения цели в виде уравнения:

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{\Phi}^{(i)} \cdot \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{u}_{k-1}^{(i)}, \quad i = \overline{1,2}; k = 1, 2, \dots,$$

где  $\mathbf{x}_k = [D_k \quad V_k \quad C_k]^T$  – вектор состояния с ковариационной матрицей  $\mathbf{P}_k$ ;  $\mathbf{x}_0$  – вектор начального состояния с гауссовской плотностью вероятности  $x_0 \sim N[x_0 / \hat{x}_0, P_0]$ ;  $\mathbf{\Phi}^{(i)}$  – переходная матрица состояний;  $\mathbf{u}_k^{(i)}$  – дискретный белый шум с гауссовской плотностью вероятности  $\mathbf{u}_k^{(i)} \sim N[\mathbf{u}_k^{(i)} | 0, \mathbf{Q}^{(i)}]$ ;  $i$  – номер структуры фильтра;  $D_k$  – дальность до цели,  $V_k$  – скорость сближения истребителя с целью;  $C_k$  – радиус

окружности, по дуге которой движется объект относительно наблюдателя в рассматриваемый момент времени.

Первое состояние структуры основано на модели прямолинейного изменения отслеживаемого параметра с переменной скоростью. Второе состояние структуры системы сопровождения цели основано на модели движения объекта по дуге окружности с переменным радиусом.

Работа синтезированного алгоритма рассматривалась на примере следующих ситуаций (рис. 1): объект выполняет маневры длительностью 50 с – кривая 1; 60 с – кривая 2; 22 с – кривая 3; объект выполняет маневр 55 с.

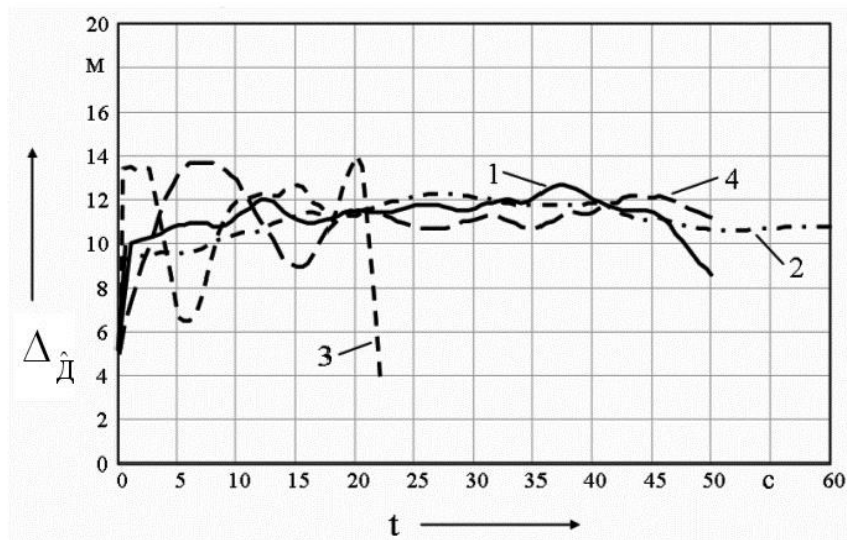


Рис. 1 Ошибки слежения

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ «Теоретические основы построения радиоэлектронных комплексов с реконфигурацией информационной системы», договор НК\_14-08-00523/14 от 06.03.14.*

#### **Библиографический список**

1. Bar-Shalom. Estimation and tracking: principles, techniques and software / Bar-Shalom, Y. Xiao-Rong Li. – Boston: Artech House, 1993. – 386 p.
2. Фарина, А. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: пер. с англ. / А. Фарина, Ф. Студер. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
3. Бухалев, В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В.А. Бухалев. – М.: Наука, Физматлит, 1996. - 288 с.
4. Клекис, Э.А. Оптимальная фильтрация в системах со случайной структурой и дискретным временем/Э.А. Клекис //Автоматика и телемеханика. - 1986. -№11. - С.61-70.

*Дутов М.Н., Макаrchук М.В., Королев А.П.*

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НАНООБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: energ-lab@yandex.ru)*

Водные растворы и суспензии наночастиц находят широкое применение в различных областях науки и производства. Квантовая природа наночастиц и их производных предполагает наличие квантования потока энергии проходящих через них и образованными ими растворами и средами, что в ряде случаев следует учитывать при производстве продуктов на их основе. Одним из важных технологических параметров во многих процессах является температура растворов.

В экспериментах ставилась задача определения температурной зависимости проводимости растворов нанобъектов в водной среде разной степени разведения. Для проведения эксперимента собиралась установка, состоящая из мостовой измерительной схемы, построенной по классической схеме, состоящей из двух резисторов установленных в разных плечах моста, два других «резистора» представляют собой электроды, расположенные на равном расстоянии и устанавливаются в пробирки с исследуемым раствором (раствор нанобъектов в дистиллированной воде) и эталоном (бидистиллированная вода). Пробирки помещали в термостат, задавали температуру, до которой необходимо произвести нагрев, температуру контролировали с помощью термопары расположенной в термостате.

В ходе проведения эксперимента напряжение падающие на плечах моста снималось с помощью дифференциального операционный усилителя, после усиления разницы напряжение данные поступали в компьютер через АЦП. Одновременно с данными о дифференциальной разнице падения напряжения в исследуемом растворе и бидистиллированной воде производилась запись величины температуры, что позволило построить температурную зависимость проводимости растворов.

Данные о текущей температуре воды в термостате через АЦП с термопары поступали в компьютер.

В ходе проведения экспериментов была выявлена температурная зависимость проводимости раствора нанобъектов в сравнении с эталоном. Дифференциальная зависимость при нагреве и охлаждении одного и того же раствора нанобъектов не повторяют друг друга, что позволяет предположить о том, что в растворе при нагревании происходят структурные изменения, в том числе и его электрических свойств.

### *Библиографический список*

1. Синюков, В.В. Структура одноатомных жидкостей воды и водных растворов электролитов: историко-химический анализ. М.: Наука, 1976.-256с.
2. Онацкая, А.А. Активированная вода: Онацкая А.А., Музалевская Н.И.// Химия – традиционная и парадоксальная.- Л.: изд-во ЛГУ, 1985.-С.88-113.
9. Шелохвостов, В.П. Структура и свойства растворов высокого разбавления: В.П. Шелохвостов, М.В. Макаrchук, Д.А. Шеришорин, В.Н.Чернышов. // Вестник ТГУ, Т.8, вып.4, 2003.-с.698-702

*Дутов М.Н., Макаrchук М.В., Королев А.П.*

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЕЙ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: energ-lab@yandex.ru)*

Исследование наноструктурных объектов направлено на установление связи между структурой и их свойствами. Принципиальные трудности экспериментальных исследований связаны с тем, что необходимо исследовать близкодействующие поля с квантовой структурой и малыми расстояниями между устойчивыми энергетическими состояниями находящимися в пределах диапазона теплового фона.

В этой связи представляет интерес разработка методов исследования близкодействующих полей наноструктурных объектов, имеющих высокие топологические и энергетические разрешения.

Был разработан метод теневого электронно-оптического муара для выявления энергетических характеристик близкодействующих полей наноструктурных объектов при определенных условиях.

Получены соотношения позволяющие определять напряженность электрического поля в любой его точке в зависимости от величины смещения элементов сетки, т. е. устанавливает связь между параметрами поля и особенностями создающего это поле наноструктурного объекта.

Таким образом, возможно по напряженности поля в различных точках и его конфигурации исследовать свойства наноструктурных объектов. Однако, это длительный и трудоемкий процесс, и при определении принадлежности воздействия результат может быть неоднозначен, особенно при смешанном воздействии со стороны различных объектов.

Для анализа полученных муаровых изображений рационально использовать методы математической обработки, включающие в себя: кластеризацию, сегментацию, вейвлет и фрактальный анализы.



При обработки муаровых изображений необходимо выявить отличия между участками и систематизировать их. Найти связь между энергетическим и топологическим строением нанообъектов и участками муарового изображения.

В качестве пробных предварительных исследований муаровых изображений применили метод вейвлет анализа. Который позволяет найти связь между близкодействующими полями наноструктурных объектов и муаровых изображений.

### *Библиографический список*

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс перевод с английского В.В. Чепыжова "Цифровая обработка изображений в среде Matlab" Москва: Техносфера,
2. Герасименко Н.Н., Апрелов С.А. "Фрактальные методы анализа упорядоченности наноструктур" Российские нанотехнологии. Статьи. Том 2. №1-2 2007г. 4с., ил.

*Ефремов Р.А.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С МОДУЛЯЦИЕЙ ПЕРИОДА СЛЕДОВАНИЯ ШУМУПОДОБНОГО СИГНАЛА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(roma2004@tamb.ru).*

Стремительный рост объемов передаваемой информации в современном обществе ориентирует развитие беспроводных систем связи на увеличение скорости передачи данных, причем в условиях незначительного уровня помех в канале связи. Однако существуют системы, в которых объемы передаваемой информации не столь значительны, но передача модулированного сигнала сопровождается его искажением в линии связи из-за доплеровского рассеяния, диспергирующих свойств среды, а также воздействием на него различных помех[1].

Помехоустойчивость является одним из важнейших параметров беспроводной системы связи, при этом она напрямую зависит от эффективности работы синхронизатора, являющегося обязательной частью любой системы связи [2, 3].

В статье [4] описан метод передачи дискретной информации включающий: модуляцию на основе сопоставления информационным символам сигналов с ортогональной множественной структурой боко-

вых лепестков автокорреляционной функции (АКФ), в качестве которых используются периодические составные сигналы с различным периодом повторения шумоподобного сигнала (ШПС), и демодуляцию, которая выполняется на основе сравнения значений АКФ принятого сигнала, в нескольких точках, соответствующих максимумам боковых лепестков АКФ передаваемых сигналов.

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 нахождении максимумов АКФ половины символа в каждом канале, суммирования сигналов с двух каналов (лог1 и лог 0) и выделение с помощью узкополосного фильтра первой гармоники сигнала, соответствующей частоте следования символов на передающей стороне). Таким образом, выделение тактовых синхроимпульсов производится по информационной последовательности принимаемых символов.

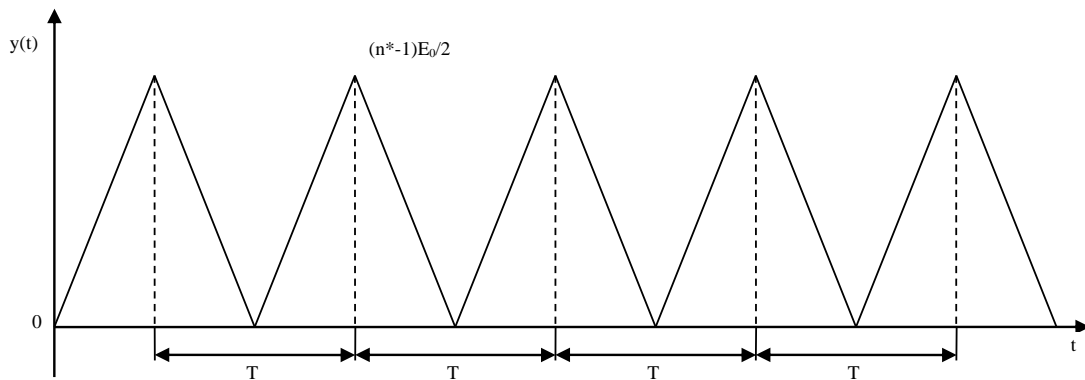


Рис. 1 Сигнал на выходе сумматора

Получено выражение для амплитуды сигнала и для дисперсии шумовой составляющей на выходе полосового фильтра (ПФ), позволяющее оценить эффективность схемы синхронизатора (при  $n \geq 10$  и  $FT \gg h^2$ ) (1):

$$\left. \begin{aligned} V_1 &\approx \frac{2E}{n^2} \\ \sigma_{\text{вых}}^2 &\approx \frac{N_0^2}{Q} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $Q = \Delta f / f$  - добротность ПФ;  $E$  - энергия бита;  $n$  - число повторов элементарного ШПС в течении длительности бита  $T$ ;  $F$  - ширина спектра ШПС;  $\Delta f$  - полоса пропускания ПФ;  $N_0$  - спектральная плот-

ность мощности гауссовского белого шума;  $V_1$  - амплитуда 1 гармоники сигнала;  $\sigma^2$  - дисперсия шумовой составляющей.

Разработанный способ синхронизации позволяет, не снижая теоретическую помехоустойчивость известного метода передачи информации, осуществлять помехоустойчивую передачу дискретной информации в условиях искажений сигнала в линии связи и относительный сигнал-шум менее единицы.

### ***Библиографический список***

1. Информационные технологии в радиотехнических системах / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др. ; под ред. И.Б. Федорова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 768 с. : ил.
2. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М. : Радио и связь, 1985. – 384 с. : ил.
3. Феер, К. Беспроводная связь. Методы модуляции и расширения спектра / К. Феер ; пер. с англ. ; под ред. В.И. Журавлева. – М. : Радио и связь, 2000. – 520 с. : ил.
4. Дахнович, А.А. Беспроводная передача данных в информационно-измерительных системах в условиях помех / А.С. Григорьев, А.А. Дахнович, Р.А. Ефремов // Труды ТГТУ. – 2009. – № 12, Т. 2. – С. 14 – 19.

***Ефремов М.А., Протасова В.В., Федянин В.В.***

## **НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ВСТРЕЧНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ В МОДЕЛЯХ МЕТА-АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Юго-Западный государственный университет, Россия, Курск,  
(e-mail: efremov\_ma@mail.ru)*

В настоящее время мета-анализ представляет собой динамическую, многоаспектную систему методов, позволяющую теоретически и методологически убедительным способом объединять в одно целое данные различных научных исследований. Тщательно выполненный мета-анализ может выявить области, требующие дальнейших исследований [1].

Целью данных исследований является разработка моделей и алгоритма мета-анализа, позволяющих оценить влияние неблагоприятного экологического фактора на заболеваемость в промышленном кластере или его сегменте.

Для оценки влияния экологического фактора на заболеваемость необходимо выбрать мишень – медико-биологический параметр, обладающий наибольшей чувствительностью к экологическому фактору, и совокупность клинических или эпидемиологических

показателей, позволяющих оценить уровень здоровья в промышленном кластере.

Для экологического мониторинга, когда в качестве источника данных выступают промышленные кластеры или их сегменты, в качестве маркеров риска используется уровень заболеваемости, а в качестве реперных точек – некоторые временные отсчеты, в частном случае, равноинтервальные. Как правило, в каждом кластере (сегменте кластера) имеем одинаковый уровень интенсивности неблагоприятного экологического фактора  $\Phi$ , во всяком случае, незначительно изменяющейся на апертуре мета-анализа, поэтому динамику заболеваемости  $X$  внутри кластера (сегмента кластера) будем связывать только со временем воздействия неблагоприятного фактора на живые объекты и предысторией, то есть заболеваемость на шаге наблюдения  $t_i$  является функцией интенсивности экологического фактора и заболеваемости на предшествующем шаге  $t_{i-1}$ .

Таким образом, заболеваемость в последней реперной точки экологического мониторинга для  $j$ -го кластера определяется как

$$X_{jN} = F_N(F_{N-1}(\dots F_2(F_1(\hat{O}_j, X_{j0}), \hat{O}_j)\dots, \hat{O}_j)), \quad (1)$$

где  $X_{j0}$  - начальный уровень заболеваемости в  $j$ -м кластере.

Для определения влияния экологического фактора на заболеваемость в промышленном кластере необходимо определить производную сложной функции одного аргумента: экологического фактора  $\Phi$ . Можно представить вычисление заболеваемости  $X$  как результат работы  $N$  автоматов, каждый из которых имеет один вход и выдает на выходе значение  $F(\hat{O}, X_0)$ .

Для вычисления  $F'(\hat{O})$  используем формулу производной сложной функции

$$\frac{dX}{d\Phi} = F_N'(F_{N-1}(\dots(F_1(\Phi)\dots)) \times F_{N-1}'(\dots(F_1(\Phi)\dots)) \times \dots \times F_1'(\Phi)) \quad (2)$$

В принципе, величина  $dX/d\Phi$  может быть вычислена на любом этапе экологического мониторинга, если имеются модели вычисления этих величин и соответствующие обучающие выборки. Для построения таких моделей можно использовать нейронные сети прямого распространения блочного типа [2, 3].

Для преодоления трудностей, связанных с узким диапазоном варьирования величиной экологического фактора или дозой лекарственного назначения использовались нейронные сети встречного распространения [4]. После обучения сети встречного распространения реализуется свойство ассоциативной памяти, заключающееся в том, что предъявление на вход только вектора  $X$  или только вектора  $\Phi$  при равенстве нулю другого, приводит к порождению на выходе некоторых

приближений векторов  $X$  и  $\Phi$ , что позволяет получить как прямую функцию  $X=F(\Phi)$ , так и обратную функцию –  $\Phi=G(X)$ . Аппроксимация зависимости  $\Phi=G(X)$  позволяет расширить динамический диапазон значений фактора  $\Phi$ , а также определить производную  $dG/dX$  через вычисление градиента сложной функции многих переменных, что позволяет вычислить производную  $F(\Phi)$  как  $dF/d\Phi=1/(dG/dX)$ .

### ***Библиографический список***

1. Sipe TA, Curlette WL. A meta-synthesis of factors related to educational chievement. Int J Educ Res.2011.-P. 598.
2. Филист, С.А. Нейросетевой решающий модуль для исследования живых систем / С.А. Филист, С.Г. Емельянов, А.Ф. Рыбочкин// Известия Курского государственного технического университета, №2 (23), 2008. – С. 77-82.
3. Филист, С.А. Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений/ С.А. Филист, О.В. Шаталова, М.А. Ефремов // Нейрокомпьютеры. Разработка и применение, 2014. - №6. – С. 35-39.
4. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. 1104 с

***Жарикова М.В., Чернышов А.В., Чернышов В.Н.***

## **МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов*

Для решения проблем энергосбережения при строительстве зданий различного назначения применяются новые строительные материалы. Для контроля качества и теплозащитных свойств этих материалов необходимо обладать информацией об их теплофизических характеристиках (ТФХ).

Был разработан способ неразрушающего контроля теплофизических характеристик строительных материалов [2], заключающийся в нагреве исследуемого изделия по линии заданных параметров, осуществляя нагрев исследуемого полуограниченного в тепловом отношении тела по плоскости, перпендикулярной плоскости внешней поверхности исследуемого объекта и уходящей внутрь него.

Основным недостатком данного метода является то, что кривая затухания СВЧ-импульса в материале распространяется нелинейно, соответственно, тепловой поток  $q$  распространяется как вдоль оси  $z$  ( $q_z$ ), так и вдоль оси  $x$  ( $q_x$ ) (рисунок 1, а). Следовательно, задача становится двумерной, а точность результатов снижается.

Для устранения вышеуказанного недостатка, полученную в ходе эксперимента кривую затухания СВЧ-импульса в материале аппроксимируют на интервале от 0 до 30...40 мм по оси  $z$ . Между аппроксимацией кривой затухания и осью  $x$  определяют угол – угол  $\alpha$ . Затем воздействуют на исследуемый материал импульсом СВЧ-диапазона под углом  $\alpha$  к поверхности (рисунок 1, б).

Измерительная система, реализующая предлагаемый способ, представлена на рис. 2

Для проведения такого микроволнового воздействия электромагнитные излучения рупорной антенны 1 СВЧ-генератора 2 фокусируют в линию заданной длины линзой 3 из радиопрозрачного диэлектрического материала под углом  $\alpha$  к поверхности исследуемого материала 5, нагрев которого осуществляется импульсным воздействием высокочастотного электромагнитного поля (СВЧ-излучением) длительностью 5-10 секунд от излучающей антенны 1, соединенной волноводом с СВЧ-генератором 2. Диэлектрическая линза 3 осуществляет фокусировку излучения в линию 4 на поверхности исследуемого тела. После СВЧ-воздействия осуществляют контроль избыточных температур на теплоизолированной от окружающей среды поверхности исследуемого объекта в двух точках, находящихся соответственно на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от линии электромагнитного воздействия, термодарами 6, которые через коммутатор 7, нормирующий прецизионный усилитель 8 и АЦП 9 подключают к микропроцессору 10. В эксперименте расстояния  $x_1$  и  $x_2$  берутся обычно равными 2 и 3 мм соответственно. Микропроцессор 10 соединен с СВЧ-генератором через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) 12 и порт ввода-вывода 13. Данные эксперимента выводятся на индикатор 11. Используя полученную в ходе теплофизического эксперимента измерительную информацию, в микропроцессоре 10 определяют искомые теплофизические характеристики по алгоритмам, построенным на основании аналитических соотношений, описывающих тепловые процессы в исследуемом полугораниченном в тепловом отношении объекте.

Определение теплофизических характеристик осуществляется по следующим формулам:

$$a = \frac{x_1^2(\tau_2 - \tau_1)}{4\tau_1\tau_2} \left[ \ln \frac{T(x_1, \tau_1)\sqrt{\tau_1}}{T(x_1, \tau_2)\sqrt{\tau_2}} \right]^{-1}, \quad (1)$$

где  $a$  – температуропроводность,  $x_1$  – координата,  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – два момента времени, измеряемых термодатчиком, после воздействия СВЧ-импульса.  $T(x_1, \tau_1)$ ,  $T(x_1, \tau_2)$  – температурное поле в точке  $x_1$  в два момента времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

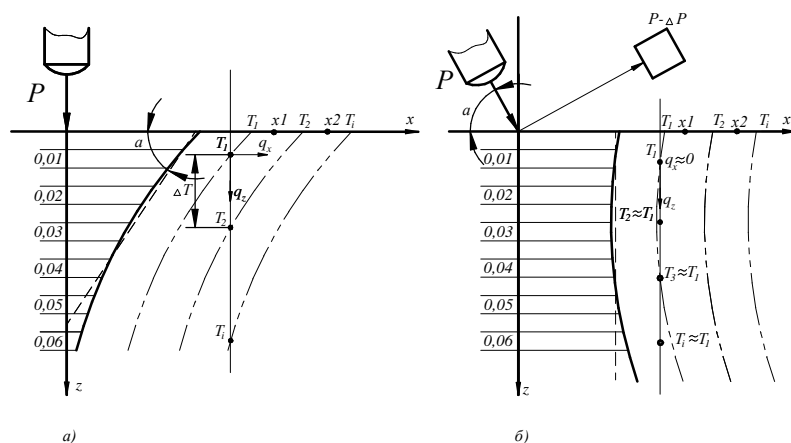


Рис. 1 – Нагрев исследуемого материала по плоскости перпендикулярной поверхности исследуемого материала (а) и находящейся под углом  $\alpha$  к поверхности исследуемого материала(б).

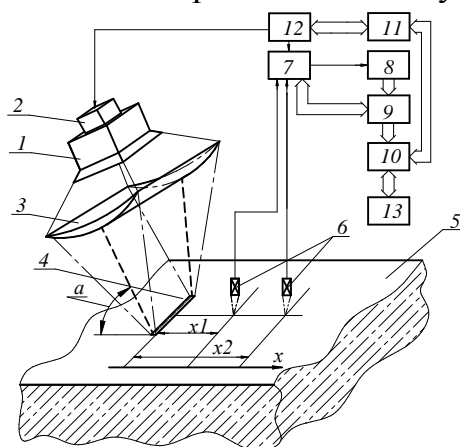


Рис. 2 – Система, реализующая способ неразрушающего контроля ТФХ материалов

$$\lambda = \frac{1}{2} \frac{Q}{T_2(x_1, \tau_1) - T_1(x_1, \tau_2)} \exp\left(-\frac{x_1^2}{4a\tau_1}\right), \quad (2)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность,  $Q$  – мощность СВЧ-импульса.

Введенная операция позволяет устранить недостаток способа и повысить точность результатов, полученных в ходе эксперимента.

### Библиографический список.

1. Чернышов В.Н. Методы и системы неразрушающего контроля теплозащитных свойств строительных материалов и изделий. Москва: Издательский дом «Спектр», 2012 год – 200 с.
2. Пат. 2399911 РФ, МПК G 01 N 25/18. Способ определения теплофизических характеристик строительных материалов (варианты) / Чернышов В.Н., Голиков Д.О., Чернышов А.В.; заявитель и патентообладатель ТГТУ. – № 2008145926/28 ; заявл. 20.11.2008 ; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.

3. Чернышов В.Н. СВЧ-метод и система оперативного контроля теплофизических характеристик строительных материалов. Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2010. – № 1. – С. 17 – 23.

*Иванов А.В.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАРКОВСКОЙ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНФИГУРАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(ivan-si93@mail.ru, plabz@mail.ru).*

Анализ концепций построения перспективных радиоэлектронных комплексов (РЭК) показывает, что это будут РЭК интегрального типа. Создание таких комплексов предполагает наличия в их составе информационной системы комплекса, состоящей из информационных каналов, которые являются функционально завершенной процедурой обработки сигналов и информации [1].

Радиоэлектронный комплекс должен представлять собой сложную систему, обеспечивающую выполнение заданных функций несколькими различными способами. Появление отказов отдельных элементов или значительные изменения у них тех или иных рабочих параметров не должны проводить к полному выходу системы из строя, а лишь к некоторому ухудшению качества функционирования и снижению эффективности системы в целом.

При определении состава элементов радиоэлектронного комплекса необходимо использовать принципы системного подхода. Применение этих принципов к составу РЭК подразумевает одним из составляющих направлений обеспечение адаптивности комплекса к изменению условий функционирования. Изменение условий функционирования РЭК может произойти:

- из-за выхода из строя (отказа) того или иного элемента;
- из-за кратковременного пропадания сигнала на выходе того или иного элемента - переход в состояние временного отказа, что характерно только для радиотехнических измерителей (РТИ) и связано с изменением внешних условий, приводящих к уменьшению мощности сигнала на входе приемного устройства измерителя или к его полному кратковременному пропаданию. Поэтому для обеспечения реконфигурации РЭК необходимо организовать не только диагностирование технического состояния элементов комплекса, но и контроль поля радиосигналов на входах радиотехнических измерителей.



Для реконфигурации РЭК сегодня широко используются методы оптимальной линейной фильтрации. Однако данные методы не позволяют определить переход РТИ в режим временного отказа. Для решения данной задачи наилучшим образом подходят только методы марковской теории оптимального нелинейного оценивания[2].

Измерители, входящие в РЭК, как правило, делят на две группы, а именно РТИ и нерадиотехнические измерители (НРТИ).

Используя принцип распределения информации запишем информационный параметр  $x_j(t)$  в наблюдении РТИ выражением

$$x_j(t) = z_l(t) - \Delta x_j(t) + \varepsilon_{x_j}(t),$$

где  $z_l(t)$  - измеренное значение параметра  $l$ -тым  $l = \overline{1, m}$  НРТИ из состава РЭК,  $x_j(t)$  - истинное значение параметра,  $\Delta x_j(t)$  - постоянная (или медленно меняющаяся) и  $\varepsilon_{x_j}(t)$  - флуктуационная погрешности измерения.

В этом случае наблюдение на входе  $i$ -того  $i = \overline{1, n}$  РТИ можно представить в виде

$$\xi_i(t) = S_i[t, \mathbf{X}, z_l, \Delta_j] + n_i(t), t \in [t_k, t_{k+1}],$$

где  $\mathbf{X}(t)$  - вектор состояния, из состава которого выведен информационный параметр  $x_j(t)$ , но введена флуктуационная погрешность. Отказ РТИ, не связанный с пропаданием радиосигнала на входе приемного устройства, приведет к изменению информационного параметра  $x_j(t)$ , что автоматически увеличит значение постоянной (или медленно меняющейся) погрешности  $\Delta x_j(t)$ . Для определения  $\Delta x_j(t)$  вводился дискретный параметр  $\lambda_i(t)$ , позволяющий определять возможные отказы РТИ, а для учета возможности пропадания радиосигнала на входе приемного устройства РТИ и как следствия перехода его в состояние временного отказа вводился дискретный параметр  $\theta_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Наблюдение на входе  $i$ -того  $i = \overline{1, n}$  РТИ представлялось в виде

$$\xi_i(t) = \theta_i S_i[t, \mathbf{X}, z_l, \lambda_i \Delta_{j_{\max}}] + n_i(t), t \in [t_k, t_{k+1}].$$

Для рассматриваемой научной задачи произведена постановка задачи и получены квазиоптимальные алгоритмы.

Доклад выполнен в рамках гранта РФФИ договор № НК 14-08-00523/14 от 06.03.14 г.

### *Библиографический список*

1. Иванов А.В. Обработка многомерных сигналов. Нелинейная многомерная обработка сигналов спутниковых радионавигационных систем в комплексах самолетовождения. – М.: Радиотехника, 2012.

2. Ярлыков, М.С. Марковская теория оценивания случайных процессов / М.С. Ярлыков, М.А. Миронов. – М.: Радио и связь, 1993.

*Иванов В.М., Винокуров Е.Б., Моторина Н.П., Фофана С.*

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
( eug.vinokurov@yandex.ru.)*

Известно, что машинная обработка муаровых картин позволяет выявлять топографию магнитного поля плоского проводника, местонахождение дефектов, их конфигурацию и размер, а также степень локальности электромагнитного поля. Информативными критериями в этом случае являются коэффициент искажения муарового изображения и фрактальная размерность муаровой картины [1]. Эти информационные критерии могут быть использованы в измерительной системе по контролю за качеством электротехнических изделий и деталей радиотехники и электроники, так как являются показателями степени концентрации электромагнитных полей в малых объемах и мерой оценки дефектности проводников.

Основными составляющими в структуре измерения является сама измерительная система (ИС) и система опознавания образов (СОО), при объединении которых получается информационно-измерительная система (ИИС), которая позволяет реализовать как процесс передачи муаровых картин на дисплей персонального компьютера (ПК), так и последующую обработку графической информации программными средствами и дальнейшего её сохранения.

Разработано программное обеспечение информационно-измерительной системы, позволяющее автоматизировать процессы получения муаровых картин и обработки их изображений по заданным критериям: коэффициенту искажения и фрактальной размерности этих картин.

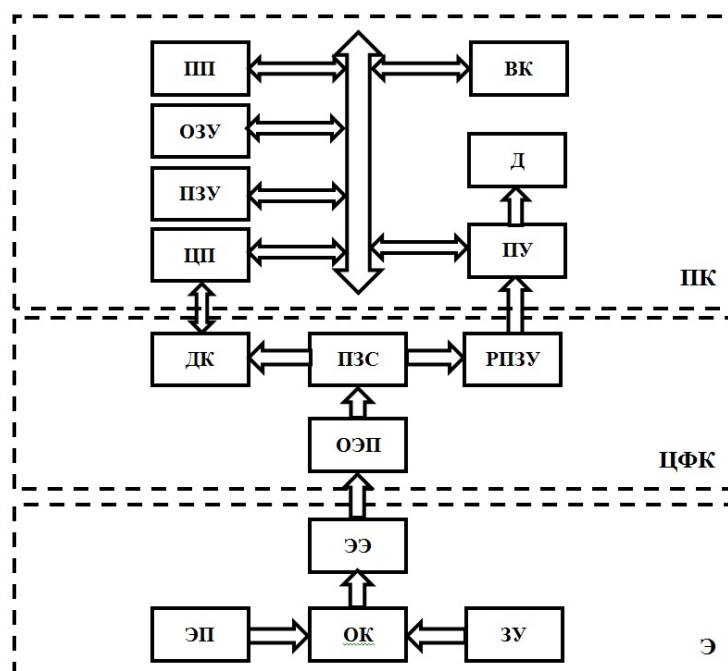


Рис.1. Структурная схема информационно-измерительной системы.

Э – электронный микроскоп; ЦФК – цифровая фотокамера;

ПК – персональный компьютер; ЭП – электронная пушка;

ОК – объект контроля (источник электромагнитного поля);

ЭЭ – экран электронного микроскопа; ЗУ – запоминающее

устройство; ОЭП – оптико-электронный преобразователь;

ПЗС – прибор с зарядовой связью; ДК – декодер;

РПЗУ – репрограммируемое постоянное запоминающее устройство;

ЦП – центральный процессор; Д – дисплей; ПУ – периферийные

устройства; ВК – видеоконтроллер; ПП – программируемый порт.

Процедура обработки графического изображения осуществляется по следующему алгоритму:

- выбирается графический файл по номеру исследуемого объекта после захвата изображения с экрана электронного микроскопа;
- переводится картинка в чёрно-белый формат [2];
- определяется количество чёрных пикселей всего изображения [3];
- производится расчёт коэффициента искажения, фрактальной размерности [4].

#### *Библиографический список*

1. Иванов В.М., Фофана С. Электронно-оптический муар в исследовании электрических и магнитных полей. – Вестник ТГТУ. Т.1. № 3. 2014. С.423-430

2. Иванов В.М., Фофана С, Винокуров Е.Б. Математические модели в исследовании электромагнитных полей на электронно-оптических муаровых карти-

нах. – Сб. статей Международной конференции «Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-27». Тамбов. 2014. С. 93-99.

3. Иванов В.М., Фофана С. Диагностика электротехнических материалов по электронно-оптическим муаровым картинам. – Вестник ТГУ. Т.18. Вып.3. 2013. С 1084-1086.

4. Иванов В.М., Фофана С. Оценка качества изделий электроники теневым электронно-оптическим методом. – Вестник ТГУ. Т.18. Вып.3. 2013. С 1082-1084.

*Иванов А.В., Негуляева А.П.*

## **КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ В НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(ivan-si93@mail.ru, plabz@mail.ru).*

Для решения задач навигации как летательных аппаратов (ЛА), так и подвижных наземных объектов в последнее время широкое применение получили навигационные комплексы, включающие в свой состав аппаратуру приема радиосигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС и GPS [1, 2]. Использование в составе навигационных комплексов данной аппаратуры обеспечивает высокую точность определения координат и параметров движения воздушных и наземных объектов. Однако помимо высокой точности навигационного обеспечения важным при применении аппаратуры приема радиосигналов спутниковых радионавигационных систем является обеспечение целостности навигационных данных [3]. С точки зрения безопасности, целостность считается наиболее важным фактором. Без гарантии целостности системы нет возможности знать, является ли принимаемая информация точной. Под целостностью системы навигационного обеспечения понимается возможность своевременно обнаруживать аномальную работу ее элементов и защищать результат решения навигационной задачи от влияния этих аномалий.

Для обеспечения должной точности и надежности используют системы обеспечения целостности, при этом более оперативными являются автономные системы. При их применении обычно полагают, что навигационный комплекс обеспечивает в стандартных условиях некий заранее известный уровень точности навигационных определений. Если ошибки навигационных определений превышают этот уровень, то выдается сигнал о факте несоответствия ошибок навигационных определений этому уровню и прекращается использование информации от аппаратуры приема радиосигналов СРНС.

Для создания системы было предложено дополнительно в состав навигационного комплекса ввести барометрический высотомер (БВ) и задачу создания автономной системы контроля решать параллельно с задачей синтеза оптимальных алгоритмов оценивания высоты полета летательного аппарата (ЛА).

Была произведена постановка задачи и методами оптимальной линейной фильтрации получены алгоритмы оценивания высоты полета, а также разработаны алгоритмы автономной системы контроля.

Структурная схема автономной системы контроля представлена на рисунке 1.

Схема принятия решения на использование сигналов СРНС анализирует значение оценки постоянной ошибки  $\Delta H^*(t_{k+1})$  БВ и оценки постоянной составляющей погрешности измерения ускорения  $\Delta^*_{az}(t_k)$  датчиком линейного ускорения. По результатам анализа принимается решение на использование информации о координатах объекта (широта, долгота, высота) с выхода приемной аппаратуры СРНС для решения задач навигации. Если использовать данные СРНС нельзя, то сигнал, поступающий на ключевое устройство от схемы принятия решения на использование СРНС, запрещает прохождение данных СРНС для их дальнейшей обработки.



Рис. 1 Структурная схема автономной системы контроля

### Библиографический список

1. Иванов А.В. Обработка многомерных сигналов. Нелинейная многомерная обработка сигналов спутниковых радионавигационных систем в комплексах самолетовождения. – М.: Радиотехника, 2012.

2. Иванов А.В. Навигация наземных объектов / А.В. Иванов, Н.А. Иванова. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 120 с.

3. Иванов А.В. Оптимизация и комплексирование обработки информации в навигационно-посадочном комплексе с контролем целостности навигационного обеспечения по информации барометрического высотомера / А.В. Иванов // Радиотехника. – 2009. – №7.

*Игумнов И.С. Данилов С.Н.*

## **НЕЧЕТКИЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(ivan-si93@mail.ru, plabz@mail.ru).*

Множество задач управления в современном мире связано с техническими объектами – автомобилями, самолетами, станками (поддержание заданного курса, высоты полета, частоты вращения двигателя, температуры и др.).

На сегодняшний день все большую актуальность приобретает проблема энергоэффективности систем автоматического управления в связи с постоянным удорожанием энергоресурсов. Применение ПИД-регуляторов позволяет существенно упростить решение этого вопроса.

Однако классические ПИД-регуляторы имеют низкие показатели качества при управлении нелинейными и сложными системами. В этом случае характеристики регуляторов можно улучшить, применяя методы и алгоритмы нечеткого (fuzzy) управления [1].

В общем случае для управления самолетом необходима разнообразная информация (углы крена и тангажа, скорости изменения этих углов, воздушная скорость, угол сноса и т.д.).

Основная особенность управления связана с тем, что на объект действуют внешние возмущения, статистические характеристики которых далеко не всегда стационарны и известны.

Таким образом, целесообразно осуществлять управление ЛА с помощью системы, работа которой основывается на принципах нечеткого управления. Непосредственно для реализации системы управления будет использован нечеткий ПИД-регулятор.

Регулятор сравнивает задающий сигнал с сигналами обратной связи от датчиков и определяет рассогласование (ошибку управления) – разницу между заданным и фактическим состоянием [2].

Задача системы управления состоит в том, чтобы подавить действие внешнего возмущения и обеспечить быстрые и качественные переходные процессы при изменениях управляющих воздействий.

В качестве структурной схемы канала управления за основу принята схема замкнутой системы управления автопилотом по отношению к внешнему управляемому моменту.

При синтезе системы управления летательным аппаратом в горизонтальной плоскости путем анализа различных схемных реализаций (сравнение коэффициентов усиления, коэффициентов обратной связи, логарифмических амплитудно-фазочастотных характеристик, запасов по фазе и амплитуде) была разработана структурная схема системы (Рис. 1).

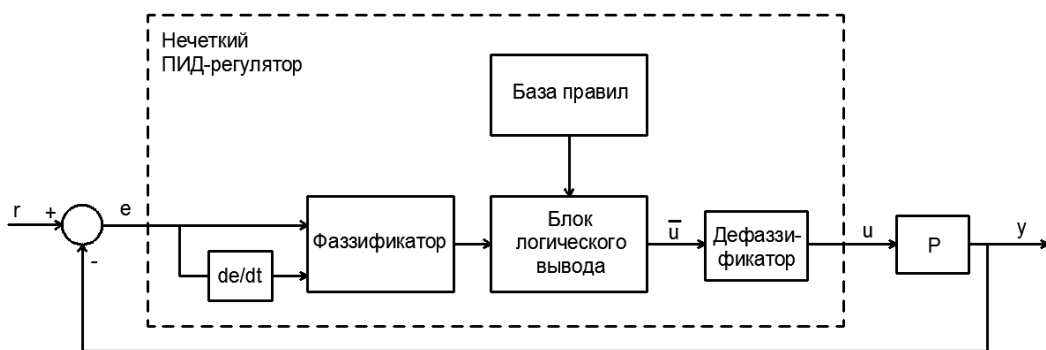


Рис. 1 Структурная схема системы управления летательным аппаратом

Для оценки работоспособности и характеристик точности и быстродействия полученной системы автоматического регулирования был использован пакет Simulink программы MATLAB.

Полученные результаты отражают устойчивое функционирование системы автоматического регулирования курса ЛА в горизонтальной плоскости.

Теория управления на основе нечетких алгоритмов требует дальнейшего исследования. Это прежде всего, вопросы управления нечеткими системами и реализация расплывчатых алгоритмов, реализация расплывчатой обратной связи и ее влияние на функционирование систем управления ЛА.

### *Библиографический список*

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления/ В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - СПб. : Профессия, 2006. 752 с.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. - СПб. : Питер, 2005. 336 с.

3. Туманов М.П. Теория управления. Теория линейных систем автоматического управления: учеб. пос. М. : Изд-во МГИЭМ, 2005. 82 с.

4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Д. А. Поспелов [и др.]. М. : Наука, 1986. 312 с.

**Казьмин А.И., Манин В.А., Федюнин П.А.**

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОТСЛОЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ОТ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКИ

*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, fanni.05@mail.ru, fpa1@yandex.ru)

В статье представлена математическая модель для оценки зависимости коэффициента ослабления  $\alpha$  поля поверхностной электромагнитной волны от степени отслоения диэлектрического покрытия от металлической подложки и осуществлена проверка ее адекватности путем численного моделирования в среде CST Studio suit.

Для построения электродинамической модели такой системы использовался метод вектора Герца [1,2]. Причем электромагнитное поле в такой системе представлено в виде суперпозиции электрических и магнитных волн, порождаемых электрическим и магнитным векторами Герца, имеющими только по одной z-компоненте:  $\vec{P} = P_z \vec{i}_z$ .

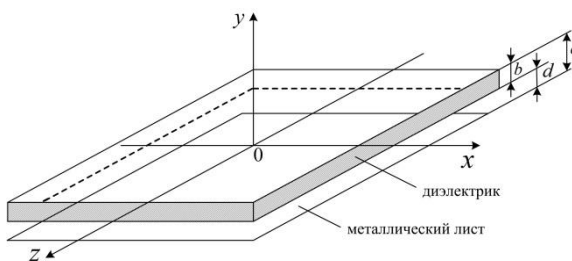


Рис.1 Геометрия математической модели оценки степени отслоения покрытия от подложки (диэлектрическая пластина над металлическим листом)

Геометрия исследуемой задачи приведена на рисунке 1.

Опуская промежуточные выкладки, которые подробно приведены в [3], приведем

окончательную формулу трансцендентного уравнения для определения коэффициента нормального ослабления  $\alpha$  E-волн в зависимости от отслоения:

$$th\alpha d = \frac{\frac{\sqrt{k_1^2 - k^2 - \alpha^2}}{\alpha} \frac{\epsilon_0}{\epsilon_a} \operatorname{tg} \sqrt{k_1^2 - k^2 - \alpha^2} b - 1}{\frac{\alpha}{\sqrt{k_1^2 - k^2 - \alpha^2}} \frac{\epsilon_a}{\epsilon_0} \operatorname{tg} \sqrt{k_1^2 - k^2 - \alpha^2} b + 1}$$



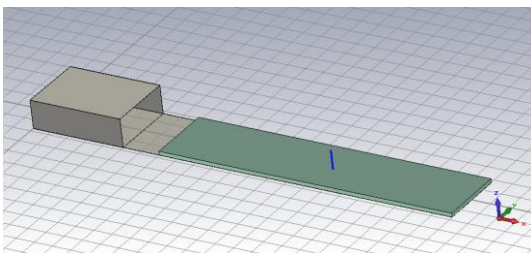
где  $\alpha = \sqrt{\chi^2 - k^2}$  – коэффициент нормального ослабления поля поверхностной электромагнитной волны;  $\beta = \sqrt{k_1^2 - \chi^2}$  – коэффициент фазы;  $\chi$  – коэффициент распространения;  $k$  – волновое число свободного пространства;  $k_1$  – волновое число в слое диэлектрика;  $b$  – толщина слоя диэлектрика;  $d$  – расстояние от диэлектрического покрытия до металлического листа (величина отслоения покрытия)

Для проверки адекватности разработанной модели, проведено ее численное моделирование в среде CST Studio suit.

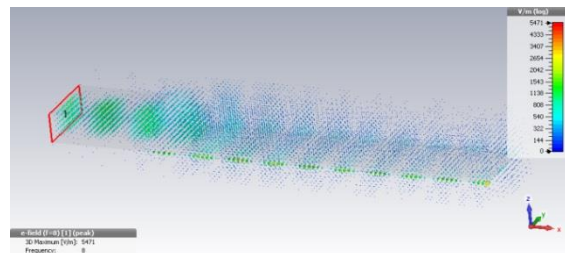
В качестве источника электромагнитного поля был выбран прямоугольный волновод, установленный на металлическую подложку со слоем исследуемого покрытия. Геометрия разработанной модели приведена на рисунке 2а.

Моделирование осуществлялось при различных параметрах покрытия ( $\epsilon = 2...16$ ,  $b=1...10$  мм,  $d=0...1.1$  мм). Для примера общая картина распределения электрического поля поверхностной волны при параметрах модели  $\epsilon = 4$ ,  $b=2$  мм и  $f=8$  ГГц приведена на рисунке 2б.

Проверка адекватности осуществлялась путем вычисления коэффициентов ослабления  $\alpha$  поля поверхностной волны в зависимости от отслоения  $d$  покрытия по теоретической зависимости и по зависимостям полученным в CST Studio suit. В качестве примера на рисунке 3 представлены результаты для модели с параметрами  $\epsilon = 4$ ,  $b=2$  мм и  $f=8$  ГГц, отслоение  $d = 0...1.1$  мм).



а) геометрия модели



б) распределение электрического поля

Рис. 2 Модель для оценки степени отслоения покрытия от металлической подложки

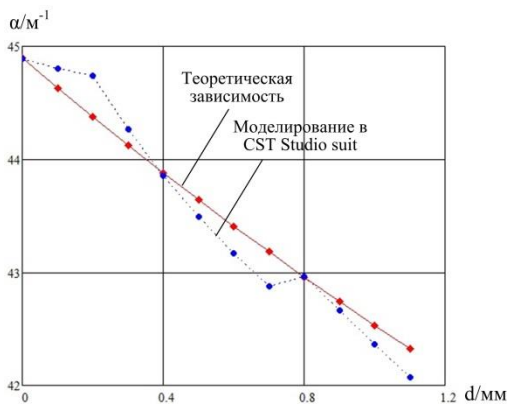


Рис. 3 Сравнительный анализ теоретической зависимости и полученной в CST

Проведенный анализ подобных зависимостей для всех исследуемых интервалов ( $\varepsilon = 2...16$ ,  $b=1...10$  мм,  $d=0...1.1$  мм) показал хорошее совпадение теоретических результатов с результатами полученными на математической модели в CST Studio suit.

Небольшие расхождения вызваны несинфазностью поля поверхностной волны, возбуждаемой волноводом.

### ***Библиографический список***

1. Федюнин П.А., Казьмин А.И. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники. М.: Издательство «Физматлит», 2012. 190 с.
2. Вайнштейн Электромагнитные волны. М.: «Радио и связь», 1988. 440 с.
3. Казьмин А.И., Федюнин П.А., Попов А.Ю. Математическая модель отслоения покрытия от подложки // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIV международной конференции (6–8 февраля 2014). Воронеж: ВГУ, 2014. Т. 1. С. 325–328.

***Казьмин А.И., Манин В.А., Федюнин П.А.***

## **СВЧ-УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ В РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

*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, fanni.05@mail.ru, fpa1@yandex.ru)*

Экспериментальные исследования свойств радиопоглощающих покрытий (РПП) и композиционных материалов в решении проблемы снижения радиолокационной заметности (РЛЗ) авиационных комплексов занимают исключительное положение. При этом одной из основных задач экспериментальных исследований является исследование электрофизических параметров (ЭФП) РПП таких как, комплексные диэлектрическая  $\varepsilon$  и магнитная проницаемости  $\mu$ , толщина покрытия  $b$  и дефектоскопия РПП [1].

Устройство для определения ЭФП и обнаружения дефектов РПП состоит из следующих основных элементов (рис.1) [1]: 1 - поглотитель затекающего тока, 2 - «крышка-преломитель», 3 - круглый волновод, 4 - управляющий вентиль на рпн-диодах соответствующего  $n$ -рупора  $P_n$ , 5 - один из  $P_n$  рупоров, 6 - согласующий конус, 7 - верх-

няя «тарелка» апертуры с углом раскрыва  $\theta_{порт}$  обеспечивающим удовлетворительное согласование со свободным пространством, 8 - подстилающая металлическая поверхность, 9 - нанесенное покрытие, 10 – горизонтально ориентированные приемные вибраторы  $V'$ , 11 - вертикально ориентированные приемные вибраторы  $V$ , 12 - внутренние дефекты покрытия, 13 - генератор СВЧ с фазовой автоподстройкой частоты, 14 и 15 - детекторы переменного тока Дет-1 и Дет-2, 16 и 17 - усилители постоянного тока УПТ-1 и УПТ-2, 20 и 21 - усилители постоянного тока УПТ<sub>1</sub> и УПТ<sub>n</sub>, 22 – дешифратор, 23 - шаговый электродвигатель ШД-1, для перемещения приемных вибраторов  $V$  и  $V'$  по координате  $X$ , 24 - шаговый электродвигатель ШД-2, для перемещения приемных вибраторов  $V$  и  $V'$  по координате  $Y$ , 25 - шаговый электродвигатель ШД-3, для перемещения приемных вибраторов  $V$  и  $V'$  по координате  $Z$ , 18 - аналогово-цифровой преобразователь АЦП-1, 19 - аналогово-цифровой преобразователь АЦП-2, 26, 27, 28 - контроллеры шаговых двигателей, 29 – МПУ.

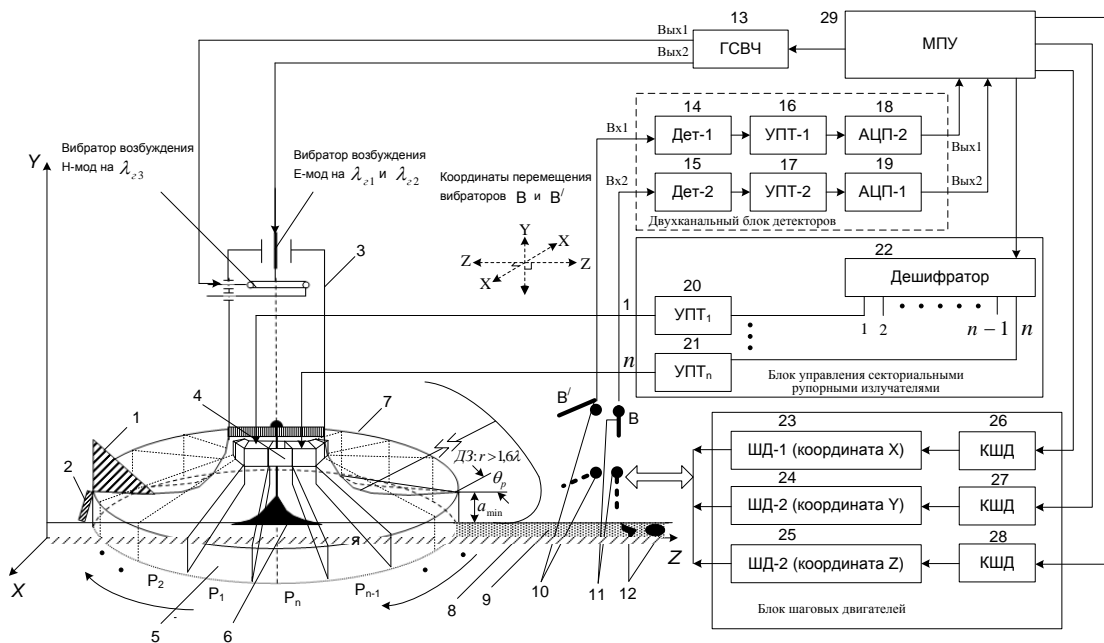


Рис. 1. Устройство для обнаружения и оценки дефектов в диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытиях на металле

В устройстве применены шаговые электродвигатели типа High-Resolution Type PK246PB фирмы Orientalmotor.

Каждый из блоков контроллера шаговых двигателей выполнен на основе интегральных микросхем L297, L298N и LMD18T245.

Блок дешифратора 26 выполнен на основе микросхем типа SN74LS145N.

Блоки 24 и 25 АЦП-1 и АЦП-2 выполнены на следующих микросхемах: КР142ЕН5А, КР1162ЕН5А, КР1533АП5, AD817АН, REF191GP(GS), AD586JR, AD826АН(AR), AD876AR, установленных на плате, помещенной в защитный кожух.

Разработанное устройство реализует аппаратно-программное управление процессом измерения коэффициентов затухания поля поверхностной волны, что повышает точность измерения электрофизических параметров покрытия и вероятность обнаружения и оценки в них неоднородностей.

### *Библиографический список*

1 Федюнин П.А., Казьмин А.И. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники. М.: Физматлит, 2013. 190 с.

*Ranabhat Kiran*<sup>1</sup>

## **NANOTECHNOLOGY: AN INTRODUCTION**

<sup>1</sup>*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation*

*E-mail: ranabhat.kiran@gmail.com*

### **1. Introduction**

Many times science fiction is in fact inspired by reality or based on scientific discussions. For example, Jules Verne's *From the Earth to the Moon* (1865) described travel to the moon, and was inspired from real developments in astrophysics from that period. I just want to ask a question: **What makes human different than animal?** One fact is that human uses tools and ability to fashion tools and use them to hunt. Interestingly enough if we need to make tools we need materials and our human history is defined by not the tools we made but by the materials we use to make tools for example the STONE age, the BRONZE age, the IRON age, the INFORMATION age and the next is NANOMATERIAL age i.e. wearable computers, smart medicine, space elevator etc. and all these are applicable through the application of nanotechnology.

#### **What is Nanotechnology?**

The prefix “nano” is derived from the ancient Greek “nanos”, meaning “dwarf”. Today, “nano” is used as a prefix that means “billionth” or a factor of  $10^{-9}$ . Coupling the word “nano” with the unit “meter” brings the term “nanometer”, which indicates a unit of spatial measurement that is one billionth of a meter.

Nanotechnology is the understanding and control of matter at the Nano scale, at dimensions between approximately 1 and 100 nanometers,

where unique phenomena enable novel applications. Nanotechnology is a term referring to a wide range of technologies that measure, manipulate, or incorporate **materials and features with at least one dimension between approximately 1 and 100 nanometers (nm)**. The first ever concept for nanotechnology was presented in 1959 by the famous professor of physics Dr. Richard P. Feynman while explaining the creation of molecular machines with accurate atomic precision.

Professor Norio Taniguchi did ultra precision manufacturing and credited with using the term 'nanotechnology'. It uses a basic unit of measure called a "nanometer" (abbreviated *nm*). So how small is "nano"? A sheet of paper is about 100,000 nanometers thick. And there are 25,400,000 nanometers in one inch.

## **2. Problems with Nanotechnology**

The field of nanotechnology comes with all sorts of inherent risks but, thankfully, scientists are smart enough to put precautions in the programming to allow it to remain controllable. Potential risks include environmental, health, and safety issues; transitional effects such as displacement of traditional industries as the products of nanotechnology become dominant; military applications such as biological warfare and implants for soldiers; and surveillance through nanosensors, which are of concern to privacy rights advocates. These may be particularly important if potential negative effects of nanoparticles are overlooked.

Instead of concentrating only on the potential hazards, we can also think about the use of nanotechnologies in a positive way. We can set the targets and objectives of the research so that they can help us to solve the environmental challenges that we will have in front of us during the coming decades: we should develop new electronics materials that are easier to recycle and/or decomposable in biological processes, and optimize and minimize the energy consumption in the manufacturing of future materials and products.

## **3. The future of nanotechnology**

Applications employing nanotechnologies promise greater and more equal access to knowledge and information; new therapeutic interventions; improved environmental monitoring; greater safety and security; expanded communication capacities and many other industrial and societal applications.

Today nanotechnology is still in a formative phase not unlike the condition of computer science in the 1960s or biotechnology in the 1980s. Yet it is maturing rapidly. All told, nanotechnologies are estimated to have impacted \$251 billion across the global economy in 2009. This is estimated to grow to \$2.4 trillion by 2015 and about two million workers will be employed in nanotech industries, and three times that many will have supporting jobs (Lux Research, 2010). Nanotechnologies are general purpose technologies that act as both the basis for technology solutions across a range of

industrial problems or as a nexus for the convergence of other enabling technologies like biotechnologies, computational sciences, physical sciences, communication technologies, cognitive sciences, social psychology and other social sciences (Freitas Jr, 2010; Hyungsub *et al.*, 2009; Kauttet *et al.*, 2007; Linton *et al.*, 2004).

#### **4. Conclusion**

We hope this article has brought some insight to you on the subject of nanotechnology and why it is so important. The field of nanotechnology also comes with all sorts of inherent risks but let us set the targets right – focus in the right set of technologies and introduce nanotechnologies into the public arena in a responsible way. Nanotechnologies can be one key solution towards sustainable future.

#### ***Библиографический список***

1. Дню науки -2014 посвящается.....: сборник научных статей студентов и аспирантов – победители международных, всероссийских и университетских конкурсов под ред. Р.Е. Сафир. –Москва :РУДН, 2014. -338с. KiranRanabhat Solar Photovoltaic (112-116)
2. Nanotechnology innovation opportunities for tomorrow's defense Frank Simonis& Steven Schilthuizen.
3. Hyungsub C, Mody CCM. 2009. The Long History of Molecular Electronics: Microelectronics Origins of Nanotechnology. Social Studies of Science (Sage) 39(1): 11-5
4. А.С. Дмитриев " Введения в наноэнергетику."

***Коняхин Е.А., Медведева А.В.***

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУИ ГАЗА С ЖИДКОСТЬЮ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: larkon59@mail.ru).*

В промышленной и лабораторной практике часто требуется производить контроль физико-химических свойств жидкостей, контакт с поверхностями которых по тем или иным причинам нежелателен. Среди известных бесконтактных методов измерения свойств жидкостей широкими возможностями и сравнительно высокими метрологическими характеристиками выделяются аэрогидродинамические, основанные на определении реакции поверхности контролируемой жидкости на действие газовой струи [1].

В настоящей работе представлены результаты математического моделирования взаимодействия струи газа с поверхностью жидкости в устойчивом режиме.

При постоянном количестве движения газа в струе силе  $F$ , создаваемой струёй газа, противодействуют выталкивающая сила  $F_\rho$  и сила  $F_\sigma$ , создаваемая поверхностным натяжением  $\sigma$  жидкости, то есть

$$F = F_\rho + F_\sigma,$$

или

$$k \frac{\pi d^2 \mu}{2} P = \rho g V + 2\pi R \sigma \sin \gamma,$$

где  $k$  – коэффициент формы углубления на поверхности жидкости;  $d$  – диаметр отверстия, из которого вытекает газовая струя, м;  $\mu$  – коэффициент расхода;  $P$  – избыточное давление газа перед отверстием истечения, Па;  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $V$  – объём углубления 2 высотой  $h$  и диаметром  $2R$ , ограниченный сверху плоскостью недеформированной поверхности 3 жидкости 1 (рис. 1), м<sup>3</sup>;  $R$  – радиус углубления 2 в плоскости недеформированной поверхности 3, м;  $\gamma$  – угол наклона касательной к поверхности жидкости в вертикальной осевой плоскости на уровне недеформированной поверхности 3 относительно горизонтали, рад (рис. 1).

Для определения объёма  $V$  проинтегрируем объёмы круглых дисков радиусом  $r(x)$  и высотой  $dx$  в диапазоне от 0 до  $h$ , то есть

$$V = \pi \int_0^h [r(x)]^2 dx,$$

где  $r(x) = (ax)^m$  – математическое описание образующей углубления в декартовых координатах  $x-r$ ;  $a$  – коэффициент;  $m < 1$  – показатель степени (см. рис. 1). Эти величины определяются экспериментально по изображению профиля углубления.

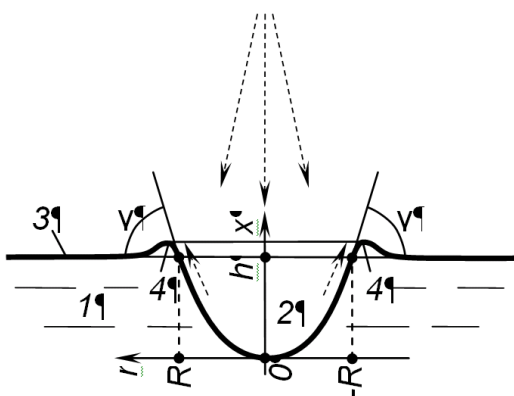


Рис. 1. Схемы взаимодействия струи газа с поверхностью жидкости

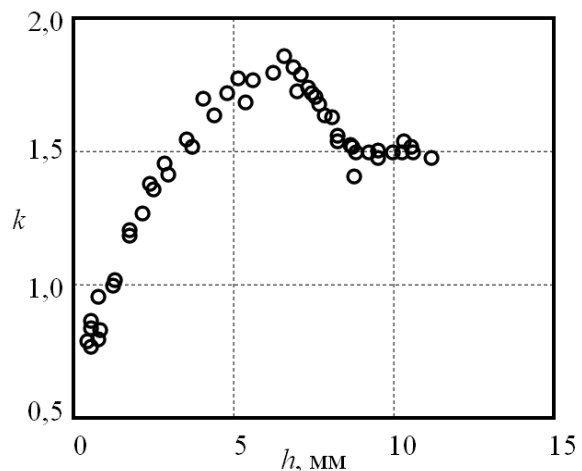


Рис. 2. Зависимость коэффициента формы углубления от высоты  $h$

С целью вычисления величины  $\sin\gamma$  получают значение производной функции  $r(x)$  в точке  $h$ , которая является функцией  $\text{tg}(\pi/2-\gamma)$ , после чего производят необходимые тригонометрические преобразования. При экспериментальном определении коэффициента  $k$  формы для эпоксидной смолы нами были получены значения в диапазоне от 0,8 до 1,8, что несколько меньше теоретического диапазона от 1 до 2 (рис. 2). При этом наибольшее значение 1,8 вполне соответствует теории, так как получить предельное значение 2 в реальной системе не представляется возможным. Получение минимального значения 0,8 можно объяснить малым диаметром углубления, при котором не вся струя действует на его поверхность, или высокой погрешностью измерения при малых размерах углубления.

Соответствие теории и эксперимента говорит об адекватности разработанной математической модели.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол\_а.

#### *Библиографический список*

1. Мордасов Д. М., Мордасов М. М., Савенков А. П. Аэрогидродинамические эффекты в бесконтактных струйных методах неразрушающего контроля вязкости жидких веществ. М.: Физматлит, 2012. 352 с.

*Коробов А.А.\* , Глинкин Е.И.\*\**

### **МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: korobov1991@mail.ru, glinkinei@rambler.ru)*

Принцип П-регулирования по стандартному критерию заключается в сравнении измеряемого сигнала амплитудой  $U$  на выходе объекта с нормированной уставкой амплитудой  $E$  в виде их разницы  $\Delta = U - E$  для воздействия на объект управляющего сигнала амплитудой  $I = k \Delta$ , где  $k$  – неизвестный коэффициент настройки, подбирается оператором в диалоговом режиме под фиксированный диапазон при аппаратном управлении итерационным методом последовательного приближения. Пропорциональный режим прост и технологичен в узком фиксированном диапазоне примитивных контроллеров с жесткой структурой тестеров, копирующих статистическую градуировочную характеристику множества случайных ненормированных измерений. Использование закона П-регулирования в интеллектуальных компью-



терных анализаторах ограничивает их гибкую архитектуру с ассоциативной адресацией до жесткой структуры примитивных тестеров, включающих автоматический контроль в адаптивном диапазоне с заданной точностью образцовых мер. Для стандартного П-регулирования относительная погрешность  $\varepsilon_1$  определяется отношением управляющего сигнала  $I$  к уставке  $E$  :

$$\varepsilon_1 = k\Delta / E = k \frac{E-U}{E}. \quad (1)$$

Качественный анализ выражения (1) показывает изменение погрешности  $\varepsilon_1$  пропорционально диапазону  $\Delta = U - E$  регулирования при фиксированном коэффициенте  $k$  настройки. Заданная постоянная погрешность  $\varepsilon_1$  регулирования достигается при адаптивном диапазоне за счет изменения коэффициента  $k$  по сложной обратно пропорциональной зависимости, что организуют субъективно итерационным приближением только аппаратным управлением в диалоговом режиме с оператором, исключая автоматизацию.

Программное управление заданной точностью автоматического регулирования в адаптивном диапазоне контроля авторы предлагают по гибкому закону П-регулирования посредством симметричного мультипликативного критерия (СМК) с регламентируемой априори относительной погрешностью  $\varepsilon_2$  методом тождественности эквивалентам [1, 3]. Сущность программно управляемого позиционного регулирования обусловлена нормированием произведения случайных сигналов  $\prod_{i=1}^n U_i$  тождественно максимальному эквиваленту  $\max \prod_{i=1}^n U_i$ . С изменением адаптивного диапазона случайным образом по тому же правилу изменяется произведение случайных переменных  $U_i$  и их тождественность нормируемому эквиваленту, оптимально отражающему гибкость адаптации диапазона автоматического контроля:

$$\varepsilon_2 = \left( \frac{E-U}{E+U} \right)^2. \quad (2)$$

Эффективность по точности  $\eta_\varepsilon$  через переменную  $m = E/U$  определяется по формуле:

$$\eta_\varepsilon = \frac{k(m+1)^2}{m(m-1)}. \quad (3)$$

Качественная оценка [2] эффективности (3) симметричного П-регулирования (2) относительно стандартного (1) проведена методом тождественности эквивалентам ИКР, количественную оценку эффективности МСК-регулирования строго доказана методом производных.

Следовательно, погрешность пропорциональна диапазону П-регулирования при фиксированном коэффициенте настройки, а задан-

ная постоянная погрешность регулирования достигается при адаптивном диапазоне за счет изменения коэффициента настройки по сложной обратно пропорциональной зависимости, что организуют субъективно итерационным приближением только аппаратным управлением в диалоговом режиме с оператором, исключая автоматизацию. Программное управление заданной точностью автоматического регулирования в адаптивном диапазоне контроля авторы предлагают по гибкому закону П-регулирования посредством симметричного мультипликативного критерия методом тождественности эквивалентам.

### *Библиографический список*

1. Глинкин Е.И. Техника творчества: Монография / Е.И. Глинкин. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. – 168 с.
2. Коробов, А.А. Меры оценки регулирования температуры. - Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы Междунар. науч. - практ. конф. / А.А. Коробов, Е.И. Глинкин. – Воронеж: ВГУ, 2014. Ч.1. – 254 с.
3. Власова, Е. В. Выбор эффективных метрологических средств аналитического контроля глюкозы крови / Е.В. Власова, Е.И. Глинкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. - 2014. Т. 20. №4. – С. 720-726.

*Королев А.П., Макаrchук М.В.*

## **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(korolevanpal@yandex.ru)*

Пористый кремний, как было уже отмечено в различных источниках, является материалом с особыми электрофизическими свойствами, поэтому исследования его свойств необходимо проводить в сравнении с монокристаллическим кремнием. Для этого были подготовлены два типа измерительных ячеек показанных на рисунке 1.

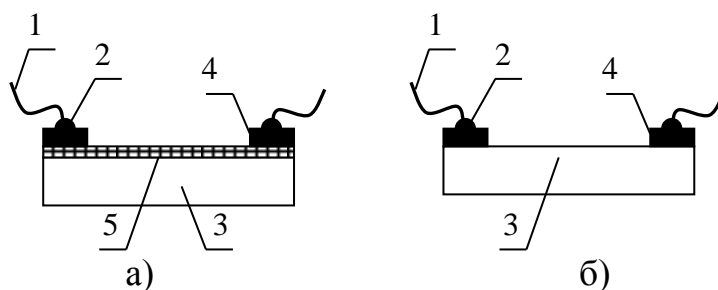


Рисунок 1. Измерительные ячейки: 1- электрические выводы, 2 – токопроводящий клей, 3 – кремниевая пластина р- (или n-) типа, 4 – контактные площадки, 5 – пористый слой

Из нескольких полученных образцов пористого кремния были отобраны два с наиболее равномерной структурой. Это образцы полученные на подложках n-Si и p-Si при одинаковых условиях электрохимического травления: время травления 15 мин., напряжение подаваемое на электроды 10В, плотность тока проходящего через пластину 0,35 мА/мм<sup>2</sup> в растворе электролита HF:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH=1:2.

Для снятия температурной зависимости сопротивления измерительные ячейки нагревались в вакууме. Температура образца контролировалась с помощью установленной на нем термопаре, а сопротивление измерялось с помощью омметра. Результаты измерений представлены в виде графиков на рис. 2.

На графиках температурных зависимостей видно, что кривые образцов с пористой структурой имеют ярковыраженную нелинейность. Это можно объяснить тем, что происходит захватывание пористым слоем частиц из остаточного газа среды, в которой проводился эксперимент. Так же видно, что происходило понижение сопротивления при увеличении температуры у структур на кремнии р-типа, вполне характерное для полупроводников.

Однако сопротивление образцов на подложке n-Si с повышением температуры росло. Но так как в нашем распоряжении был сильно легированный кремний, некоторые свойства которого схожи со свойствами проводников, понижение проводимости является закономерной.

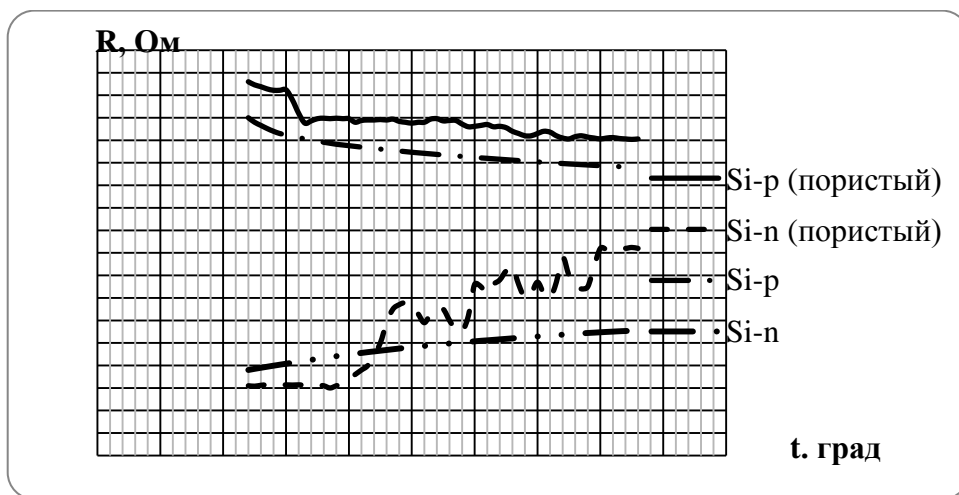


Рис. 2. Температурные зависимости сопротивления образцов

Для снятия вольтамперной характеристики к измерительной ячейке подавалось напряжение, контролируемое по показаниям вольтметра, а показания тока снимались с миллиамперметра включенного последовательно в цепь.

Было проведено несколько опытов. Сначала просто сняли кривую ВАХ. Затем на поверхность нанесли каплю дистиллированной воды и повторили измерения. После испарения было проверено, что показания вернулись к изначальным данным.

Далее на поверхность образцов были нанесены фуллерены в растворе толуола и снята кривая ВАХ. После образцы были выдержаны в течении 2 суток для испарения фуллеренов с поверхности и проведен отжиг до 100 градусов в вакууме.

Затем были проведены эксперименты с нанесенными на пористый слой нановолокнами углерода.

Из графиков ВАХ видно как меняются свойства пористой структуры при нанесении на их поверхность низкоразмерных объектов. На кривых для структур с нановолокнами и фуллеренами отчетливо видны колебания. Это можно объяснить квантованием уровней. Причем на зависимостях для образцов с дистиллированной водой также заметны колебания, что можно списать на погрешности измерительных приборов. Но тонкая пленка воды также обладает некоторыми полупроводниковыми свойствами и при взаимодействии с пористой поверхностью мы, возможно, получаем структуру типа полупроводник - полупроводник, с разными энергетическими уровнями.

Кроме того, из графиков видно, что после удаления с поверхности образца воды или нанообъектов происходит выравнивание кривых ВАХ, то есть измерительная ячейка отчетливо реагирует на присутствие нанообъектов в веществе.

В результате вышеизложенного анализа можно предположить, что пористый кремний можно использовать в датчиках обнаружения нанообъектов. Однако количественных показаний такой прибор дать не может. Для более точной градуировки необходимо проведение дополнительных исследований.

### *Библиографический список*

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн. 1. - М.: «Мир», 1984. - 456 с.
2. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с.
3. А. Р. Korolev, 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.

*Макарчук М.В., Королев А.П.*

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(korolevanpal@yandex.ru)*

Пористый кремний (ПК) является перспективным материалом микро-, нано- и оптоэлектроники. Одно из применений ПК - в качестве газового сенсора. Высокая газовая чувствительность ПК объясняется большой развитостью структуры его поверхности. В зависимости от величины пористости и геометрии пор, суммарная площадь его внутренней поверхности может составлять от 10 до 800 м<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>.

В данной работе исследуется влияние различных газов на электрофизические свойства ПК. Для проведения экспериментов был изготовлен образец из монокристаллического кремния с пористым слоем и разработана методика проведения эксперимента.

Для проведения эксперимента на образец подавалось напряжение, контролируемое по показаниям вольтметра, а показания тока снимались с миллиамперметра включенного последовательно в цепь (рис. 1).

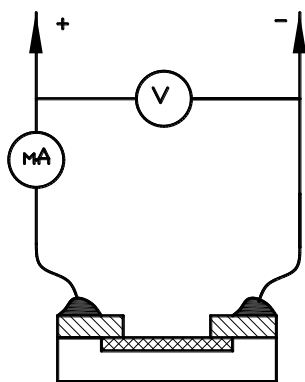


Рис. 1. Схема для снятия вольт амперной характеристики

Сначала снималась кривая ВАХ с образца находившегося в вакууме (10<sup>-1</sup> Па), а затем с образцов находившихся в атмосферах метана, аргона, бутана и паров спирта (рис. 2).

По полученным результатам экспериментов построены графики кривых ВАХ.

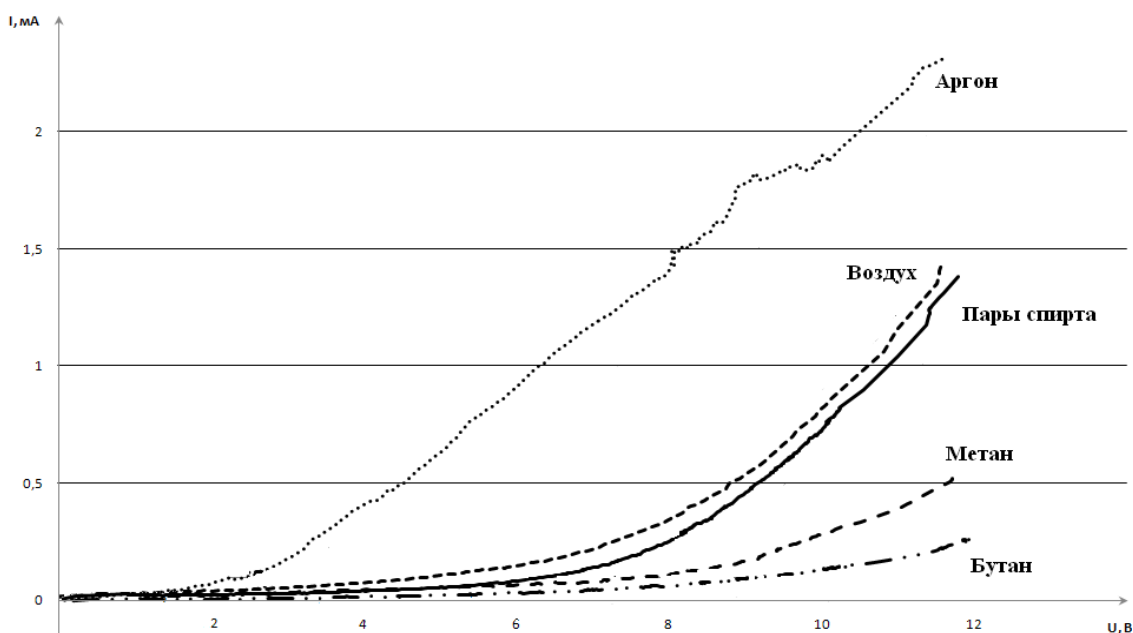


Рис. 2. Вольтамперная характеристика образца на подложке пористого кремния

При анализе графиков вольтамперных характеристик легко заметить, что свойства исследуемых образцов (т.е. образцов находившихся в атмосферах метана, аргона, паров спирта, бутана, а также просто при низком вакууме) отличаются друг от друга.

Объяснить это можно наличием у атомов каждого газа своих энергетических уровней. То есть каждый газ посвоему сочетается с размерами и формой потенциальной ямы, возникающей на границе раздела  $SiO_2 - Si$ . Соответственно меняется проводимость образцов. Полученные результаты в дальнейшем можно будет использовать для создания прибора по идентификации газов.

#### **Библиографический список**

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн. 1. - М.: «Мир», 1984. - 456 с.
2. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. - М.: Наука, 1977. - 672 с.
3. А. Р. Korolev, 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.

Кузьяев Д.Р., Пудовкин А.П.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПРИ КОНТРОЛЕ ВИХРЕТОКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(damirkuzjaev@gmail.com)

Вихретоковые методы находят все более широкое применение для контроля качества продукции и измерения различных параметров (геометрических и электрофизических) объектов во время их движения. Поскольку скорости движения контролируемых объектов могут быть велики (до 1000 м/с), возникающие в них от скоростного эффекта дополнительные вихревые токи оказывают существенное влияние на измеряемые сигналы. Скоростной эффект является мешающим фактором при электромагнитном контроле. Однако он может быть полезным при измерении скорости и длины [1]. Поэтому скоростной эффект нужно учитывать при разработке эффективного метода контроля.

Скоростной эффект проявляется в том, что точка годографа

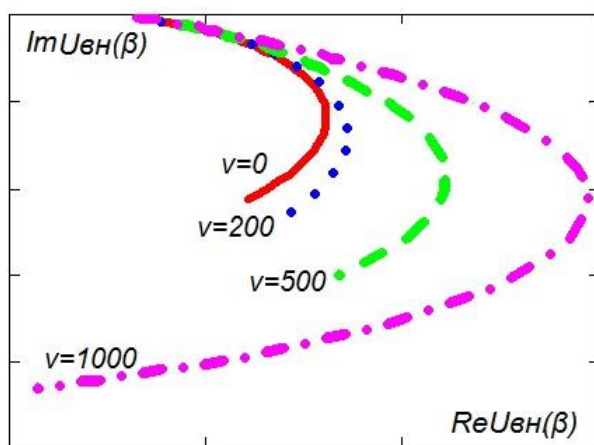


Рис. 1 Годографы комплексного вносимого напряжения ВТП при движении ОК

смещается из статического положения, соответствующее неподвижности объекта контроля (ОК) и вихретокового преобразователя (ВТП), в положение зависящее от величины скорости (рис.1).

При контроле накладным ВТП с тремя катушками движущихся многослойных материалов представляет практический интерес анализ вносимых параметров.

Ниже приведено выра-

жение комплексного вносимого напряжения

$$U_{вн} = j \cdot \mu_0 \cdot W_г \cdot W_u \cdot \omega \cdot I \cdot R_1 \cdot \pi \cdot \int_0^{\infty} \varphi_{OK} \cdot e^{-xh1} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_г}{R_u}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_u}{R_г}\right) dx - \\ - j \cdot \mu_0 \cdot W_г \cdot W_k \cdot \omega \cdot I \cdot R_2 \cdot \pi \cdot \int_0^{\infty} \varphi_{OK} \cdot e^{-xh2} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_г}{R_k}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_k}{R_г}\right) dx,$$

Влияние скоростного эффекта проявляется в изменении обобщенного параметра для функции влияния объекта контроля [2]

$$q = \sqrt{x^2 - j \cdot \beta^2 \cdot \left(1 - \frac{x \cdot v \cdot \sin \phi}{\omega}\right)},$$

где  $v$  – скорость движения объекта контроля под ВТП.

Тогда формула комплексного вносимого напряжения ВТП с учетом скорости примет вид

$$U_{\text{вн}} = j \cdot \mu_0 \cdot W_{\text{г}} \cdot W_u \cdot \omega \cdot I \cdot R_1 \cdot \pi \cdot \int_{0-\pi/2}^{\pi/2} \varphi_{\text{ОК}} \cdot e^{-xh1} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_{\text{г}}}{R_u}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_u}{R_{\text{г}}}\right) dx d\phi -$$

$$- j \cdot \mu_0 \cdot W_{\text{г}} \cdot W_{\text{к}} \cdot \omega \cdot I \cdot R_2 \cdot \pi \cdot \int_{0-\pi/2}^{\pi/2} \varphi_{\text{ОК}} \cdot e^{-xh2} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_{\text{г}}}{R_{\text{к}}}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_{\text{к}}}{R_{\text{г}}}\right) dx d\phi.$$

Полученные выражения позволяют получить действительную и мнимую составляющую комплексного вносимого напряжения ВТП при движении ОК.

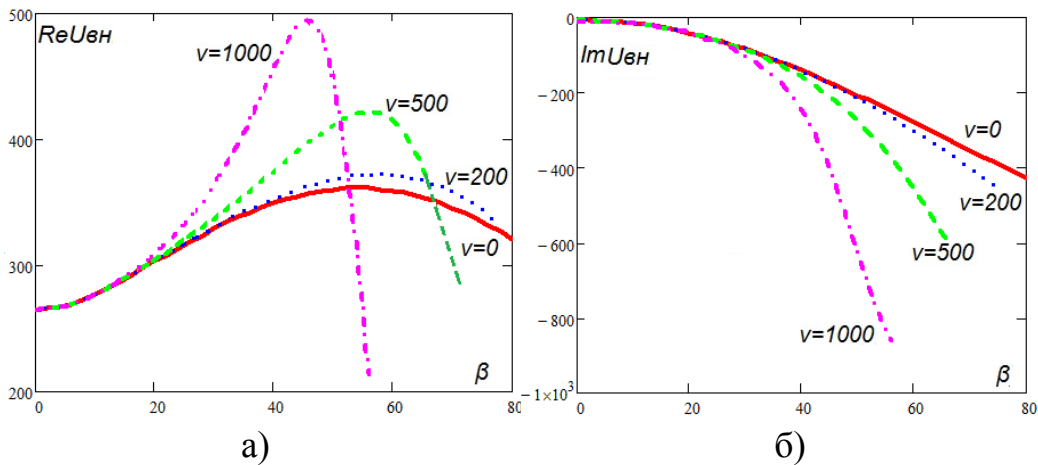


Рис. 2 Влияние обобщенного параметра при различных скоростях движения объекта контроля на действительную (а) и мнимую (б) составляющую комплексного вносимого напряжения вихретокового преобразователя

Рост величины  $\beta$  ведет к увеличению искажения статического годографа за счет движения объекта контроля. Однако при  $\beta < 30$  искажения незначительны. Эта особенность позволит уменьшить влияние скорости, корректируя значения  $\beta = R_{\text{г}} \sqrt{\omega \cdot \mu_0 \cdot \mu \cdot \sigma}$ . Это обстоятельство объясняет целесообразность введения обобщенного параметра скорости

$$\nu = \frac{v}{R_{\text{г}} \cdot \omega}.$$

Также можно отметить, что малым значениям скорости  $v$  отвечает уменьшенное искажения годографа.



## Библиографический список

1. Гынгазова Г.С., Миляев Д.В. Разработка измерителя длины немагнитных протяженных изделий вихретоковым методом. Информационно-измерительная техника и технологии: материалы III Научно-практической конференции/ Под ред. А.В. Юрченко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – с.172-183

2. Ключев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В 2-х книгах. Под ред. В.В. Ключева. Кн. 2 – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. –352с.

**Кузьяев Д.Р., Пудовкин А.П.**

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: damirkuzjaev@gmail.com)

Существует множество вариантов конструкции вихретоковых преобразователей (ВТП) для контроля различных объектов. Плоские многослойные материалы контролируются в основном накладными ВТП, состоящие из двух катушек [1, с. 410].

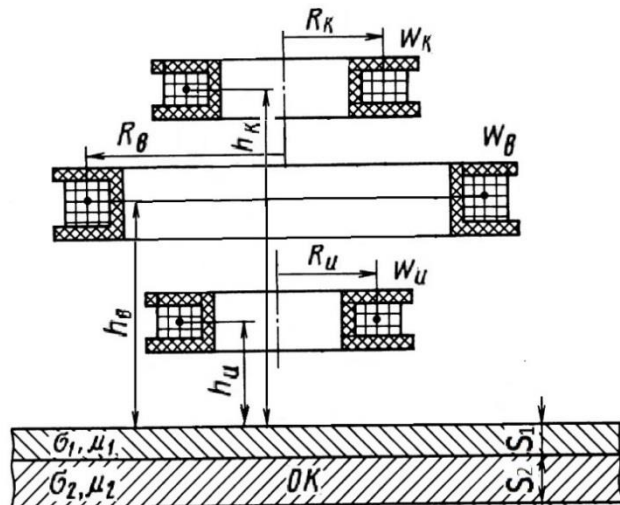


Рис. 1 Модель взаимодействия ВТП с ОК

В данной работе рассмотрим математическую модель взаимодействия ВТП, состоящего из трех катушек: возбуждающей  $W_в$ , измерительной  $W_и$  и компенсационной  $W_к$ , с объектом контроля (ОК). Катушки  $W_и$  и  $W_к$  идентичны по параметрам и включены последовательно встречно. Поэтому можно

считать, что вносимое суммарное напряжение равно

$$U_{вн} = U_{вн2} - U_{вн3},$$

где  $U_{вн2}$  – вносимое напряжение на измерительной катушке;  $U_{вн3}$  – вносимое напряжение на компенсационной катушке.

При отсутствии ОК вносимое напряжение равно нулю.

Комплексное вносимое напряжение ВТП определяется по формуле

$$U_{вн} = j \cdot \mu_0 \cdot W_в \cdot W_u \cdot \omega \cdot I \cdot R_1 \cdot \pi \cdot \int_0^{\infty} \varphi_{ок} \cdot e^{-xh_1} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_в}{R_u}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_u}{R_в}\right) dx - \\ - j \cdot \mu_0 \cdot W_в \cdot W_k \cdot \omega \cdot I \cdot R_2 \cdot \pi \cdot \int_0^{\infty} \varphi_{ок} \cdot e^{-xh_2} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_в}{R_k}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_k}{R_в}\right) dx,$$

где  $j = \sqrt{-1}$  – мнимая единица;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная;  $W_в, W_u, W_k$  – количество витков возбуждающей, измерительной и компенсационной катушки;  $\omega$  – круговая частота;  $R_1 = \sqrt{R_в R_u}$ ,  $R_2 = \sqrt{R_в R_k}$  – эквивалентный радиус ВТП;  $R_в, R_u, R_k$  – радиус возбуждающей, измерительной и компенсационной катушки;  $h_1 = \frac{h_в + h_u}{R_1}$ ,  $h_2 = \frac{h_в + h_k}{R_2}$  – обобщенный параметр, характеризующий расстояние между центрами обмоток ВТП и поверхностью ОК;  $h_в, h_u, h_k$  – расстояния от центра возбуждающей, измерительной и компенсационной катушки до поверхности объекта контроля;  $J_1\left(x \cdot \frac{R_в}{R_u}\right)$  – функция Бесселя первого рода первого порядка.

Функция влияния ОК  $\varphi_{ок}$  является наиболее важным параметром, который характеризует влияние параметров ОК на комплексное вносимое напряжение ВТП.

Контроль толщины проводящего покрытия ( $S_1$ ) на проводящем основании является одним из наиболее сложных, так как приходится учитывать влияние множества параметров (частоту, магнитную проницаемость, электрическую проводимость, зазор и др.). Функцию влияния объекта контроля в этом случае можно определить по формуле [2, с. 97]:

$$\varphi_{ок} = \frac{(\mu_1 \cdot x - q_1) \cdot (\mu_2 \cdot q_1 + \mu_1 \cdot q_2) \cdot e^{T \cdot q_1} - (\mu_1 \cdot x + q_1) \cdot (\mu_1 \cdot q_2 - \mu_2 \cdot q_1) \cdot e^{-T \cdot q_1}}{(\mu_1 \cdot x + q_1) \cdot (\mu_2 \cdot q_1 + \mu_1 \cdot q_2) \cdot e^{T \cdot q_1} - (\mu_1 \cdot x - q_1) \cdot (\mu_1 \cdot q_2 - \mu_2 \cdot q_1) \cdot e^{-T \cdot q_1}}$$

где  $q_i = \sqrt{x^2 - j \cdot \beta_i^2}$ ;  $\beta_i = R_B \sqrt{\omega \cdot \mu_0 \cdot \mu_i \cdot \sigma_i}$  – обобщенный параметр;  $\mu_i, \sigma_i$  – относительная магнитная проницаемость и удельная электрическая проводимость  $i$ -го слоя;  $T = S_1 / R_в$  – нормированная толщина покрытия.

Зависимость сигналов преобразователя от параметров объекта и от режима контроля выражается годографами, поскольку сигналы мо-

гут быть представлены векторами на комплексной плоскости напряжения.

### *Библиографический список*

1. Клюев В.В. Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.2: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 2003. – 688с.
2. Клюев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В 2-х книгах. Под ред. В.В. Клюева. Кн. 2 – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. –352с.

*Мордасов М.М., Савенков А.П.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ПРИ БЕСКОНТАКТНОМ КОНТРОЛЕ СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: savencow@yandex.ru).*

Оперативный контроль параметров технологических процессов, качества сырья и выпускаемой продукции обеспечивает снижение доли брака, экономии материальных и энергетических ресурсов. Применение традиционных методов и устройств затруднено при контроле жидких веществ, отличающихся высокой адгезией или агрессивностью. Бесконтактные аэрогидродинамические методы измерения физических свойств жидкостей (вязкости, плотности и поверхностного натяжения) позволяют решать подобные проблемы [1, 2].

Бесконтактные аэрогидродинамические методы основаны на определении физических свойств по изменению геометрических параметров углубления, образованного газовой струей на поверхности контролируемой жидкости. Силовому действию газовой струи в установившемся режиме взаимодействия противодействуют выталкивающая сила  $F_p$ , пропорциональная плотности жидкости, и сила поверхностного натяжения  $F_\sigma$ . В динамическом режиме при изменении скорости газа в струе значимый вклад в силу сопротивления вносит также вязкость жидкости (сила  $F_\eta$ ). В ходе исследований аэрогидродинамических методов требуется определять величины сил  $F_p$ ,  $F_\sigma$ ,  $F_\eta$  при различных формах углублений на поверхности жидкости. При этом наибольшие затруднения вызывает определение силы поверхностного натяжения  $F_\sigma$ , так как природа этой величины является наиболее сложной для понимания, а вычисления требуют знания кривизны поверхности раздела газовой и жидкой фаз, формулы для определения которой содержат производные второго порядка.

В настоящей работе предложено определять силу поверхностно-го натяжения исходя из её природы по формуле

$$F_{\sigma} = 2\pi R\sigma \sin\gamma$$

где  $R$  – радиус углубления 2 в плоскости недеформированной поверхности 3 жидкости 1, м;  $\sigma$  – поверхностное натяжение, Н/м;  $\gamma$  – угол наклона касательной к поверхности углубления в вертикальной осевой плоскости на уровне недеформированной поверхности 3 относительно горизонтали, рад (рис. 1, а).

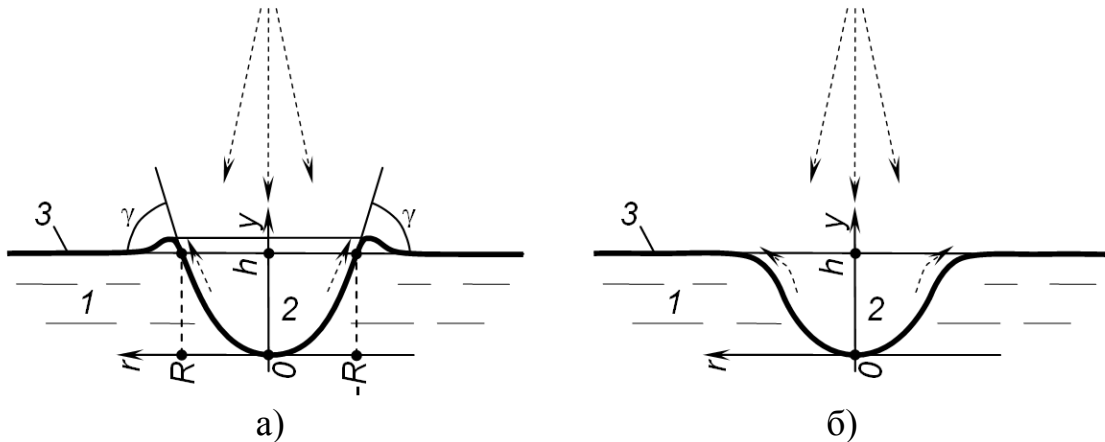


Рис. 1. Схемы взаимодействия струи газа с поверхностью жидкости

Параметры  $R$  и  $\sin\gamma$  легко определяются для углублений, форма которых представлена на рис. 1, а. Если углубление принимает форму, изображённую на рис. 1, б, эти величины не могут быть однозначно определены без специального математического анализа. Образующие углублений на рис. 1 (а и б) с высокой точностью описываются соответствующими уравнениями в декартовых координатах  $r(y)$ :

$$r(y) = ay^m \text{ и } r(y) = ay^m + by^n,$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты,  $m < 1$  и  $n > 1$  – показатели степени. Эти величины определяются экспериментально по изображению профиля углубления. Для вычисления величины  $\sin\gamma$  для углубления на рис. 1, а получают значение производной функции  $r(y)$  в точке  $h$ , которая является функцией  $\text{tg}(\pi/2 - \gamma)$ , после чего производят необходимые тригонометрические преобразования. Для углубления на рис. 1, б сила действия поверхностного натяжения определяется выражением

$$F_{\sigma} = 2\pi\sigma \cdot \max[r(y) \cdot \sin\gamma(y)] = \sigma \cdot \max[f_{\sigma}(y)].$$

После дифференцирования функции  $r(y)$  и проведения тригонометрических преобразований получим функцию  $f_{\sigma}(y)$  в виде

$$f_{\sigma}(y) = 2\pi \left( ay^m + by^n \right) / \sqrt{1 + \left( amy^{m-1} + bny^{n-1} \right)^2}.$$

На рис. 2 представлены графики функций  $f_{\sigma}(y)$  и соответствующие образующие углублений для различных интенсивностей воздействия струи воздуха на поверхность дистиллированной воды. В экспериментах отверстие истечения струи диаметром 0,89 мм располагалось на расстоянии 20 мм от недеформированной поверхности 3 жидкости 1 (см. рис. 1). Диапазоны изменения параметров функции  $r(y)$  составили:  $a - 2,0 \dots 3,4$ ;  $b - 10^{-7} \dots 10^2$ ;  $m = 0,5$ ;  $n - 5 \dots 10$ . Сплошными линиями на рис. 2, а выделены участки кривых соответствующие реальным диапазонам изменения координаты  $y$  от нуля до высоты  $h$  углубления (см. рис. 1). Из рис. 2 видно, что в этих диапазонах функции  $f_{\sigma}(y)$  имеют единственный максимум в точках максимального изменения параметра  $\sin y$ , что соответствует теоретическим предположениям. Этот максимум используется для определения силы  $F_{\sigma}$ .

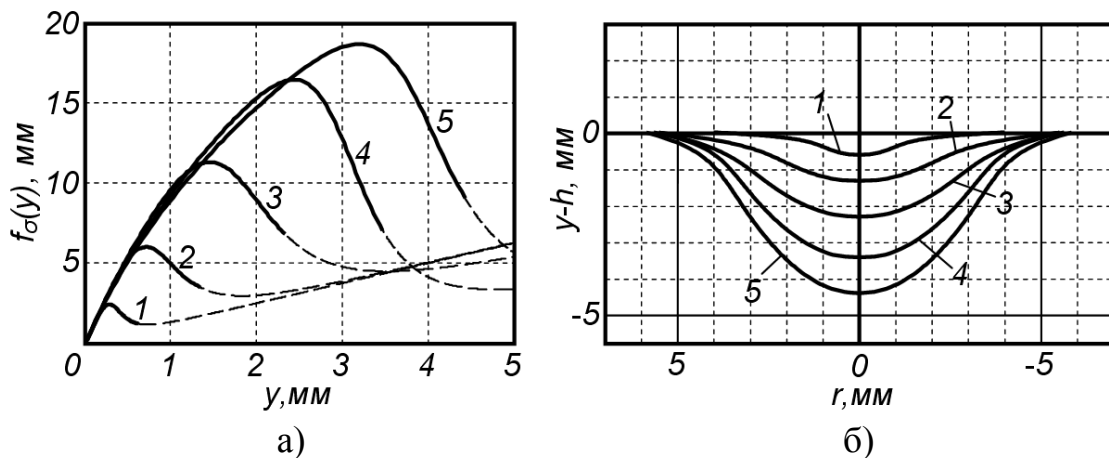


Рис. 2. Графики функции  $f_{\sigma}(y)$  (а) и образующие углублений  $\pm r(y)$  (б) для различных значений давления  $P$  перед отверстием истечения струи: кривые 1–5 соответствуют  $P = 140, 560, 970, 1340, 1700$  Па

Представленная методика подвергалась экспериментальной проверке на различных жидкостях. Проводилось сопоставление величин  $F_p$  и  $F_{\sigma}$ , полученных при различных размерах углублений. При сравнительно малых размерах углубления преобладает действие силы  $F_{\sigma}$ , при больших –  $F_p$ . Для различных объёмов углублений при одинаковых соотношениях  $h/R$  получены равные отношения силы сопротивления поверхности жидкости проникновению газовой струи ( $F_p$  или  $F_{\sigma}$ ) и силы действия струи.

Методика расчёта силы поверхностного натяжения жидкости необходима в частности при исследовании плёнок Ленгмюра, сформированных на поверхности воды, аэродинамическими методами.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол\_а.*

## Библиографический список

1. Гализдра В. И. Аэрогидродинамическое бесконтактное совокупное измерение физико-механических параметров жидкостей / В. И. Гализдра, М. М. Мордасов. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2005. Т. 71. № 5. С. 34–38.

2. Мордасов Д. М., Мордасов М. М., Савенков А. П. Аэрогидродинамические эффекты в бесконтактных струйных методах неразрушающего контроля вязкости жидких веществ. М.: Физматлит, 2012. 352 с.

**Москвитин С.П.**

### НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(*sergey.msk@mail.ru*)

В работе [1] описывается комплексная система контроля характеристик качества при производстве многослойных материалов электронной техники. Для контроля исходных толщин заготовок используется лазерный толщиномер, который основан на принципе измерения расстояния до объекта лазерным датчиком – лазерной триангуляции. Отличительной особенностью данного способа является высокое быстродействие, помехозащищенность и бесконтактность контроля.

Луч лазера, обладающий высокой параллельностью пучка, падает на поверхность. По закону отражения света он должен отразиться под тем же углом, под которым попал на поверхность. Обычно поверхности шероховатые, т.е. состоящие из множества мелких бугорков и впадин. На такой поверхности всегда найдется несколько точек, от которых отраженный луч отразится и попадет в приемник, как бы объект не был расположен в пространстве.

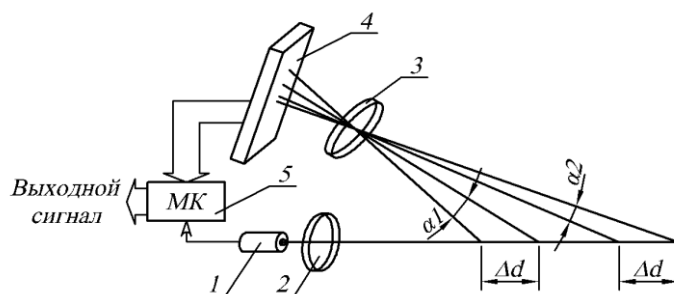


Рис. 1. Измерения расстояния до объекта лазерным датчиком

Угол падения луча лазера изменяется в зависимости от расстояния до объекта, и, таким образом, изменяется положение точки лазера на ПЗС матрице (рис 1).

Данные с матрицы 4 считываются интегрированным микропроцессором 5, который ведет точный расчет угла распределения света на фотодиодной линии, и по этим данным определяет расстояние до объекта. Величина измеренного расстояния до объекта либо передается последовательному порту, либо конвертируется в соответствующее значение выходного тока. Применение микропроцессора гарантирует высокую степень линейности и точности выполнения измерений. Комбинированное применение ПЗС матрицы и микропроцессора позволяет подавить интерферирующие отражения луча, и, таким образом, обеспечивает получение точных данных, даже при критических размерах поверхности измерения.

Возможное разрешение и точность измерения зависят от расстояния до объекта. Нелинейность изменения угла падения луча корректируется при помощи микропроцессора, позволяющего сохранить линейную зависимость выходного сигнала от измеряемого расстояния.

ПЗС матрица располагается в фокальной плоскости объектива 3, вследствие чего угловые смещения пучков преобразуются в линейные перемещения фокальных пятен по ПЗС матрице [2]

$$\Delta l = F\Delta\alpha \quad (1)$$

где  $\Delta l$  – линейные смещения фокального пятна;  $F$  – фокусное расстояние объектива;  $\Delta\alpha$  – угловое смещение пучка.

Линейное смещения фокального пятна определяется микропроцессором по координатам энергетических центров ПЗС матрицы, которые рассчитываются с помощью выражений (2)

$$x_0 = N_x \frac{m_{10}}{m_{00}}; y_0 = N_y \frac{m_{01}}{m_{00}}, \quad (2)$$

где  $N_x$  и  $N_y$  – максимальное число отсчетов вдоль соответствующих осей координат;  $m_{00}$ ,  $m_{10}$ ,  $m_{01}$  – двумерные моменты распределения плотности мощности лазерного излучения в изображении.

Соответственно, по полученным координатам смещения энергетического центра определяется угловое смещение луча лазера и рассчитывается изменение расстояния до объекта. Для определения толщины заготовок применяется два таких датчика, расположенных с противоположных сторон заготовок строго напротив друг другу. Данные, полученные одновременно от двух датчиков, сравниваются в микропроцессоре и, таким образом, определяется толщина заготовок.

### *Библиографический список*

1. Москвитин, С.П. Система контроля характеристик качества биметаллических материалов электронной техники / С.П. Москвитин, А.П. Пудовкин // Радиотехника. 2011. №12. С. 60 – 64.
2. Гришанов, В.Н. Лазерная триангуляционная система для измерения деформаций / Гришанов В.Н., Мордасов В.И. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – Одесса.: ТКЭА, 1995г.

***Москвитин С.П.***

### **КОНТРОЛЬ СООТНОШЕНИЯ ТОЛЩИН СЛОЕВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(sergey.msk@mail.ru)*

При контроле соотношения толщин слоев биметалла, для устранения погрешности показаний от изменения зазора между датчиками и готовым образцом необходимо вести измерения сразу на двух частотах. На низкой частоте определяется толщина слоя биметалла  $h_1$ , а на высокой – отстройка от влияния зазора между датчиком и поверхностью образца  $h_0$ .

В результате этого высокочастотный канал реагирует только на изменение расстояния между преобразователем и изделием, а низкочастотный - на изменение толщины изделия. Указанный метод отстройки от влияния зазора применим для контроля толщины плакирующего слоя биметаллических материалов.

Таким образом, толщину верхнего слоя измеряют накладным параметрическим датчиком, представляющим собой катушку индуктивности с квадратным сечением обмотки, жёстко закреплённую над биметаллической полосой. Частота тока протекающего по обмотке датчика должна быть, такой чтобы глубина проникновения вихревых токов была заведомо больше максимальной измеряемой толщины плакирующего слоя биметалла.

Выражение для определения глубины проникновения вихревых токов при заданном отношении  $\frac{\delta}{\delta_0}$  - плотности вихревых токов на поверхности к плотности на глубине  $z$  имеет вид [1,2]

$$z = -\frac{\ln \frac{\delta}{\delta_0}}{\sqrt{\pi f \mu_a \sigma}}. \quad (1)$$



Для достижения достаточной чувствительности плотность вихревых токов  $\delta$  на глубине равной максимальной толщине плакирующего слоя биметалла должна быть не более чем  $e$  раз меньше плотности вихревых токов на поверхности  $\delta_0$ . На рис.1а изображена зависимость эффективной глубины проникновения  $\frac{\delta}{\delta_0} = \frac{1}{e}$  вихревых токов  $z$  от частоты  $f$  для алюминия  $\sigma = 36,9 \cdot 10^6 \text{ См/М}$  и  $\mu_a = \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/М}$ .

Из графика видно, что для определения толщин плакирующих слоев не более 1,2 мм необходима частота тока около 5000 кГц, измерение на более высоких частотах приведёт к потере чувствительности.

Для определения величины зазора также используется накладной параметрический датчик, в отличие от первого работающий на более высокой частоте. Частота тока, протекающего по обмотке датчика, должна быть, такой, чтобы глубина проникновения вихревых токов была заведомо меньше минимальной измеряемой толщины плакирующего слоя биметалла. Зависимость глубины проникновения вихревых токов  $z$  на более высоких частотах, при  $\frac{\delta}{\delta_0} = \frac{1}{20}$  и для того

же материала изображена на рис.1б.

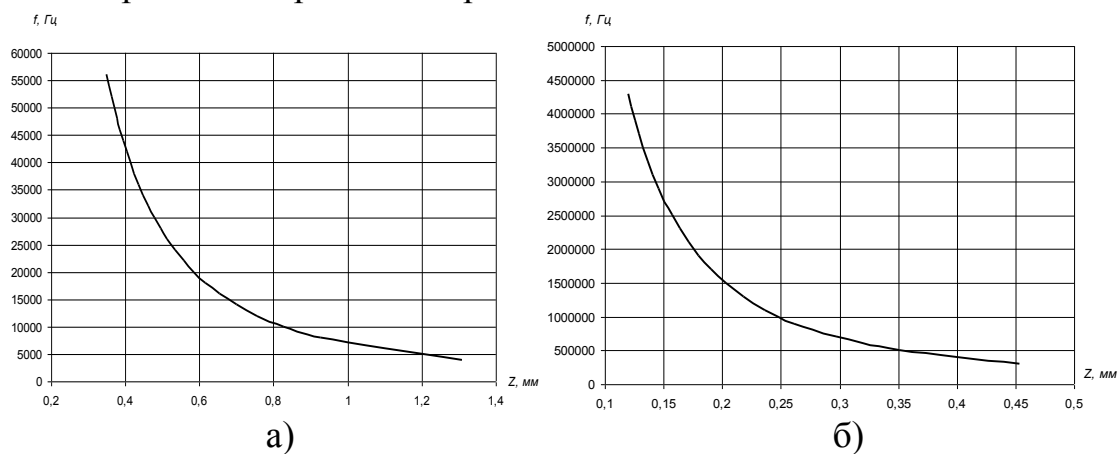


Рис.1 Зависимость глубины проникновения вихревых токов  $z$  от частоты  $f$   
а – при определении зазора;  
б – при определении толщины плакирующего слоя

На графике видно, что для точного определения зазора при минимальной толщине плакирующего слоя 0,4 мм, необходимо производить измерения на частоте не ниже 400 кГц. [2]

Выбор частоты  $f_1$  помогает отстроиться от влияния изменения зазора между преобразователем и биметаллической полосой на контроль толщины плакирующего слоя. Вторую частоту  $f_2$  выбирают из условия, чтобы глубина проникновения вихревых токов в материал

верхнего слоя была заведомо больше значения наибольшей контролируемой толщины  $d_{1\max}$ . Таким образом, измерения с помощью накладных преобразователей производятся одновременно на двух частотах: частота  $f_1$  используется для компенсации влияния изменения зазора, а частота  $f_2$  – для измерения толщины плакирующего слоя биметалла, при этом низко- и высокочастотные катушки датчиков расположены на расстоянии не менее 2-х диаметров обмоток по линии движения полосы биметалла. Это необходимо для устранения взаимного влияния преобразователей друг на друга.

### ***Библиографический список***

1. Пудовкин, А.П. Неразрушающий контроль качества биметаллов и изделий из них / А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов. – М.: Машиностроение-1, 2003. -156с.
2. Москвитин, С.П. Контроль качества биметалла. Комплексный метод контроля характеристик качества биметалла в процессе его производства: монография / С.П. Москвитин, А.П. Пудовкин. – Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 105с.

***Никитенков Д.О., Добрыднева И.Ф., Кольтюков Н.А.***

## **ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОЕМКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(resbn@jesby.tstu.ru)*

Затраты на электроэнергию для промышленных предприятий относятся к числу основных и становятся сопоставимыми с затратами на сырье. На всех предприятиях, занимающихся производством и переработкой полимерных материалов, находят применение смесительные машины, с электроприводами и аппараты с электронагревом. Основными особенностями этого оборудования как объектов оптимального управления являются большая потребляемая мощность, значительная доля времени работы в динамических режимах, частая смена исходных данных, которые необходимо учитывать при расчете управляющих воздействий, и широкий диапазон изменения фазовых координат. Важным резервом снижения энергопотребления в таких объектах является оптимальное управление динамическими режимами с учетом изменяющихся условий. Теоретические исследования показывают, что при оптимальном управлении уменьшение затрат энергии в динамических режимах может достигать от 10 % до 30 % по сравне-

нию с традиционным.[1] Кроме того, при энергосберегающем управлении снижаются механические и тепловые нагрузки, что ведет к повышению долговечности и безопасности эксплуатации оборудования. Одним из главных сдерживающих факторов оптимального управления динамическими объектами является отсутствие алгоритмов оперативного синтеза управляющих воздействий, которые могут быть реализованы простыми встроенными микропроцессорными устройствами.

Рассмотренным тепловым аппаратом, использующим электронагревательные элементы, является вулканизатор. Это объект периодического действия, предназначенный для выполнения термических операций по вулканизации. На рис.1 приведена типовая термограмма разогрева вулканизатора средней мощности.

На основе общего вида термограммы исследовались несколько альтернативных моделей в форме обыкновенных дифференциальных уравнений:

- объект первого порядка с запаздыванием (Аз)

$$\dot{z}_1 = az(t) + bu(t - t_3); \quad (1)$$

- объект второго порядка с запаздыванием (АИЗ и ДАз)

$$\begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{pmatrix} + Bu(t - t_3);$$

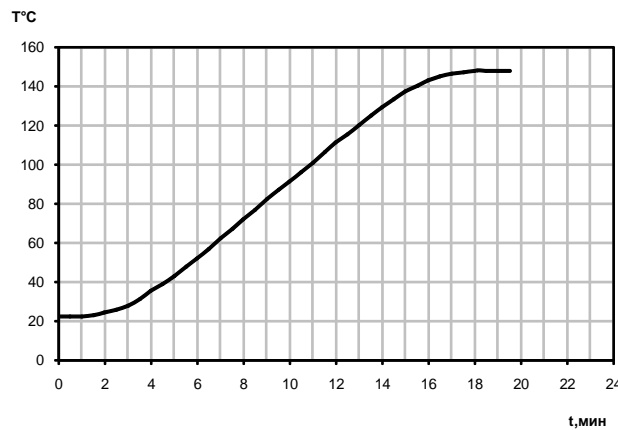


Рис.1 Диаграмма нагрева теплового объекта

- модель с двумя зонами (ДИЗ + Аз)

$$\begin{cases} \begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \end{pmatrix} = A_1 \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{pmatrix} + B_1 u(t - t_{31}), & z_1 \in [z_1^0; z_1^n], \\ \dot{z}_1 = a_2 z(t) + b_2 u(t - t_{32}), & z \in [z^n = z_1^n; z^k], \end{cases} \quad (3)$$

здесь  $a$ ,  $b$ ,  $A$ ,  $B$  – параметры и матрицы параметров моделей соответственно,  $t_3$  – время запаздывания.

При выполнении работ по идентификации выявлено, что значения отдельных параметров моделей существенно зависят от начальной температуры, которая определяется степенью остывания нагревательных плит, тем не менее эти модели пригодные для синтеза энергосберегающего управления.

### *Библиографический список*

1. Чернышов Н.Г. Кольтюков Н.А. Энергосберегающее управление сложными объектами резинотехнической промышленности // Труды ТГТУ: Сб. научных статей молодых ученых и студентов/ Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, 2001.

*Петров С.В., Данилов С.Н.*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ВИДА МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КВ РАДИОСТАНЦИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(resbn@jesby.tstu.ru).*

Как известно, основными показателями эффективности различных видов модуляции сигнала являются критерии спектральной и энергетической эффективности. Практически во всех системах связи спектр сигнала ограничивают. Т. о., спектральная эффективность для амплитудной, фазовой и амплитудно-фазовой модуляции одинакова и определяется полосой ограничивающего фильтра. Известно, что увеличение уровней модуляции (M-PSK, M-QAM) увеличивает спектральную эффективность в  $(k - \log_2 M)$  раз, где  $M$  количество значений параметра сигнала,  $k$  – число бит в одном символе.

Сравнение видов модуляции по энергетической эффективности показывает, что с увеличением позиций модуляции  $M$ , вероятность битовой ошибки увеличивается, т.е., как правило, при увеличении спектральной эффективности энергетическая эффективность уменьшается.

Т.о., образом, имеет смысл сравнивать виды модуляций с одинаковым числом позиций. Такое сравнение показывает, что при числе уровней 4 и ниже QPSK является наиболее эффективным видом модуляции. Однако GMSK позволяет использовать в передатчике усилители класса C, что дает энергетический выигрыш.

При числе уровней более 4 из сравнения М-PSK с М-QAM видно, что М-QAM превосходит по эффективности М-PSK, причем энергетический выигрыш М-QAM увеличивается с ростом М. Это объясняется тем, что расстояние между соседними точками сигнального созвездия М-PSK меньше, чем М-QAM, а следовательно менее вероятна ошибка в детектировании соседнего символа.

Следовательно, при ограниченной полосе сигнала, при М больше четырех наиболее эффективна модуляция QAM (QPSK является частным случаем QAM при М=4). Еще больший выигрыш по сравнению с обыкновенными QPSK и QAM дают их модификации – (модуляция Фейера) и треллис-модуляция (TCM).

При модернизации системы связи необходимо улучшить характеристики радиостанции, не снижая уровень вероятности ошибки BER. Известно, что [2, с. 146] отношение сигнал/шум на входе детектора приемника  $E_b/N_0 = F(P_t, G_t, G_r, L, N) - 10 \log C$ , где  $P_t$  – мощность передатчика,  $G_t, G_r$  – коэффициенты усиления антенн передатчика и приемника, соответственно,  $L$  – коэффициент потерь на трассе,  $N$  – спектральная плотность мощности шума, приведенная к входу приемника,  $C$  – скорость передачи.

Основной задачей модернизации является максимальное увеличение скорости передачи за счет правильного выбора параметров приемо-передающей аппаратуры и наиболее выгодного вида модуляции. Возможно построение адаптивной системы – оценивающей текущее значение этих параметров, параметров трассы распространения сигнала и выбирающей наиболее подходящее для этих условий количество уровней модуляции М. При этом необходимо установить зависимость количества уровней модуляции и скорости передачи от функции  $F(P_t, G_t, G_r, L, N)$ .

Т. о., при модернизации рассматриваемого образца КВ радиостанции решается следующая задача: для заданной ширины полосы сигнала, заданного значения вероятности ошибки (BER) определить число уровней модуляции и максимальную скорость передачи в зависимости от отношения сигнал/шум (рис. 1).

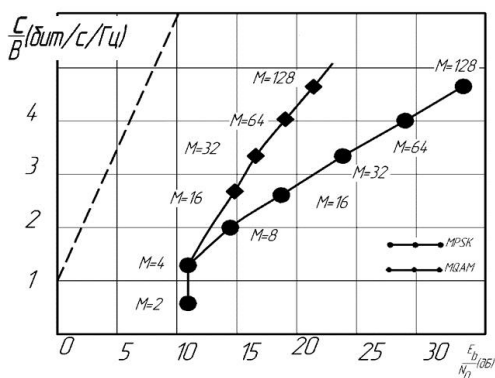


Рис. 1 Зависимость отношения сигнал/шум на входе детектора от числа уровней модуляции (пунктиром показан теоретический предел).

Решая поставленную задачу, необходимо произвести многофакторную оптимизацию параметров радиостанции (в том числе учет возможных особенностей трассы распространения сигнала, изменения ее параметров с течением времени, возможностей введения подстройки параметров приемо-передающего канала).

### *Библиографический список*

1. Выбор оптимального метода модуляции сигнала в современных цифровых системах радиосвязи. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.twirpx.com/file/1131774/> (Дата обращения: 11 апреля 2015).
2. Скляр, Бернгард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Издательский дом Вильямс, 2003. -1104с.

*Петров С.А. , Чечетов К.Е.*

## **УСТАНОВКА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОВЕРХНОСТИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЖИДКОСТИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(faton68@mail.ru)*

Измерение физических свойств вязких жидкостей затруднено в связи с их высокими адгезионными свойствами. По этой причине контроль таких жидкостей в промышленных условиях либо производится без соответствия нормативным документам, либо не выполняется вообще. Это обстоятельство приводит к снижению качества продукции и увеличению числа бракованных изделий. Информация о таких свойствах жидкостей как вязкость, плотность и поверхностное натяжение может быть получена с использованием бесконтактных аэрогидродинамических методов [1, 2].

Расстояние  $H$  (рис. 1) от среза сопла до недеформированной поверхности жидкости оказывает существенное влияние на результат измерения в большинстве бесконтактных аэрогидродинамических методов измерения физических свойств. Например, погрешность измерения вязкости вследствие изменения расстояния на 10 % в отдельных методах достигает 18 % [2]. Для повышения точности измерений нами был разработан блок, позволяющий обеспечить автоматическую установку измерительного преобразователя на заданное расстояние относительно поверхности жидкости (рис. 1).

При включении устройства проводится опрос концевого выключателя 9. Если выключатель 9 не замкнут, то плата управления 8 формирует на своем выходе импульсы, под действием которых шаговый двигатель 2 поднимает штатив 4 посредством передачи винт-гайка 3 в верхнее положение до замыкания выключателя 9. Затем для установки измерительного преобразователя на заданное расстояние  $H$  плата управления 8 формирует обратную последовательность импульсов, в результате чего штатив 4 опускается. При достижении заданного расстояния до поверхности жидкости на выходе индикатора 6 формируется сигнал, под действием которого плата управления 8 прекращает подачу импульсов на обмотки двигателя 2, и штатив 4 с закрепленным на нем измерительным преобразователем физических свойств 7 останавливается. По команде с платы управления 8 последний получает числовые значения физических свойств жидкости 10.

Для стабилизации траектории перемещения штатива 4 в корпусе 1 установлена направляющая 5. Основным элементом платы управления 8 является микроконтроллер фирмы ATMEL типа ATmega16.

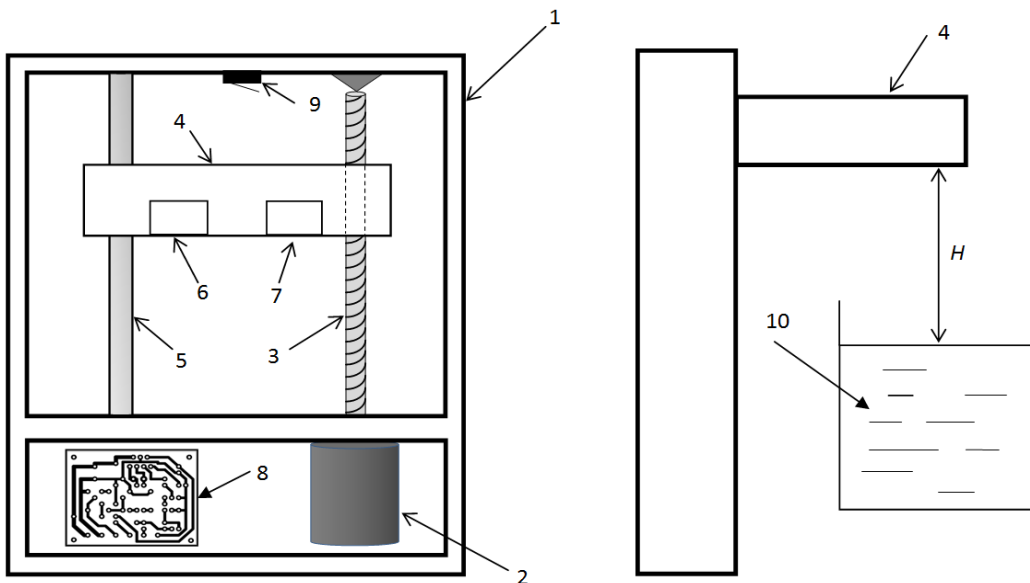


Рис. 1. Эскиз устройства для измерения вязкости жидкости

Ориентировочные расчёты по данным работы [2] показывают, что применение автоматического блока установки измерительного преобразователя на заданное расстояние относительно поверхности жидкости позволяет снизить погрешность измерения вязкости с 4 % до 1,5 %.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол\_а.*

### *Библиографический список*

1. Мордасов М. М. Бесконтактные методы измерения вязкости жидкостей (обзор) / М. М. Мордасов, А. П. Савенков // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2013. т.79. № 1. С. 27-35.

2. Мордасов Д. М. Аэрогидродинамические эффекты в бесконтактных струйных методах неразрушающего контроля вязкости жидких веществ / Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов, А. П. Савенков. М.: Физматлит, 2012. 354 с.

*Подколзина Л.А.*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УГЛОВОГО КАНАЛА НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
Oppo4ki\_Lubo4ka@mail.ru*

Для решения задач определения координат местоположения, параметров движения подвижного наземного объекта (ПНО) и пространственного положения его продольных осей (курса, крена и тангажа) используются навигационные системы [1].

Важной составной частью разработки навигационных систем является синтез их алгоритмического обеспечения.

В работе [2] были синтезированы алгоритмы обработки информации для углового канала навигационных систем ПНО, определяющие курс, крен и тангаж. Для практической реализации полученные алгоритмы были упрощены путем применения принципа декомпозиции вектора состояния  $\mathbf{X}_O(t_k) = [\psi(t_k), \gamma(t_k), \vartheta(t_k), \Delta\psi(t_k), \Delta\gamma(t_k), \Delta\vartheta(t_k)]^T$ , который представили в виде двух векторов  $\mathbf{X}_{1O}(t_k) = [\psi(t_k), \gamma(t_k), \vartheta(t_k)]^T$  и  $\mathbf{X}_{2O}(t_k) = [\Delta\psi(t_k), \Delta\gamma(t_k), \Delta\vartheta(t_k)]^T$ . После этого был выполнен расчет потенциальных характеристик точности. Однако наибольший интерес представляют не потенциальные, а фактические характеристики точности.

Для определения фактических характеристик точности синтезированных алгоритмов было произведено математическое моделирование по схеме, представленной на рисунке 1.

На схеме  $\Xi_{1Y}(t_k)$ ,  $\Xi_{2Y}(t_k)$ ,  $\Xi_{3Y}(t_k)$ ,  $W_y(t_k)$  - наблюдения на выходе соответствующих датчиков.

В соответствие со схемой вначале моделировались сигналы с датчиков. Затем, на каждом шаге, проводилось вычисление оценок  $X_{2y}^*(t_{k+1})$ ,  $X_{1Y\hat{E}\hat{A}}^*(t_{k+1})$ ,  $X_{1Y\hat{N}\hat{D}\hat{N}}^*(t_{k+1})$ ,  $X_{1Y}^*(t_{k+1})$  и  $X_{2y}^*(t_{k+1})$  векторов состояния



$X_{1y}(t_{k+1})$  и  $X_{2y}(t_{k+1})$ . Для этого определялись оптимальные коэффициенты передачи  $K_{1y}$  и  $K_{2y}$ .

После определения оценок методом статистической обработки данных были получены фактические характеристики точности алгоритмов обработки информации для углового канала навигационных систем ПНО в виде среднеквадратических ошибок.

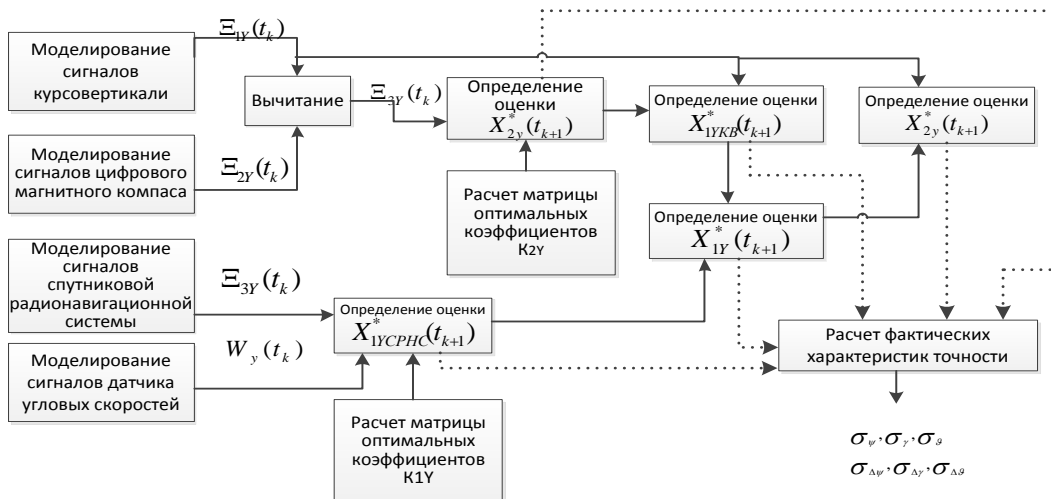


Рис.1 – Схема математического моделирования

В результате получены следующие фактические характеристики точности определения угла курса:  $\sigma_{\Delta\psi 1} = 0,011^\circ$ ,  $\sigma_{\psi \dot{E} \dot{A}} = 0,035^\circ$ ,  $\sigma_{\psi \dot{N} \dot{D} \dot{N}} = 0,209^\circ$ ,  $\sigma_{\Delta\psi - \dot{n} \dot{d}} = 0,105^\circ$ ,  $\sigma_{\Delta\psi 2} = 0,106^\circ$ . При этом считалось, что количество шагов  $K = 2000$  и начальный угол курса  $\psi_0 = 0^\circ$ . Среднеквадратические ошибки определения углов курса, крена и тангажа приблизительно равны между собой, так как начальные условия выбирались одинаковыми (угол крена  $\gamma_0 = 0^\circ$ , угол тангажа  $\delta_0 = 0^\circ$ ).

Полученные фактические характеристики точности позволяют оценить возможности разработанных алгоритмов обработки информации в угловом канале навигационных систем, полученных в работе [2].

*Доклад выполнен в рамках гранта РФФИ договор № НК 14-08-00523/14 от 06.03.14 г.*

### **Библиографический список**

1. Другов, К.М. Системы навигации наземных подвижных объектов/ К.М. Другов, Л.А. Подколзина// Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития: сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов ФГБОУ ВПО ТГТУ. – 2012, №3–С. 203-207.

2. Подколзина, Л.А. Алгоритмы обработки информации для углового канала навигационных систем подвижных наземных объектов/ Л.А. Подколзина. Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией: сборник статей по материалам докладов ВНИК курсантов, слушателей, молодых ученых, посвященной Дню образования войск связи. – 2013,–С. 252-254.

*Попов О.Н., Трофимов Д.В., Хромый К.С., Жуков Н.П.*

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА  
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ  
В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Современные методы неразрушающего контроля (НК), позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) и температурные характеристики структурных переходов в полимерных материалах (ПМ), наиболее эффективно реализуются измерительными системами (ИС), позволяющими автоматизировать проведение измерений, адаптивно изменять режимные параметры, обеспечивать оперативность и точность измерений при сохранении целостности и эксплуатационных характеристик объектов исследования [1].

В ТГТУ разработана измерительная система (рис. 1), состоящая из персонального компьютера (ПК), управляющей платы, измерительного зонда (ИЗ), блока управления питанием (БУП). ИС реализует методы НК ТФС и НК структурных переходов в ПМ по аномалиям ТФС на температурных зависимостях, а также по изменениям коэффициентов ( $b_1$  и  $b_0$ ) математической модели, детально представленной в работе [1].

В результате проведения эксперимента были зафиксированы зависимости изменения значений температуры в точках, расположенных на поверхности исследуемого объекта, от времени.

Эксперимент проводился при следующих условиях. Подложка зонда выполнена из политетрафторэтилена. Теплофизические свойства материала подложки: теплопроводность  $\lambda = 0,25$  Вт/(м·К); теплоемкость  $c = 1005$  Дж/(кг·К); плотность  $\rho = 2200$  кг/м<sup>3</sup>. Объект исследования – полиамид блочный (ПА – 6). ТФС полиамида:  $\lambda = 0,3$  Вт/(м·К),  $c = 1750$  Дж/(кг·К),  $\rho = 1550$  кг/м<sup>3</sup>. Режимные характеристики: начальная температура 20°C; тепловая мощность на каждом из нагревателей – 0,76 Вт; частота дискретизации  $\Delta t = 1$  с.

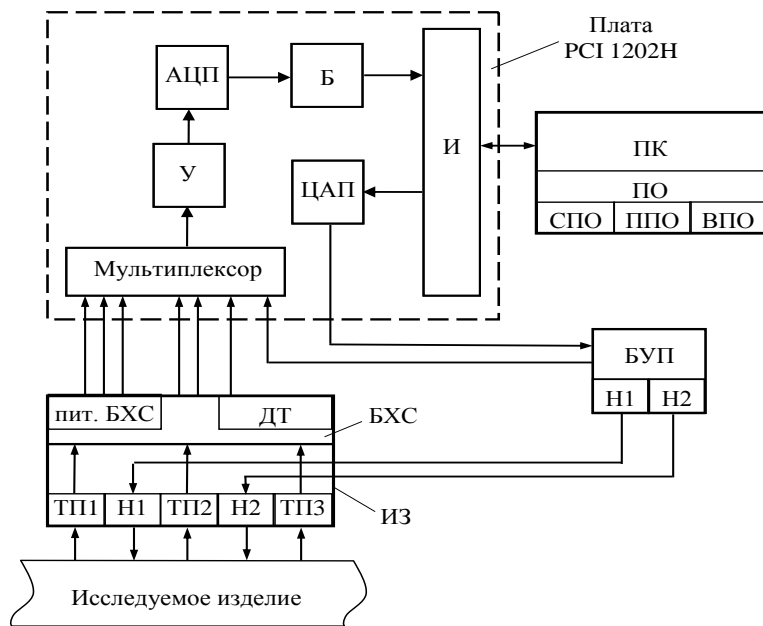


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы.

БУП – блок управления питанием; БХС – блок холодных спаев;  
 ИЗ – измерительный зонд; Н – нагреватель;  
 ПК – персональный компьютер; ПО – программное обеспечение;  
 ТП – термоэлектрический преобразователь.

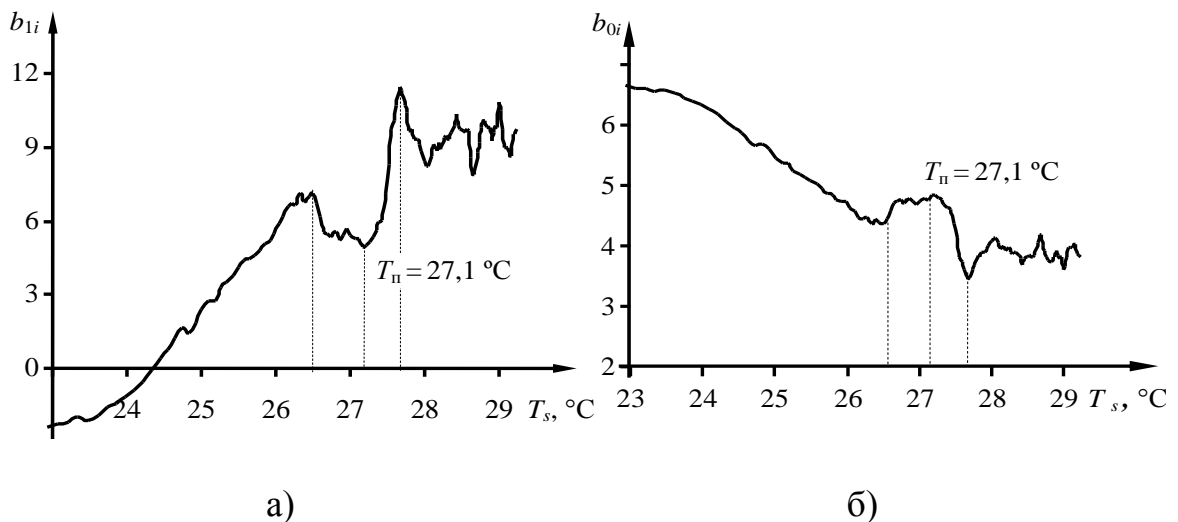


Рис. 2. Зависимости: а)  $b_{1i} = f(T_s)$ ; б)  $b_{0i} = f(T_s)$

На рис. 2 представлены зависимости  $b_{1i} = f(T_s)$  и  $b_{0i} = f(T_s)$ , построенные по термограмме, зафиксированной термоприемником, расположенным на центральной оси зонда [1]. Твердофазное структурное превращение явно проявилось при достижении температуры структурного перехода. Из представленных зависимостей видно, что твердофазное превращение в ПА-6, сопровождающееся погло-

щением тепла, проявилось в узком интервале значений температуры от 26,5 до 27,7 °С.

### ***Библиографический список***

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов: учебное пособие / С.В. Мищенко, Ю.Л. Муромцев, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов; под ред. С.В. Мищенко. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.

***Попов А.В., Фесенко А.И.***

## **ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НАПРЯЖЕНИЕ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(popovandrey993@gmail.com, fesenkoai@rambler.ru)*

Комплексная автоматизация производственных процессов является одним из главных направлений технического процесса и способствует дальнейшему повышению производительности труда и улучшению условий производства. При эксплуатации мощных электродвигателей измерение температуры обмотки и других частей двигателя, а также охлаждающего воздуха производят термометрами расширения, термопарами и терморезисторами. Для измерения температуры обмоток часто пользуются и косвенным методом — измерением их сопротивлений при постоянном токе[1]

Для передачи данных о температуре двигателя на диспетчерский пульт необходим преобразователь температуры в напряжение.

Предлагаемый преобразователь [2] относится к измерительной технике и может найти широкое применение в термометрии. Преобразователь температуры в напряжение (Рис. 1) содержит последовательно соединенную термопару и усилитель, источник опорного напряжения, аналоговое делительное устройство и дифференциальный усилитель, первый масштабный преобразователь и второй масштабный преобразователь. Выход усилителя через первый масштабный преобразователь подключен ко второму входу сумматора, а выход сумматора связан со вторым выходом аналогового делительного устройства. Вход квадратора соединен с выходом усилителя и входом первого масштабного преобразователя, а выход подключен к первому входу аналогового делительного устройства. Технический результат: повышение точности работы преобразователя температуры в напряжении с возможностью его настройки и калибровки.



Рис.1

Недостатком известных аналоговичных устройств является сложность настройки и калибровки преобразователей, а так же отсутствие возможности передачи данных на диспетчерский пульт.

Преобразователь температуры в напряжение позволит контролировать на расстоянии температуру двигателя.

### *Библиографический список*

1. Пат. 2480719 Российская Федерация, МПК G01K7/02. Преобразователь температуры в напряжение/ Мищенко С.В., Фесенко А.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет". – № 2011148865/28; заявл 30.11.2011; опубл. 27.04.2013. – 5 с.: ил.

2. Крамарухин, Ю. Е. Приборы для измерения температуры. - М.: Машиностроение., - 1990. – С.4-205

***Проценко И.Г., Фесенко А.И.***

## **УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСТРЕМУМА ФУНКЦИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов*

*(e-mail: iliaprocenko@rambler.ru, e-mail: fesenkoai@rambler.ru).*

Системами экстремального регулирования называются системы, в которых заданные значения регулируемых величин, определяются автоматически в соответствии с экстремумом некоторой зависимости, функции  $F(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , например описывающей технологический процесс термоманитной обработки магнитотвердых материалов. Значения данной функции зависят не только от значений регулируемых величин  $y_1, y_2, \dots, y_n$ , но и от неконтролируемых параметров регулирующей системы и времени  $t$ . Поэтому она не является постоянной и заранее

неизвестна. Однако изменение функции и смещение экстремальных значений регулируемых величин происходит относительно медленно.

Предлагаемым способом для точного определения экстремума функции является реализация устройства [1], структурная схема которого приведена на рис. 1.

Точность определения экстремальных значений функции достигается тем, что в его состав введен двухквadrантный частотно-импульсный преобразователь напряжения в частоту 4. Его выход через последовательно соединенный триггер 5 со счетным входом и инвертор 6 подключен к входам блока задержки 1, а вход связан с выходом устройства и через последовательно соединенный усилитель 3 соединен с выходом вычитающего устройства

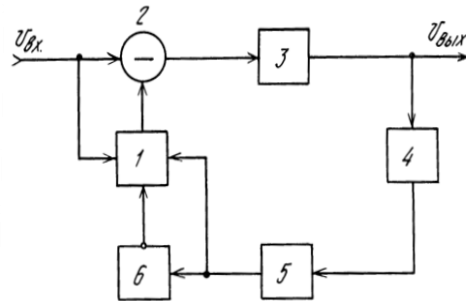


Рис. 1 Структурная схема устройства определения экстремума функции:

- 1 – блок задержки; 2 – узел вычитания; 3 – усилитель;
- 4 – частотно-импульсный преобразователь напряжения;
- 5 – триггер; 6 – инвертор.

2. Применение блока задержки 1 с регулируемым временем задержки за счет введения обратной связи приводит к повышению точности работы устройства для определения экстремума медленно изменяющейся функции.

Принцип работы измерительного устройства заключается в следующем. Частотно-импульсным преобразователем напряжения задаются управляющие импульсы, частота следования которых  $F_{вых} = K_1 \cdot |U|$ , где  $K_1$  - постоянная преобразователя, прямо пропорциональная напряжению на его входе и независимо от полярности определяет время задержки блока 1. Входное напряжение  $U_{вх}$  подается непосредственно и через блок задержки на входы узла вычитания. Выходным значением вычитающего устройства является разностное напряжения  $\Delta U = U_{вх}(t) - U_{вх}(t - \tau)$ , где  $t$  – время;  $\tau$  – время задержки.

Вычисленное разностное напряжение  $\Delta U$  усиливается усилителем с коэффициентом усиления  $K$  и поступает на выход устройства.

Постоянная времени блока задержки ( $\tau$ ), определяется модулем уровня выходного напряжения  $U_{вых}$  устройства, то есть  $t = \tau(U_{вых})$  или  $\tau = \tau(t)$ . При  $U_{вх}$  стремящемся к нулю,  $\tau(t)$  будет соответствовать величине  $\tau_{min}$ . В области экстремума, как это следует из рис.2,

выполняется равенство  $U_{\text{ex}}(t_1) = U_{\text{ex}}(t_1 - \tau)$ . Отсюда следует, что время  $\tau_{\text{max}}$  определяется из соотношения  $t_{\text{max}} = t_1 - \frac{\tau_{\text{min}}}{2}$ .

Использование предлагаемого устройства с регулируемым временем задержки позволяет изменять выходное значение сигнала, с целью определения экстремума функции в широких пределах с минимальным временем задержки, что является важным при контроле медленно изменяющихся во времени функций, описывающих сложные технологические процессы, например, производства прецизионных магнитотвердых материалов.

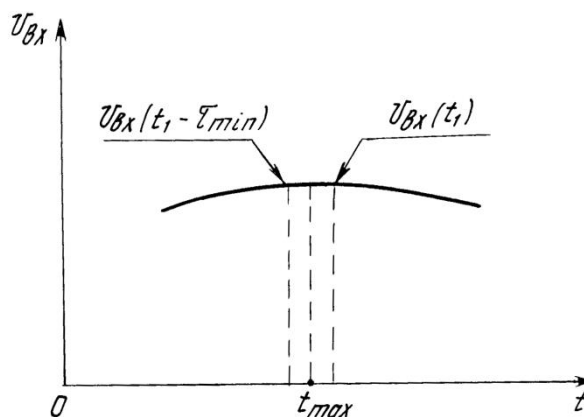


Рис. 2 Графическое представление изменяемой функции

важным при контроле медленно изменяющихся во времени функций, описывающих сложные технологические процессы, например, производства прецизионных магнитотвердых материалов.

### **Библиографический список**

1. Пат. 2067318 Российская Федерация, МПК G06G7/18. Устройство для определения экстремума функции / Фесенко А.И., Штейнбрехер В.В., Шленкин В.С., Климчиков В.И.; заявитель и патентообладатель Фесенко А.И., Штейнбрехер В.В., Шленкин В.С., Климчиков В.И. – № 5050107/09; заявл 30.06.1992; опубл. 27.09. 1996. – 4с.: ил.

**Пудовкин А.П., Колобов Р.В.**

### **МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: resbn@jesby.tstu.ru)

Повышение качества многослойных материалов связано и с применением неразрушающих методов контроля их качества. Использование в измерительных устройствах бесконтактных преобразователей позволяет проводить автоматизированный контроль.

На рис. 1 представлена схема устройства, реализующего метод контроля толщины слоев многослойного материала и сплошность их соединения [1]. Сущность метода состоит в следующем. С помощью П-образных электромагнитов измерительного 3 и эталонного 4 индукторов, установленных со стороны ферромагнитных слоев двухслойно-

го материала и эталонного образца, осуществляют контроль толщины нижнего слоя 1 материала на фиксированной частоте, при которой эквивалентная глубина проникновения вихревых токов меньше чем толщина этого слоя. Контроль толщины второго слоя и сплошность соединения слоев осуществляют с помощью двухобмоточных накладных катушек – измерительной 8 и эталонной 9, располагаемых со стороны второго слоя 2 материала и эталонного образца на двух частотах, причем первая частота выбирается такой, чтобы глубина проникновения вихревых токов была меньше толщины верхнего слоя, а вторая – больше. На первой частоте осуществляют контроль толщины верхнего слоя, а на второй – сплошность соединения слоев.

Вторичные обмотки электромагнитов измерительного 3 и эталонного 4 индукторов, а также катушек 8 и 9 включены последовательно – встречно соответственно. Напряжения, поступающие от вторичных обмоток эталонного электромагнита и эталонной накладной катушки постоянны, а напряжения от измерительного электромагнита и измерительной накладной катушки меняются в зависимости от изменения толщин соответственно нижнего и верхнего слоев, а также от изменения сплошности их соединения.

1 – нижний слой; 2 – верхний слой; 3 – измерительный индуктор; 4 – эталонный индуктор; 5, 10 – генератор; 6 – выпрямитель; 7 – указатель отклонения толщины нижнего слоя; 8 – измерительная двухобмоточная накладная катушка; 9 – эталонная двухобмоточная накладная катушка; 11 – демодулятор; 12 – усилитель; 13 – микропроцессорное устройство

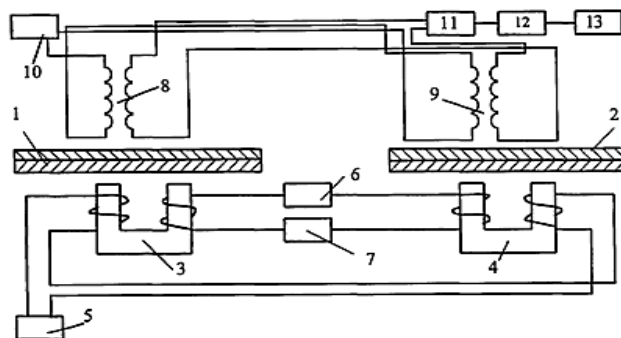


Рис.1 Схема устройства, реализующего метод контроля толщины и сплошности соединения слоев двухслойных материалов

Результирующий сигнал подается на демодулятор 11, на выходе которого создается выпрямленное напряжение, пропорциональное по величине изменению сплошности соединения слоев и толщины верхнего слоя от заданной эталонным образцом. Выпрямленный и усиленный сигнал усилителем 12 подается на вход микропроцессорного устройства 13, где сравниваются сигналы на первой и второй частотах и по разности напряжений судят об изменении сплошности соединения слоев двухслойного материала.



## Библиографический список

1. Метод непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла /Д.В. Семенов, А.П. Пудовкин // Вестник ТГТУ. – 2009. – Т. 15. - №3. – С.667 - 671.

*Пудовкин А.П., Панасюк Ю.Н., Колобов Р.В.*

### УСТРОЙСТВО НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(resbn@jesby.tstu.ru)*

Основными показателями качества многослойных материалов являются не только физические, геометрические и функциональные характеристики, но и технологические, например, отсутствие недопустимых дефектов типа расслоений материала. От соотношения толщин слоев многослойных материалов также в значительной мере зависят физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики изделий из этих материалов [1]. Улучшение качества многослойных материалов может быть успешно решено совместным совершенствованием производства и методов контроля качества продукции.

Рассмотрим устройство, реализующее метод непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев многослойных материалов [2], с отстройкой от влияния изменения зазора между преобразователем и контролируемым изделием. Стабилизация расстояния обеспечивается установкой преобразователей на вращающиеся ролики, которые постоянно находятся в контакте с материалом.

Устройство (рис. 1) состоит из основания 1 в виде скобы, в нижней части которой закреплены неподвижно ролики 2, а в верхней части – корпус 3, и преобразователей 4 и 5. В состав преобразователя 4

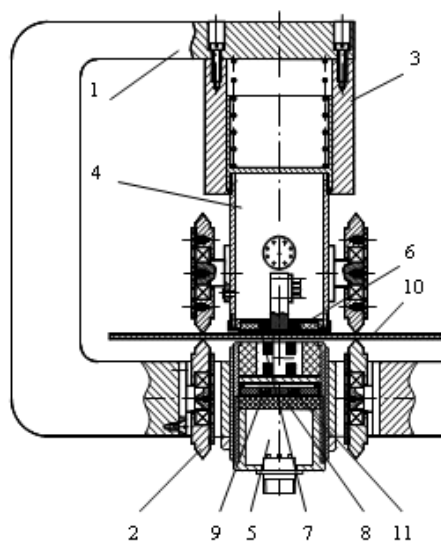


Рис.1 Устройство непрерывного контроля качества многослойных материалов

входят двухобмоточные накладные катушки измерительная 6 и эталонная 7, в состав преобразователя 5 - индукторы измерительный 8 и эталонный 9 соответственно.

Двухобмоточные накладные катушки 6 и 7 располагают с зазором относительно многослойного материала 10 и эталонного образца 11 соответственно. Вторичные обмотки катушек 6, 7 включены последовательно - встречно, а первичные обмотки катушек питаются переменным током от генератора на двух частотах, причем первая частота выбирается такой, чтобы глубина проникновения вихревых токов была меньше толщины контролируемого верхнего слоя материала, а вторая - больше.

Синусоидальный ток первой частоты, действующий в возбуждающих обмотках катушек 6 и 7, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем верхнем слое. Эти вихревые токи затухают по мере проникновения вглубь исследуемого объекта. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на вторичные обмотки катушек, наводя в них ЭДС, которые пропорциональны толщине измеряемого верхнего слоя материала и эталонна. Напряжение эталонной катушки постоянно, а напряжение измерительной катушки, контролирующее толщину верхнего слоя материала, меняется в зависимости от изменения этой толщины.

Двухслойный материал 10 и эталон 11 намагничиваются с помощью электромагнитов измерительного 8 и эталонного 9 индукторов на фиксированной частоте генератором. Индукторы установлены со стороны ферромагнитных слоев многослойного материала и эталона. Первичные обмотки электромагнитов питаются переменным током от генератора такой частоты, при которой эффективная глубина проникновения вихревых токов меньше, чем толщина нижнего слоя.

Во вторичных обмотках электромагнитов возникают напряжения, которые пропорциональны толщине измеряемого ферромагнитного слоя материала и эталона. Вторичные обмотки соединены так, что их напряжение в схеме сравнения направлены навстречу одно другому и результирующее напряжение будет пропорционально отклонению толщины от заданной эталоном.

Для измерения сплошности соединения слоев материала глубину проникновения вихревых токов выбирают больше чем толщина верхнего слоя, а отклонение толщины верхнего слоя и сплошность соединения слоев материала от эталона определяют соответственно на первой и второй частотах по изменению напряжения на второй обмотке измерительной катушки относительно напряжения вторичной обмотке катушки, расположенной над эталоном.

### *Библиографический список*

1. Пудовкин А.П. Неразрушающий контроль качества биметаллов и изделий из них /А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2003. - 156 с.

2. Метод непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла /Д.В. Семенов, А.П. Пудовкин // Вестник ТГТУ. – 2009. – Т. 15. - №3. – С.667 - 671.

*Рогов И.В., Бородавкин Д.Г., Андреев А.А., Анисимов А.А.*

### **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

В настоящее время в различных отраслях промышленности широко используются сыпучие материалы. В связи с этим особое значение имеет решение задач по определению и контролю их свойств, в том числе теплофизических.

Многие сыпучие материалы в процессе их хранения и транспортировки подвержены различным воздействиям, которые оказывают сильное влияние на их физические свойства. Такие материалы представляют собой системы из очень большого числа твердых частиц, отделенных друг от друга порами различной формы и размеров, заполненными, например, воздухом, что влияет на выбор метода и конструкции измерительной системы (ИС).

Поэтому разработка методов и измерительных систем [1] оперативного определения свойств сыпучих материалов является актуальной.

На рис. 1 представлена схема ИС для определения теплофизических свойств (ТФС) сыпучих материалов, достоинствами которой являются простота управления ходом опыта и сравнительно недолгий срок его проведения (порядка 10 минут).

Измерительная система состоит из следующих основных элементов: измерительной ячейки (ИЯ), блока питания (БП), блока управления нагревом (БУН) и персонального компьютера (ПК).

Измерительная ячейка представляет собой теплоизолированную емкость, в нижней части которой установлен нагреватель с закрепленными на нем и в некотором расстоянии от него термоэлектрическими преобразователями.

Тепловой поток через исследуемый образец, засыпаемый в ИЯ, задаётся подаваемым на нагреватель напряжением.

Для управления питанием нагревателя используется блок управления нагревом, подключенный к блоку питания.

Процесс управляется и контролируется программным обеспечением персонального компьютера, который взаимодействует с блоком управления нагрева посредством цифро-аналогового и аналогово-цифрового преобразователей.

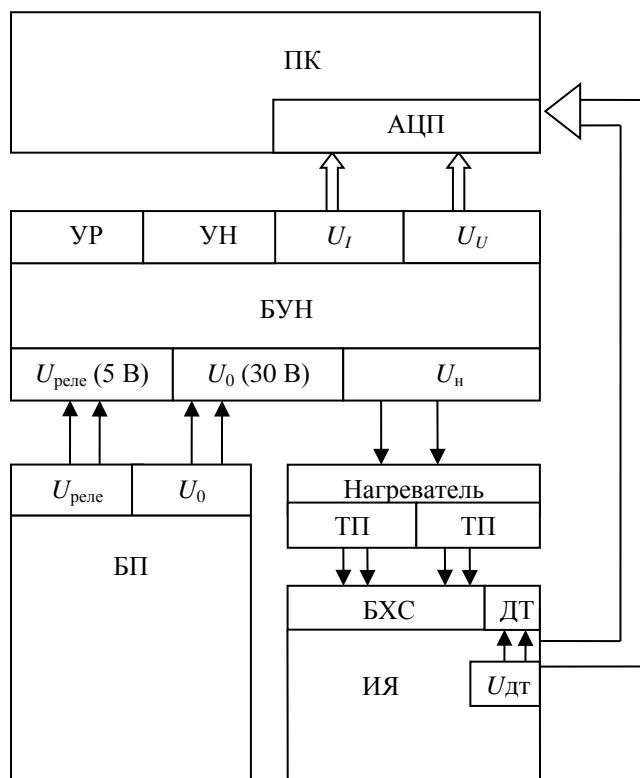


Рис. 1 – Схема ИС для определения ТФС сыпучих материалов:  
 АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; БП – блок питания;  
 БУН – блок управления нагревом; БХС – блок холодных спаев;  
 ДТ – датчик температуры; ИЯ – измерительная ячейка;  
 ПК – персональный компьютер; ТП – термоэлектрический преобразователь; УН – управление нагрузкой;  
 УР – управление реле; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;  
 $U_{\text{вых}}$  – цифровые выходы;  $U_{\text{дт}}$  – напряжение, подаваемое на датчик температуры;  $U_{\text{н}}$  – напряжение питания нагревателя;  
 $U_{\text{реле}}$  – напряжение питания реле;  $U_0$  – напряжения питания блока управления нагревом;  $U_I$  – напряжение датчика тока;  $U_U$  – напряжение датчика напряжения.

Рассматриваемая ИС позволяет определять ТФС сыпучих материалов по расчетным зависимостям, полученным при решении краевой задачи теплопроводности [2].

### *Библиографический список*

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов: учебное пособие / С.В. Мищенко, Ю.Л. Муромцев,

Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.

2. Многомодельный метод неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, Е.В. Пудовкина // Инженерно-физический журнал. – 2012. – Т. 85, № 1. – С. 188 – 194.

*Рогов И.В., Рожков А.В., Полунина Н.Ю., Гусев А.А.*

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ПРИБОРА ИТ–3**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(teplotehnika@nnn.tstu.ru)*

Теплофизические свойства (ТФС) являются важнейшими характеристиками веществ и материалов. Количественные расчеты тепловых и температурных полей реальных тел возможны только тогда, когда известны конкретные значения ТФС.

В связи с этим, разработка измерительных систем (ИС), обеспечивающих автоматизацию процесса измерения и повышение точности результатов, является актуальной.

Эффективность работы ИС напрямую зависит от метода определения ТФС, обеспечивающего адекватность физической и математической моделей тепловых процессов [1].

Схема автоматизированной ИС для определения теплофизических свойств твердых материалов представлена на рисунке 1. Основным элементом автоматизированной ИС является измерительная ячейка I (прибор ИТ-3), предназначенная для измерения коэффициента теплопроводности широкого класса веществ и материалов, в том числе грубодисперсных, сыпучих, резин в виде пластин и пакетов в стационарном тепловом режиме.

Тепловой поток через исследуемый образец II устанавливается посредством плоского электрического нагревателя 2. Для отвода тепла

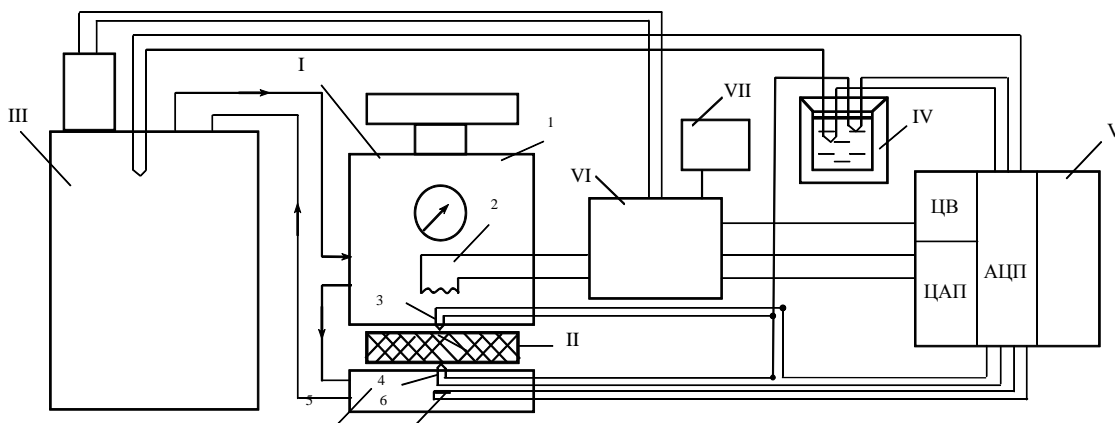


Рис.1. Схема автоматизированной ИС:

- I – прибор ИТ – 3; II – исследуемый образец; III – термостат;  
 IV – сосуд Дьюара; V – компьютер; VI – блок управления;  
 VII – блок питания; 1 – механизм перемещения;  
 2 – плоский электрический нагреватель;  
 3, 4 – ленточные термопары; 5 – холодильник;  
 6 – датчик теплового потока.

и поддержания постоянной температуры в системе термостатирования измерителя используется термостат III. Ленточные термопары 3 и 4 предназначены для измерения температуры образца и измерения разности температур на образце. Они помещены в эластичные резиновые прокладки, исключающие появление контактных термических сопротивлений. Для измерения теплового потока проходящего через образец в верхней части холодильника 5 установлен датчик теплового потока 6. Для поддержания свободных спаев термопар при температуре 0°C использовался сосуд Дьюара IV.

Механизм перемещения 1 позволяет вращением верхнего фланца поднимать или опускать подвижную внутреннюю вставку с нагревателем, обеспечивая возможность сначала вставить образец с прокладками, а потом плотно прижать весь пакет к охладителю [2].

Основным средством автоматизации системы является блок управления VI, обеспечивающий управление мощностью нагревателя и поддержание заданной температуры в термостате. Управление нагревом контролируется разработанным программным обеспечением с персонального компьютера V, взаимодействующего с измерительной платой PCI-1202. Программа посылает управляющие сигналы через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и цифровые выходы (ЦВ) платы на блок управления, который в свою очередь управляет процессом нагрева. Сигналы с термопар, установленных в измери-

тельной ячейке и термостате, а также сигналы с датчика теплового потока поступают на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) платы. Для питания схем блока управления предназначен стабилизированный источник постоянного тока VII.

Таким образом, разработанная на основе прибора ИТ–3 ИС, реализующая метод стационарного теплового режима, позволяет определять теплопроводность различных материалов.

### *Библиографический список*

1. Методы и средства неразрушающего теплового контроля структурных превращений в полимерных материалах : монография / Н. Ф. Майникова [ и др.] – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.

2. Автоматизированная система для измерения теплопроводности материалов на базе прибора ИТ-3 / А.В. Рожков, Н.Ю. Полунина, И.В. Рогов // Молодой ученый; ООО «Издательство Молодой ученый» . – 2014. – №11. – С. 101 – 104.

*Рябышенков А.С., Федосов А.Д.*

## **АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

*Национальный исследовательский университет  
«Московский исследовательский институт техники»  
г. Москва*

Повышение эффективности функционирования чистых помещений (ЧП) высокотехнологичных производств, предполагает разработку и внедрение строгой системы учёта технико-экологических мероприятий, где основополагающими являются научно-обоснованные сведения о физико-технических показателях атмосферного наружного воздуха. Следует иметь в виду, что основными характеристиками ЧП высокотехнологичных производств, является строгое соблюдение и поддержание внутрипроизводственной среды ЧП, а именно: температуры воздуха, относительной влажности, перепада давления, скорости воздушного потока, кратности воздухообмена, концентрации и размеров аэрозольных частиц пыли, уровня шума и вибрации, статического электричества, степени ионизации воздуха и др. Все эти параметры и характеристики неразрывно связаны между собой и оказывают непосредственное влияние на оптимальное, эффективное и экологичное функционирование ЧП высоких классов.

Для оптимального проектирования, рациональной эксплуатации, а также эффективного функционирования системы кондиционирования и фильтрации воздуха чистых помещений высокоэкологично-

го производства необходимо строго учитывать и анализировать динамику изменения климатических параметров наружного воздуха.

Проведем анализ наружного воздуха в городе Зеленограде в период 2014 года.

В таблице 1 представлены значения температуры воздуха, атмосферного давления, влажности, скорости и направления ветра для природно-технической геосистемы Зеленоградского АО г. Москвы за 2014 год.

Таблица 1. Максимальные и минимальные значения параметров наружного воздуха за тёплый и холодный периоды 2014г.

Год	Период года	Значение	Температуру воздуха, °С	Атмосферное давление, мм.рт.ст.	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	Направление ветра(дней)
2014	ТПГ	Макс.	32	755	79	7	С(38)
	ХПГ	Макс.	18	770	84	8	С(32)
	ТПГ	Мин.	0	733	63	3	С-В(6)
	ХПГ	Мин.	-19	725	75	1	С-В(8)

ТПГ – теплый период года-183 дня (апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь).

ХПГ- холодный период года-182 дня (октябрь, ноябрь, декабрь, январь, февраль, март).

На рис. 1 представлены розы ветров за ТПГ и ХПГ для природно-технической геосистемы Зеленоградского АО г. Москвы за 2014 год. Единичный отрезок – 10 дней.

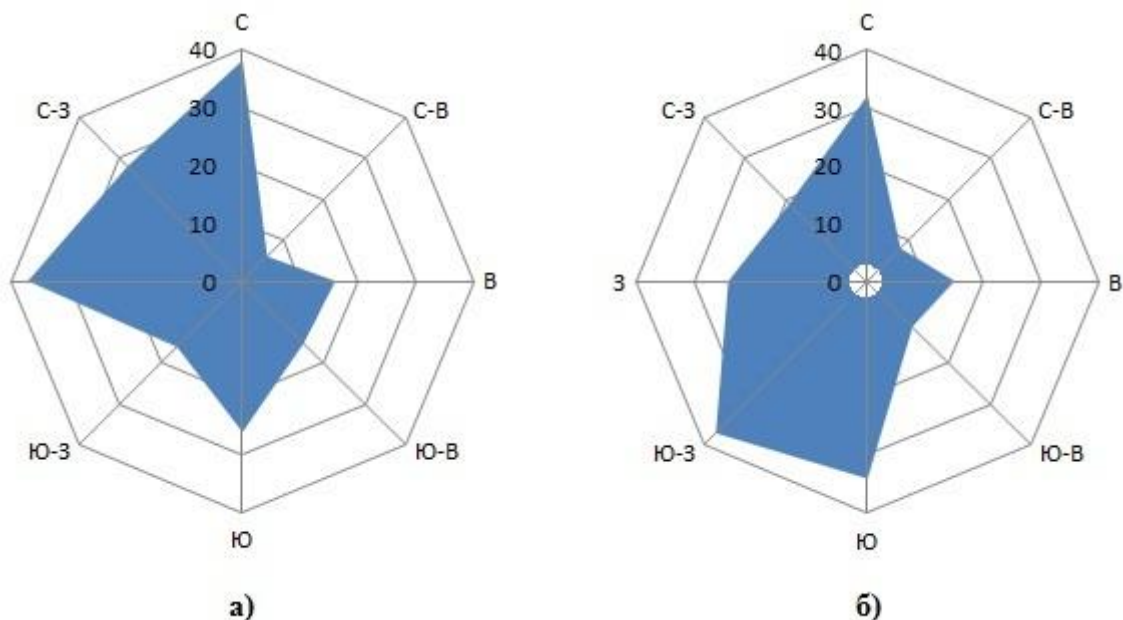


Рис.1 Розы ветров ТПГ(а) и ХПГ(б)



Анализ климатических параметров показал, что годовой максимум температуры наружного воздуха за 2014 год наблюдается в июле-августе (32°C), а минимум в январе (-19°C). Атмосферное давление колеблется в диапазоне от 725 мм.рт.ст. до 755 мм.рт.ст., а относительная влажность в диапазоне 63-84 %. Преобладает северное и северо-восточное направления ветров (13 и 20 ноября – штиль).

Основываясь на анализе параметров наружного воздуха и на расположении промышленных зон (промышленные объекты, тепловые станции), являющихся основными источниками загрязнения окружающей среды, необходимо учитывать места расположения вновь строящихся промышленных объектов (южная часть города) и оптимально эксплуатировать уже имеющиеся (преимущественно северная и северо-восточная части города).

### ***Библиографический список***

1. Рябышенков А.С. Анализ влияния параметров наружного воздуха на эффективность функционирования чистых помещений высокоэкологичного производства. Сборник материалов молодежного научного семинара «Эколог – профессия будущего» 18-20 ноября 2014 г. Куз ГТУ , 2014.317с.

***Севрюкова Е.А.***

## **ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»  
Россия, Москва, Зеленоград  
(melaly@mail.ru)*

Чистые помещения (ЧП) потребляют много энергии по сравнению с неклассифицированными зонами. Потребление энергии растет с увеличением требований к чистоте (ростом класса чистоты). Существующие международные стандарты носят общий характер и не учитывают специфику ЧП. Руководства по сбережению энергии в чистых помещениях даны в двух национальных стандартах: Великобритании и BS 8568:2013 [1] и Общества немецких инженеров VDI 2083 [2].

Высокий расход воздуха в системах вентиляции и кондиционирования зависит от кратностей воздухообмена и является основной причиной значительного потребления энергии. Следует также учитывать реальное выделение частиц при эксплуатации ЧП для обоснования необходимых расходов воздуха.

Одной из основных причин дорогих проектных решений и высокого потребления энергии является время восстановления [3].

Концентрация частиц в помещении носит статистический характер по своей природе, которую трудно учесть на стадии проектирования. На этой стадии отсутствуют точные данные по интенсивности выделения частиц. Поэтому при проектировании ЧП закладывается избыточность, чтобы гарантировать достижение заданного класса чистоты.

Наибольший интерес представляет время контроля в эксплуатации ЧП (рис. 1).

Использование голографического сенсора, размещенного в критических областях производства, позволит обеспечить раннее обнаружение возможных источников загрязнения.

Количественная оценка осаждения  $PDR_D$  может быть проведена следующим образом:

$$PDR_D = \frac{C_{final} - C_{initial}}{t_{final} - t_{initial}} \quad (1)$$

Где:  $C_{final}$  – конечная концентрация частиц на  $1 \text{ м}^2$ ;  $C_{initial}$  – начальная концентрация частиц на  $1 \text{ м}^2$ ;  $t_{final}$  – время в конце контроля, в часах;  $t_{initial}$  – время в начале контроля, в часах.

Зная размер частиц, осаждаемых на функциональные поверхности изделий и время экспозиции можно рассчитать риск загрязнения, исходя из данных PDL (Particle Deposition Level, уровень осаждения частиц), и уменьшить или увеличить кратность воздухообмена.

Резерв по чистоте не оценивается при существующем порядке испытаний и эксплуатации ЧП, что приводит к перерасходу энергии. При испытаниях ЧП должен быть определен резерв, который следует учесть при эксплуатации, т. е. ЧП должно работать при минимальной мощности.

Нужно выполнять оценку потребления энергии в три этапа:

- проектирование: учесть требования санитарных норм, местные вытяжки (отсосы), избытки теплоты и определить кратность воздухообмена для поддержания нужного класса чистоты с разумным запасом;

- испытания: определить реальное выделение частиц и возможность поддержания класса чистоты при низких кратностях воздухообмена, без ухудшения процесса;

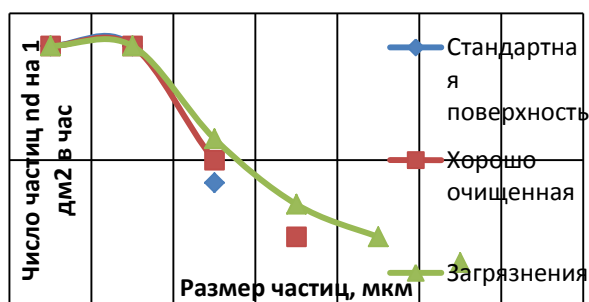


Рис. 1 Типичное осаждение частиц в ЧП.

– эксплуатация: проверить и подтвердить эту возможность, делая особый упор на методы эксплуатации.

Целесообразно оценить реальное выделение частиц при эксплуатации и проводить анализ тенденций с мониторингом (частым или непрерывным контролем). Эти данные могут служить обоснованием для низких кратностей воздухообмена.

### ***Библиографический список***

1. BS 8568:2013. Cleanroom energy – Code of practice for improving energy efficiency in cleanrooms and clean air devices.
2. VDI 2083 Blatt 4.2 Reinraumtechnik – Energieeffizienz. Beuth Verlag, Berlin (April 2011).
3. ISO 14644-3:2005. Cleanrooms and associated controlled environments – Part 3. Test methods.

***Серов И.А., Фесенко А.И.***

### **МЕТОД ДЕФЕКТОСКОПИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(ivan.serov93@gmail.com, fesenkoai@rambler.ru)*

Многие воздушные линии электропередачи напряжением 35–750 кВ были построены в РФ в 60–70-х годах прошлого века. Сроки их эксплуатации превышают нормативные и составляют 40–50 и более лет. Проблема продления ресурса и обеспечение надежной и безаварийной работы этих линий является весьма актуальной. Инструментальный контроль технического состояния проводов и грозотросов, а также других элементов оборудования воздушных линий (ВЛ) и подстанций – определенный ряд мероприятий, проводимых сетевыми компаниями с целью повышения эксплуатационной готовности ВЛ.

Данный метод относится к неразрушающему контролю материалов, в частности проводящей проволоки, и может быть использован в лабораторных и цеховых условиях для контроля локальных неоднородностей структурной нестабильности и качества проволоки.

Для достижения поставленной технической задачи участок системы механической протяжки проволоки разделен на четыре части (рис 1) с электрическими сопротивлениями R1, R2, R3, R4, включенными в мостовую схему Уитсона (рис 2).

На рис 1 показана схема механической протяжки проволоки, где 1 и 2 - подающий и приемный валы осуществляют протяжку

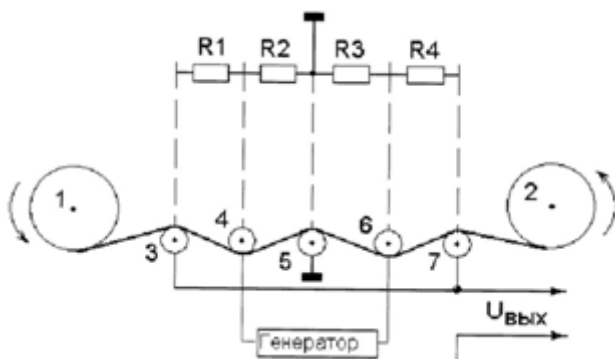


Рис. 1



Рис. 2

контролируемого провода с заданной скоростью, 3, 4, 5, 6, 7 - фрикционы, обеспечивающие натяжение провода и надежные электрические контакты. Отрезки провода между этими фрикционами имеют электрические сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ , включенные в мостовую схему, питаемую генератором импульсов. Выходное напряжение моста  $U_{\text{вых}}$  несет информацию о величине разбаланса моста (рис 2) и, соответственно, появлении дефекта.

Дефектоскопия – эффективный метод неразрушающего контроля и диагностики технического состояния биметаллических (сталеалюминиевых) неизолированных проводов и стальных грозотросов. Находит все более широкое применение в практике обследований ВЛ напряжением 35–500 кВ, проводимых с целью оценки технического состояния линейного оборудования. Параметр состояния провода/грозотроса – коэффициент запаса остаточной прочности, рассчитанный по данным дефектоскопии, позволяет придать результатам неразрушающего контроля привычный инженерный смысл. Этот показатель может служить дополнительным аргументом при принятии эксплуатационным персоналом соответствующих решений, что может сократить многомиллионные расходы на ремонтно-восстановительные работы или замену проводов и грозотросов.

### *Библиографический список*

1. Пат. 2424507 Российская Федерация, МПК G01N27/20. Способ дефектоскопии / Мищенко С.В., Фесенко А.И.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет". – № 2010115026/28; заявл 14.04.2010; опубл. 20.07.2011. – 4с.: ил.

2. Волоховский, В.Ю. Магнитная дефектоскопия проводов и грозотросов воздушных линий электропередачи / В.Ю. Волоховский, А.Н. Воронцов, Д.В. Сухоруков, В.В. Цуканов, М.С. Артемьев, В.В. Чернецов// Энергоэксперт. – 2014. - №3. – С. 62-67

**Сычёв А.А.**

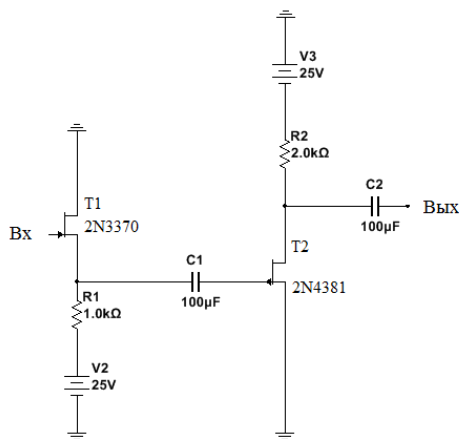
## **МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(aa-sichev@mail.ru).*

Электромагнитные флуктуации обусловлены броуновским движением релаксаторов полимерной системы – по сути, фундаментальным явлением в природе. Это явление легло в основу одного из методов исследования физических свойств материалов, в частности, полимеров, как в равновесном состоянии, так и при изменении температуры. Сущность метода электромагнитных флуктуаций заключена в регистрации флуктуационных сигналов, возникающих на зажимах первичного измерительного преобразователя (ПИП) емкостного типа и анализе полученных данных о полимерной системе.

ПИП представляет собой конденсатор с исследуемым материалом в качестве диэлектрического слоя. Измеряемый параметр – флуктуационное напряжение, существующее на электродах ПИП  $-u(t)$ . Для того, чтобы использовать  $u(t)$  для получения измерительной информации – необходим предварительный усилитель, способный без искажений обрабатывать сигнал для ввода в измерительную систему.

Для исследования была разработана схема первого каскада усилителя на полевых транзисторах с управляющим PN-переходом (рисунок 1).



**Рис. 1 – Принципиальная схема предварительного усилителя**

Особенностями усилительного каскада, построенного по комбинированной схеме «общий сток – общий исток») являются: высокое входное сопротивление и достаточно большой коэффициент усиления. Зависимость коэффициента усиления  $K$  от частоты (рис.2) позволяет использовать такой каскад в широком частотном диапазоне ( $1-10^6$ ) Гц, что вполне достаточно для анализа как релаксационных явлений полимерных систем, так и для определения их физических свойств [1,2]. Моделирование работы усилителя проведено в программе Multisim, обработка результатов – в приложении Matlab.

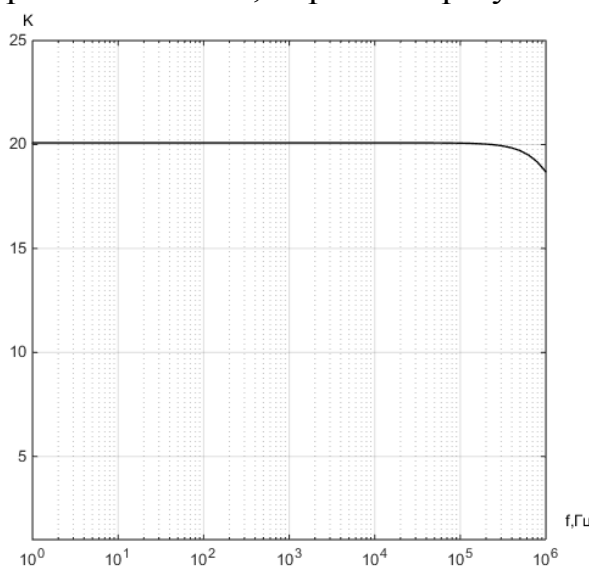


Рис.2 Зависимость  
коэффициента усиления  
от частоты

### **Библиографический список**

1. Ивановский В.А. Исследование влияния молекулярной подвижности на электрические флуктуации полимеров и разработка метода контроля их физических свойств. Дис...канд. техн. наук: 05.11.13: защищена 10.09.86: утв. 11.02.87.- М.: НИИИН, 1986.- 130 с.
2. Ивановский В.А., Термоэлектрофлуктуационный метод исследования полимеров /В.А. Ивановский, Ю.В. Зеленев// Высокомолекулярные соединения, сер. А, т.32, 1990, № 7, с.1560 – 1563

**Трофимов Д.В., Хромый К.С., Ярмизина А.Ю., Жуков Н.П.**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ**

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: teplotehnika@nnn.tstu.ru)

В данной работе представлены результаты численного исследования температурных полей, возникающих в двухслойных изделиях,

определена возможность определения дефекта в виде металлического включения на границе раздела полимерное покрытие из поливинилиденфторида – подложка из стали. Подложка зонда выполнена из теплоизолятора. Объект состоит из двух слоев. Первый слой имеет свойства: теплопроводность  $\lambda_1$ , теплоёмкость  $c_1$ , плотность  $\rho_1$ . Второй слой – с теплофизическими свойствами:  $\lambda_2$ ,  $c_2$ ,  $\rho_2$ . Значения температуры в точках контроля определяются с помощью термопреобразователей (ТП). Регистрируют термограммы – зависимости температуры от времени [1].

В основе метода НК двухслойных изделий лежит предположение, что на термограмме имеются участки (рабочие), для которых обеспечивается высокая точность совпадения с результатами вычислительных экспериментов по аналитическим моделям. Этим участкам соответствуют режимы, вышедшие на стадию регуляризации теплопереноса для локальной области тела. Полученные ранее решения краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, в форме, пригодной для использования на рабочем участке термограммы, были использованы для получения математических выражений для расчета толщины покрытий на металлических основаниях.

Использовано моделирование температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ Elcut Student. Составлены описание задачи, ее геометрия, свойства сред, источники тепла, граничные и другие условия моделирования.

Контролировали температуру в точках, расположенных на оси нагревателя: на границе раздела подложка зонда – покрытие; в середине слоя покрытия; на границе раздела покрытие – металл. Полученные данные позволяют выделить на термограммах рабочие участки, характеризующиеся независимостью от времени отношения теплового потока в любой точке покрытия к потоку тепла на его поверхности. Можно сделать вывод о реализации режима регуляризации теплопереноса и одномерного распространения тепла для локальной области объекта. Таким образом, ранее полученное решение краевой задачи нестационарной теплопроводности в системе двух тел, нагреваемых через бесконечный плоский нагреватель тепловым потоком постоянной мощности, можно использовать для расчета толщины покрытия [1].

Схема моделирования с целью контроля наличия дефекта покрытия в виде металлического включения на границе раздела: покрытие – металл, представлена на рис.

Полученные данные позволяют выявить наличие дефекта в виде металлического включения диаметром 5 мм и толщиной 0,5 – 0,75 мм. Определить толщину металлического включения размером 5 мм и менее в исследуемом объекте

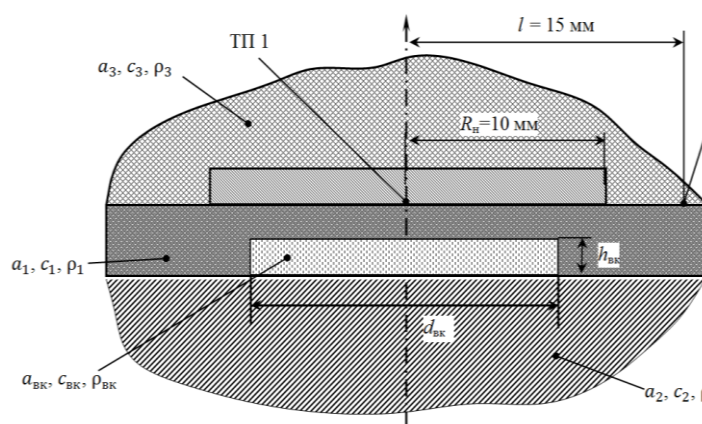


Рис.1 Схема моделирования включений в изделии при НК.

разрабатываемым способом при данных условиях испытаний не представляется возможным. При наличии дефекта покрытия, диаметром 10 мм и более, определить толщину дефекта возможно при значениях  $h_{вк} = 0,25$  и более по данным, полученным с помощью термоприёмника ТП 1. Для дефектов, диаметром более 20 мм и толщиной  $h_{вк} = 0,1 - 0,75$  мм, возможно определение размеров по данным термограмм, полученных также термоприёмником ТП 1.

Таким образом, решение, полученное ранее, можно использовать для расчета ТФС и определения толщины поливинилиденфторида на металлических основаниях. Появляется также возможность выявить наличие дефекта покрытия (в виде металлического включения) и даже определить его размеры (диаметр и толщину) при определенных условиях проведения исследования.

Реализацию контроля качества полимерных покрытий на металлических основаниях согласно представленному в данной работе методу осуществляют с помощью измерительной системы, детальное описание которой представлено в работе [2].

### **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. Майникова, Н.Ф. Измерительная система и метод неразрушающего контроля структурных превращений в полимерных материалах// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – №1 – С. 56 – 61.



*Попов А.В., Фесенко А.И.*

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В НАПРЯЖЕНИЕ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(popovandrey993@gmail.com, fesenkoai@rambler.ru)*

Комплексная автоматизация производственных процессов является одним из главных направлений технического процесса и способствует дальнейшему повышению производительности труда и улучшению условий производства. При эксплуатации мощных электродвигателей измерение температуры обмотки и других частей двигателя, а также охлаждающего воздуха производят термометрами расширения, термопарами и терморезисторами. Для измерения температуры обмоток часто пользуются и косвенным методом — измерением их сопротивлений при постоянном токе[1]

Для передачи данных о температуре двигателя на диспетчерский пульт необходим преобразователь температуры в напряжение.

Предлагаемый преобразователь [2] относится к измерительной технике и может найти широкое применение в термометрии. Преобразователь температуры в напряжение (Рис. 1) содержит последовательно соединенную термопару и усилитель, источник опорного напряжения, аналоговое делительное устройство и дифференциальный усилитель, первый масштабный преобразователь и второй масштабный преобразователь. Выход усилителя через первый масштабный преобразователь подключен ко второму входу сумматора, а выход сумматора связан со вторым выходом аналогового делительного устройства. Вход квадратора соединен с выходом усилителя и входом первого масштабного преобразователя, а выход подключен к первому входу аналогового делительного устройства. Технический результат: повышение точности работы преобразователя температуры в напряжении с возможностью его настройки и калибровки.



Рис.1

Недостатком известных аналогичных устройств является сложность настройки и калибровки преобразователей, а так же отсутствие возможности передачи данных на диспетчерский пульт.

Преобразователь температуры в напряжение позволит контролировать на расстоянии температуру двигателя.

### *Библиографический список*

1. Пат. 2480719 Российская Федерация, МПК G01K7/02. Преобразователь температуры в напряжение/ Мищенко С.В., Фесенко А.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет". – № 2011148865/28; заявл 30.11.2011; опубл. 27.04.2013. – 5 с.: ил.

2. Крамарухин, Ю. Е. Приборы для измерения температуры. - М.: Машиностроение., - 1990. – С.4-205

***Ушаков А.В., Баршутин С.Н., Чернышов В.Н.***

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА БАЗЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ЛАКА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Тамбов, Россия  
(aspirs@yandex.ru)*

Эксперименты проводились с кремнийорганическим лаком марки КО-815. Для получения необходимой толщины пленки производили его разбавление с толуолом в заданных пропорциях целью уменьшения вязкости. Полученный раствор полимера наносили в центрифуге при 1500 об/мин на заранее отполированный контакт с формой окружности заданной площадью. Контакт имел поверхность с высоким классом чистоты. Шероховатость не должна превышать 50 Нм, иначе будет происходить повреждение сформированной полимерной пленки и как следствие короткое замыкание измерительной ячейки. Для контроля толщины образованной пленки применяли интерферометр Линника. При разбавлении 1 к 1 толщина находилась в пределах 100 нм (визуально можно наблюдать интерференционную картину-оттенок синего цвета).

Затем контакт с нанесенной пленкой и второй полированный контакт (аналогичный первому, но без пленки), устанавливаемый сверху помещали в термостат. Термостат представляет собой закрытый объем, который непрерывно охлаждается жидким азотом или нагревается источником внешнего теплового излучения. Вследствие этого измерительная ячейка может обладать температурой от  $-180^{\circ}\text{C}$

до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Внутри термостата установлена термопара, посредством которой производится измерение температуры на всем протяжении эксперимента. Таким образом, измерительная ячейка, состоящая из контакта с пленкой и контакта без пленки, находилась в области с заданной температурой. Создаваемые условия позволяют наблюдать за характеристикой проводимости измерительной ячейки при различных температурах. Это очень важно, так как влияние тепловых токов искажает реальную картину прохождения электрического тока через структуру.

Ниже приведены вольтамперные характеристики образцов.

По результатам экспериментов были построены вольт-амперные характеристики образцов.

На рис. 1 видно, что при температуре  $15^{\circ}\text{C}$  зависимость имеет практически линейный характер. Некая неравномерность нарастания тока связана с тепловыми токами, протекающим через структуру вследствие достаточно высокой температуры. На всем протяжении вольт-амперная характеристика не имеет резких скачков тока.

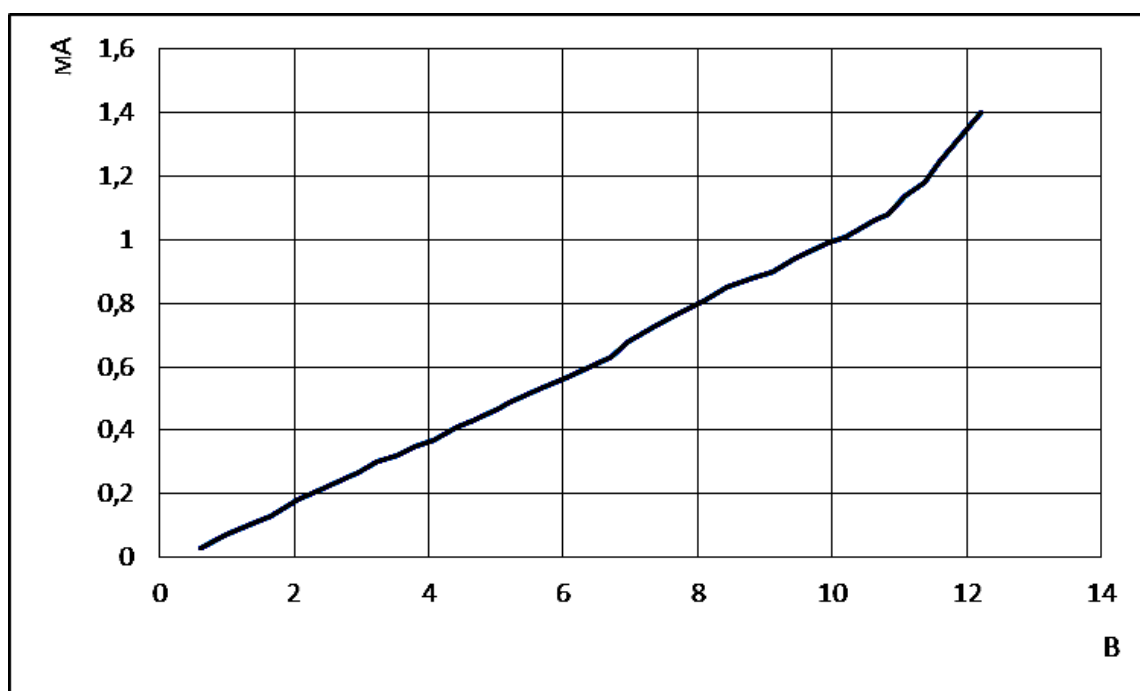


Рис. 1. Разбавление 1:2 температура  $15^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 2 при температуре  $-196^{\circ}\text{C}$  зависимость имеет линейный характер. В отличие от рис. 1 ток нарастает плавно, это и подтверждает влияние тепловых токов на измерительную ячейку при сравнительно высоких температурах.

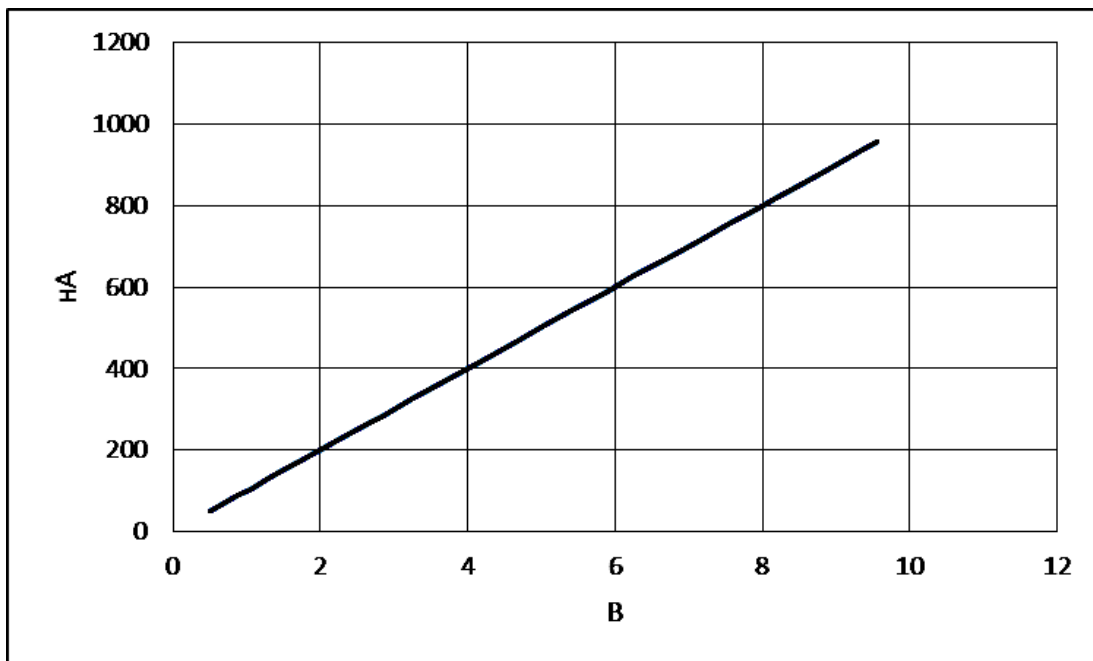


Рис. 2. Разбавление 1:1, температура  $-196^{\circ}\text{C}$ .

*Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н.*

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФУЛЛЕРЕНАМИ C60  
ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
(aspire@yandex.ru)*

Эксперименты проводились с наномодифицированным углеродом марки C60 с 99% чистоты. Навеску фуллеренов марки C60 растворяли в заданном объеме толуола. Полученный раствор смешивали с кремнийорганическим лаком типа КО-815 в соотношении 1к 1. Лак КО-815 на основе толуола. Смесное свойство растворимости двух ингредиентов (фуллеренов и лака кремнийорганического КО-815) дало возможность создания измерительной ячейки. Полученный раствор полимера наносили в центрифуге при 1500 об/мин на заранее отполированный контакт с формой окружности заданной площадью. Контакт имел поверхность с высоким классом чистоты. Шероховатость не должна превышать 50 нм, иначе будет происходить повреждение сформированной полимерной пленки и как следствие короткое замы-

кание измерительной ячейки. Для контроля толщины образованной пленки применяли интерферометр Линника. При разбавлении 1 к 1 толщина находилась в пределах 100 нм (визуально можно наблюдать интерференционную картину- оттенок синего цвета).

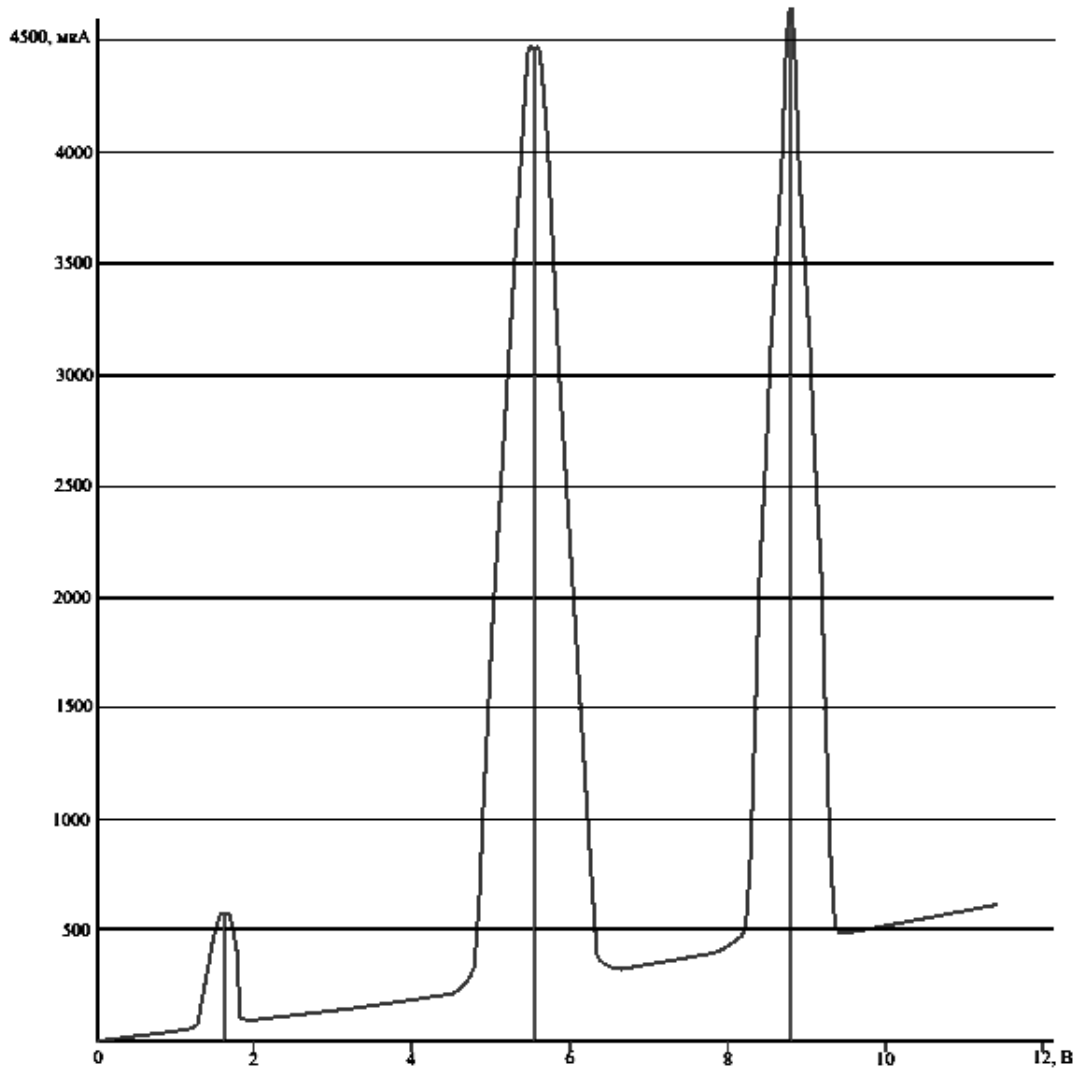


Рис. 1. Вольтамперная характеристика образца из полимерной пленки на основе кремнийорганического лака с добавлением фуллеренов температура  $-196^{\circ}\text{C}$ .

Затем контакт с нанесенной пленкой и второй полированный контакт (аналогичный первому, но без пленки), устанавливаемый сверху помещали в термостат. Термостат представляет собой закрытый объем, который непрерывно охлаждается жидким азотом или нагревается источником внешнего теплового излучения. Вследствие этого измерительная ячейка может обладать температурой от  $-196^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Внутри термостата установлена термопара, посредством которой производится измерение температуры на всем протяжении

эксперимента. Таким образом, измерительная ячейка, состоящая из контакта с пленкой и контакта без пленки, находилась в области с заданной температурой. Создаваемые условия позволяют наблюдать за характеристикой проводимости измерительной ячейки при различных температурах. Это очень важно, так как влияние тепловых токов искажает реальную картину прохождения электрического тока через структуру.

Ниже приведена вольтамперная характеристика образца, полученного выше описанным способом. Токовые всплески появились уже при комнатной температуре и увеличились в 4 раза при снижении температуры до  $-196^{\circ}\text{C}$  (рис.1). При увеличении напряжения на измерительной ячейке всплески тока повторились три раза. Такого явления мы не наблюдали при снятии вольт- амперной характеристики полимерной пленки без нанобъектов.

Проводя анализ вольтамперной характеристики, видно наличие всплесков тока на потенциалах соответствующих значению энергетических уровней фуллеренов.

**Чернышов В.А.\*., Чернышов А.А.\*, Печагин Е.А.\*\*., Егоров М.Г.\*\*.**

### **КРИТЕРИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

\* Орловский государственный аграрный университет, Россия, Орел,

\*\* ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов

([suroot@mail.ru](mailto:suroot@mail.ru), [pechagin\\_ea@mail.ru](mailto:pechagin_ea@mail.ru)).

Для оценки эксплуатационной безопасности электрической сети был обоснован критерий. Критерий эксплуатационной безопасности электрической сети выражается функцией  $K(n,m)$ , где  $n$  – общая протяженность линий, входящих в рассматриваемую электрическую распределительную сеть,  $m$  – протяженность линий, находящихся в хорошем техническом состоянии.

Структура функции  $K(n,m)$  может быть записана в виде формулы:

$$K = \alpha_1 t + \beta_1 t^2, \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \beta_1$  – безразмерные параметры линейной модели критерия эксплуатационной безопасности электрической распределительной сети;  $t$  – отношение протяженности линий ( $m$ ), находящихся в хорошем техническом состоянии к общей протяженности линий, входящей в электрическую распределительную сеть, изменяется в пределах  $0 \leq t \leq 1$ .

Безразмерные параметры линейной модели  $\alpha_1, \beta_1$  критерия эксплуатационной безопасности электрической распределительной сети, при вышеуказанных значениях  $t$ , определяются из системы уравнений:

$$\begin{cases} \alpha_1 + \beta_1 = 1 \\ 2\alpha_1 + \beta_1 = 2,5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha_1 = 1,5 \\ \beta_1 = -0,5 \end{cases} \quad (2)$$

- при условии, что  $t=1 \rightarrow K=1$ , т.е.  $\alpha_1 + \beta_1=1$ ;

- при условии, что  $t=0,5 \rightarrow K=\frac{1}{5}$ , т.е.  $0,5\alpha_1 + 0,25\beta_1=0,625$ .

Таким образом, критерий эксплуатационной безопасности электрической распределительной сети определяется уравнением:

$$K = 1,5 \frac{m}{n} - 0,5 \frac{m^2}{n^2} = \frac{(3n - m)m}{2n^2} \quad (3)$$

Задавая исходные данные общей протяженности линий, например ( $n=120 \dots 200$  км), и данные протяженности данных линий, находящихся в хорошем техническом состоянии, например ( $m=40 \dots 120$  км), и, вводя функцию для расчета критерия эксплуатационной безопасности электрической сети, строим графики зависимости критерия эксплуатационной безопасности сети от общей протяженности линий и от протяженности линий, находящихся в хорошем техническом состоянии (рис.1-2).

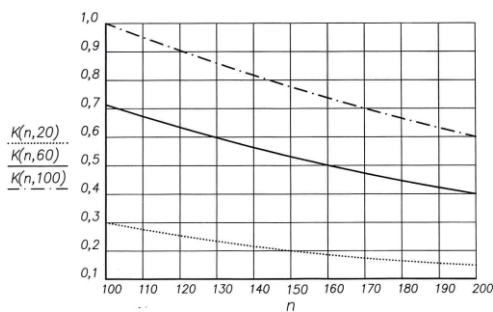


Рис. 1 – Зависимость критерия эксплуатационной безопасности ( $K$ ) от общей протяженности линий, распределительной сети ( $n$ ) при  $m=20, 60, 100$  км

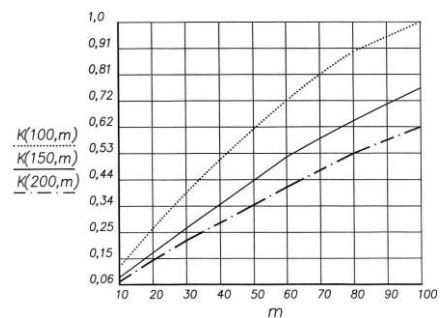


Рис. 2 – Зависимость критерия эксплуатационной безопасности ( $K$ ) от протяженности линий в хорошем техническом состоянии ( $m$ ) при  $n=100, 150, 200$  км

При увеличении протяженности линий, находящихся в хорошем техническом состоянии критерий эксплуатационной безопасности  $K$  увеличивается. При увеличении общей протяженности линий, входящих в рассматриваемую электрическую сеть критерий безопасности  $K$  снижается. Так из графика (рис.1) можно сделать вывод, что при равных общей протяженности и протяженности линий находящихся в хорошем состоянии критерий эксплуатационной безопасности  $K=1$ , т.е.

эксплуатация электрической распределительной сети теоретически наиболее безопасна[1].

В виду того, что существующие в настоящее время методы оценки технического состояния линии электропередачи не предусматривают критерий, обобщающий параметры технического состояния ее элементов: опор, изоляторов, проводов, трассы линии, разработан обобщенный критерий, позволяющий более объективно и дифференцированно, качественно и количественно оценить техническое состояние линии электропередачи распределительной сети с учетом состояния ее отдельных ее элементов и получить сведения для оценки безопасности:

$$T = \frac{15 \cdot S_2 - 14 \cdot S_1 - S_3}{360 \cdot n} \quad (4)$$

где:  $S_1 = \sum_{i=1}^n t_i$  - сумма баллов при оценке элемента ВЛ;  $S_2 = \sum_{i=1}^n t_i^2$  - сумма квадратов баллов при оценке элемента ВЛ;  $S_3 = \sum_{i=1}^n t_i^3$  - сумма кубов баллов при оценке элемента ВЛ; число оцениваемых элементов ВЛ:  $n$ ; вариация балов при оценке:  $t \in [1 \dots 10]$ .

На основании экспертной оценки критерия технического состояния линий электропередачи, проведенного среди ведущих специалистов Орловских, Мценских, Ливенских электрических сетей Орловской области, было проведено его деление на 3 диапазона, определяющих техническое состояние линии электропередачи:

$0 \leq T \leq 0,3$  - неудовлетворительное техническое состояние;

$0,3 < T \leq 0,6$  - удовлетворительное техническое состояние;

$0,6 < T \leq 1,0$  - хорошее техническое состояние.

Обобщенный критерий позволит более объективно и дифференцированно, качественно и количественно оценить техническое состояние линии электропередачи распределительной сети с учетом состояния ее отдельных ее элементов и снизить экономический ущерб от аварий[2].

### ***Библиографический список***

1. Чернышов, В.А. Безопасная эксплуатация электрических сетей с изолированной нейтралью при возникновении замыканий на землю [Текст] / В.А. Чернышов // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью». - Екатеринбург, 2007. - С. 298-302.

2. Водяников В.Т. Экономическая оценка средств электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства и систем сельской энергетики: Учебное пособие [Текст] / В.Т. Водяников.- М.: МГАУ, 1997.-230 с.



*Чечетов К.Е.*

## **БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: chechetovke@mail.ru)*

В настоящее время остро стоит вопрос энергосбережения и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов на производствах. Одной из возможных предпринимаемых для этого мер является повышение качества изготавливаемой продукции и снижение брака, т.к. при производстве несоответствующего требованиям изделия необходимо затратить не меньше ресурсов, чем на годное. Для таких промышленных сфер как печатная, химическая, горнодобывающая, косметическая, фармацевтическая, сельское хозяйство и биология важным контролируемым параметром продукта и технологического процесса является поверхностное натяжение (ПН). Существует большое количество методов измерения ПН жидкостей, в основу которых положены различные физические эффекты [1, 2]. Большинство этих методов являются контактными. При контроле полимеров, расплавов металлов, химически активных жидкостей применение таких методов вызывает трудности, устранить которые позволяют бесконтактные методы.

Одним из бесконтактных методов является аэродинамический, предложенный в [3], который заключается в измерении высоты углубления на поверхности жидкости, сформированного газовой струей. Малые размеры формируемого углубления требуют трудоемких и сложных измерительных операций, что является недостатком данного метода. При увеличении размеров углубления растет влияние плотности на результат измерения, в результате чего падает точность.

Для снижения влияния плотности  $\rho$  на результат измерения ПН возможно применение метода, заключающегося в следующем: производят измерение высоты углубления  $h_1$ , сформированного силовым действием  $F_1$  струи, затем увеличивают силу действия струи до значения  $F_2$  и измеряют новое значение  $h_2$  высоты углубления. ПН  $\sigma$  жидкости рассчитывают по полученным значениям  $h_1$  и  $h_2$ .

Силе  $F$ , создаваемой струей газа, противодействуют выталкивающая сила  $F_p$  и сила  $F_\sigma$ , создаваемая ПН  $\sigma$  жидкости, то есть

$F = F_p + F_\sigma$ , или  $k \frac{\pi d^2 \mu}{2} P = \rho g V + 2\pi R \sigma \sin \gamma$ , где  $k$  – коэффициент формы углубления на поверхности жидкости;  $d$  – диаметр отверстия, из которого вытекает газовая струя, м;  $\mu$  – коэффициент расхода;  $P$  – из-

быточное давление газа перед отверстием истечения, Па;  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $V$  – объём углубления 2 высотой  $h$  и диаметром  $2R$ , ограниченный сверху плоскостью недеформированной поверхности 3 жидкости 1 (рис. 1), м<sup>3</sup>;  $R$  – радиус углубления 2 в плоскости недеформированной поверхности 3, м;  $\gamma$  – угол наклона касательной к поверхности жидкости в вертикальной осевой плоскости на уровне недеформированной поверхности 3 относительно горизонтали, рад.

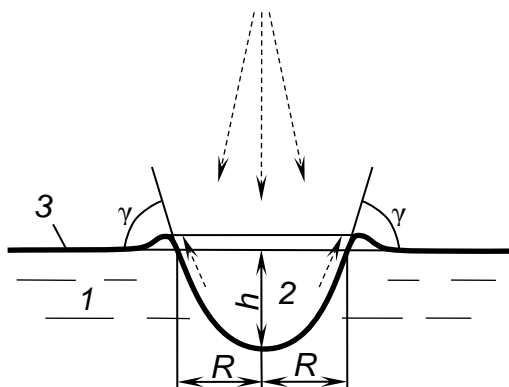


Рис. 1 Формируемое струей газа углубление

углубления зависит только от плотности  $\rho$  жидкости и изменения  $\Delta F = F_1 - F_2$  силы действия струи.

Таким образом, по высоте  $h_1$  углубления судят о поверхностном натяжении жидкости, а с использованием величины  $\Delta h$  производят компенсацию влияния плотности жидкости на результат измерения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-31060-мол\_а.

#### Библиографический список

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. - М.: Мир, 1979. 568 с.
2. John G. Webster. The measurement, instrumentation, and sensors handbook. - CRC Press LLC, 1999. 2630 p.
3. Pfund A. H., Greenfield E. W. Surface-tension measurements of viscous liquids // Ind. Eng. Chem. 1936. Vol. 8. No. 2. Pp. 81-82. DOI: 10.1021/ac50100a001.

## СЕКЦИЯ 5

# ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

---

*Frolova M.S., Frolov S.V.*

### INFORMATION MODELING IN THE HEALTH-CARE PROCUREMENT

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia  
(e-mail: mashaflor@gmail.com)*

Medical devices belong to the complex equipment that has numerous parameters and characteristics. The construction of a data-set containing information about medical devices is a crucial task when it comes to the evaluating of the equipment.

One of the crucial requirements for evaluating a medical device is the construction of a data-set containing information about the equipment. Indeed, relevant parameters are sometimes difficult to acquire due to the large amount of diffused, heterogeneous data to be collected, so an important improvement to the relevance of the extracted knowledge regarding the choice of medical devices will be to construct a data-set which is centered on what interests decision-makers in the hospital; solutions representing high-performance system behavior. The search of high-performance solutions is the aim of many optimizations methods. In order to find these solutions, it is necessary to research which decision variables are important to build a “good solution” in order to find an optimal model of medical device. It is also crucial to know how to identify the characteristics of the medical device.

Indeed, relevant parameters are sometimes difficult to acquire due to the large amount of diffused, heterogeneous data to be collected. Data-set must be centered on the parameters that are needed in the in the hospital. It is crucial to know how to identify the characteristics of the medical device. When a database of medical devices is being developed or when several medical devices are to be compared, a certain approach must be implemented to evaluate these devices.

The proposed methodology is based on the development of information models of a medical device. The information models help, firstly, to characterize and evaluate medical devices and, secondly, by this characterization, to find an optimal solution - models that fulfill all of the requirements and have the minimal associated costs.

Moreover, via the characterization of high-performance solutions, we can propose to decision-makers several models of a medical device that

fulfill all of the requirements of the hospital. This aspect is highly interesting because conditions could change and one solution could become difficult to implement for economic reasons. With the proposed methodology, another sufficiently effective solution is proposed without an additional complete study. Several alternative solutions could be proposed.

With this approach decision-makers could focus their attention on the evaluation of the parameters that are important to their hospital. These parameters being targeted could then stimulate operational performance and the level of health-care will be raised. In addition, the selection of optimal models that is undertaken by the decision support system will help decision-makers to improve their profits through the analysis of the best solutions.

Our methodology requires the development of information models which will allow for not only the structuring of all of the parameters of medical devices, but also to introduce the hierarchy of parameters according to their criticality and their impact on the work of the hospital.

An information model is an organizational framework that is used to categorize information resources. Designing an effective, comprehensive information model is a critical and sometimes formidable step in developing a resource that will help with the understanding of a medical device structure. A decision support system that will make information accessible must be built upon an information model of medical devices.

In order to list all parameters that can be used in the information models, procurement of medical devices in Russia have been analyzed. Tender documentation has been investigated with the help of the official site [zakupki.gov.ru](http://zakupki.gov.ru). The overall goal of this analysis was to identify the most important factors associated with the procurement of medical devices.

The analysis has also shown that the most significant factor during the health-care agency procurement of medical devices is the specification of the medical device detailing its options and configurations. To better understand and evaluate medical devices it is suggested to develop information models for medical devices.

We suggest an approach of theoretical multiplicity to be used in the decision support system for the development of information models. The aim of the information model is to categorize all of the parameters of the medical device, so that the decision support system can be created.

In order to develop such a model, all of the parameters of the medical device should be divided into the following groups.

When a medical device is procured in the hospital, all of these parameters should be manually evaluated by the decision-maker in order to choose an optimal biochemistry analyzer. In addition, the price should be taken into consideration. This tedious process can be optimized with the help of decision support system.

Абдулкарим С.Н., Галёб К.И.С., Проскурин С.Г.

## ВЛИЯНИЕ УШИРЕНИЯ ДОПЛЕРОВСКОГО СПЕКТРА ОПТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ОДНОЙ ВЫБРАННОЙ СКОРОСТИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(saif.abdulkareem@mail.ru).

Оптическое отображение одной выбранной скорости (ОСВ) [1, 2] является эффективным неинвазивным методом. С его помощью определяют скорость потока частиц жидкости. В данной работе используется метод, совмещающий доплеровское уширение спектральных частиц и доплеровский сдвиг, а также доплеровское уширение спектральных линий и определение вектора скорости по уширению доплеровских спектров. Доплеровское уширение создаётся за счёт движения потока частиц жидкости. При этом частота, интерференционного сигнала зависит от скорости потока частиц, так что распределение светового сигнала определяется распределением потока частиц по скоростям.

$$|V| \cos \beta = u_1 \qquad |V| \cos(\alpha + \beta) = u_2$$

В этих двух компонентах  $u_1$  и  $u_2$  могут появиться ошибки из-за проблем измерений, времяпролётного уширения, шумов и количественного численного анализа. Метод (ОСВ) позволяет точно определить вектор скорости потока и преодолеть трудности при использовании обычной оптической системы.

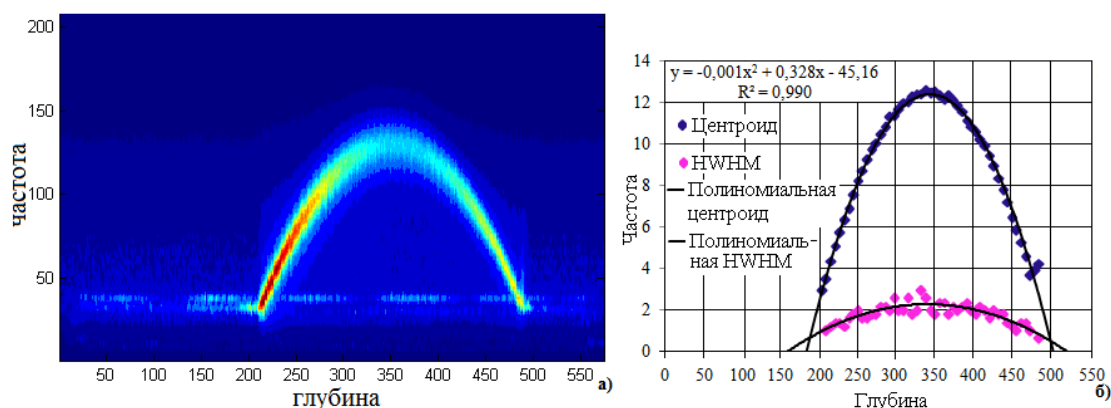


Рис. – 1. Спектрограмма – изображение, показывающее исходные данные – (а); и параболический профиль скорости – (б). Квадраты – это центрoид спектра, кружки – это скорость определяемая по полуширине на полувысоте (HWHM).

На рисунке 1 показаны исходные данные, полученные при помощи доплеровской ОКТ системы [2, 3]. В данной работе используется временная флуктуация сигнала обратного рассеяния света от биомедицинского объекта или фантома. Для определения вектора скорости рассеивающего потока обработка дискретных данных ведётся в спектральной области.

Спектр доплеровского уширения вычисляется из временных флуктуаций сигнала, которые возникают, когда скорость потока частиц жидкости высока.  $P(f)$  – временная флуктуация сигнала. Её можно оценить, как:

$$P(f) = \frac{A_r}{\sigma} \exp \left[ - \left( \frac{f - f_0}{\sigma} \right)^2 \right] \sum_n A_n \exp(-i2\pi f t_n),$$

где  $A_r$  и  $A_n$  амплитуды опорного пучка и обратно рассеянного света,  $t_n$  обозначает время,  $f_0$  - доплеровский сдвиг,  $V_l$  - продольная скорость движущейся частицы.

Знак суммирования распространяется случайно и равномерно за счет случайных величин  $A_n$  и  $t_n$ .  $\sigma$  и определяется формулой  $\sum_n A_n \exp(-i2\pi f t_n)$ ,  $\sigma$  является пропускной способностью доплеровского спектра и определяется поперечной скоростью  $V_t$  движущейся частицы.

По результатам данной работы можно сделать вывод, что эффект Доплера приводит не только к смещению, но и к уширению спектральных линий. Доплеровское уширение объясняется движением потока частиц жидкости. Зная величину уширения спектральных линий можно определить скорость потока частиц жидкости. Времяпролётное уширение доплеровских спектров несёт важную информацию, а именно, с помощью него тоже можно определять скорость движения потока частиц.

### ***Библиографический список***

1. Proskurin S.G., Comparison of high and low coherence Doppler spectra for human subcutaneous blood flow diagnostics in vivo // *Proc. of SPIE* – 2005. – Vol. 5702. – P. 44-53.
2. Proskurin S.G., Potlov A.Yu., Frolov S.V., One specific velocity color mapping using optical coherence tomography // *Journal of Biomedical Optics* – 2015. – 20(5). – P. 0510341-0510346.
3. Галёб К.И.С., Проскурин С.Г., Цветовое картирование разнонаправленных потоков в доплеровской ОКТ // *Фундаментальные исследования* – 2014. – 11(8). – С. 1674-1678.

*Абуладзе О.К., Сергеева Ю.Б., Глинкин Е.И.*

## **МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(abuladze94@mail.ru, ulya\_sergeeva94@mail.ru)*

Регулирование концентрации глюкозы в крови является одним из жизненно важных процессов саморегулирования человеческого организма. Существующие методы контроля концентрации глюкозы в крови являются инвазивными. Эти методы имеют ряд ограничений: вероятность попадания инфекции в организм пациента, вероятность заражения заболеваниями, передающимися через кровь, ухудшение кровообращения, болезненность проведения анализа.

Неинвазивный метод определения концентрации глюкозы в крови является быстрой, безболезненной, безопасной и удобной альтернативой. Возможностями неинвазивного диагностирования уровня глюкозы в крови ученые заинтересовались более 30 лет назад. Известны различные способы ее измерения, основанные на следующих физических методах:

1. Поляризационная спектроскопия – изменение плоскости поляризации в зависимости от концентрации глюкозы [1]. Для измерений используются глаз и видимый свет. Основным недостатком метода является наличие, кроме глюкозы, других веществ, также изменяющих поляризацию света.

2. Инфракрасная (ИК) спектроскопия основана на анализе оптического поглощения ИК-излучения (в диапазоне 750-2500 нм), длины волн которого находятся в области поглощения глюкозы крови (пики 840, 940 и 1045 нм) [1]. Для этого излучение должно пройти через телесные ткани и попасть на фотоприемник, где фиксируется соответствующий спектр. Основным недостатком этого метода является влияния трудно устранимых индивидуальных особенностей кожного покрова и состава межклеточной жидкости.

3. Ультразвуковая технология – метод, основанный на измерении скорости ультразвуковых колебаний в кровенаполненных тканях [1]. Наблюдается фотоакустический эффект, то есть звуковые колебания возбуждаются модуляцией лазерного излучения в жидкости и воспринимаются микрофоном. Недостаток метода: сложности с учетом влияния внешней среды.

4. При исследовании зависимости электрических характеристик крови обычно рассматривают такие параметры, как проводимость крови, ее электрическое сопротивление, электроемкость определенно-

го участка тела [1]. Данный способ чувствителен к наполнению кровью сосудов в области анализа.

5. Исследование зависимости артериального давления от уровня содержания глюкозы включает измерение утром, натощак, систолического и диастолического артериального давления последовательно на левой и правой руках пациента, определение коэффициента корреляции и расчет содержания глюкозы в крови по эмпирической формуле регрессии [2]. Недостаток метода: способ не позволяет достичь желаемой точности и не позволяет осуществлять непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови.

6. При зависимости тепловых характеристик крови от уровня глюкозы проводят непрерывный мониторинг концентрации глюкозы в крови путем измерения в области поверхностных вен головы тепловых потоков датчиком измерительного устройства [3]. Данный способ позволяет осуществлять непрерывный неинвазивный мониторинг состояния глюкозного обмена больного сахарным диабетом, но из-за статистического анализа низкоэффективен за счет высокой методической и динамической погрешности градуировочной характеристики.

Разработка неинвазивного метода измерения количества глюкозы в крови человека с гибкой калибровочной характеристикой позволит проводить аналитический контроль в адаптивном диапазоне с нормированными образцами, что облегчит и продлит жизнь больным сахарным диабетом, так как эффективное использование инсулинотерапии невозможно без постоянного мониторинга уровня глюкозы в крови.

### *Библиографический список*

1. Базаев, Н.А. Оптические методы неинвазивного определения уровня глюкозы в крови / Н.А. Базаев и др. // Медицинская техника : Науч.-техн. журн. - 2011. - № 6. 29-33 с.

2. Эльбаев, А.Д. Диагностические аспекты взаимосвязи параметров гемодинамики и уровня глюкозы в крови / А.Д. Эльбаев и др. // Клиническая физиология кровообращения. 2006. 15-20 с.

3. Патент 2180514 РФ, А61В5/01. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы / В.М. Шмылев, В.М. Бобылев. – Заявка № 2001101121/14; Заявл. 15.01.2001; Оpubл. 20.03.2002.



*Ахтямов Д.В., Болдырев Д.В., Глинкин Е.И.*

## **МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(user\_spk@mail.ru)*

Величина скорости оседания эритроцитов (СОЭ) является неспецифическим показателем, широко используемым в клинической практике для оценки наличия воспалительных процессов в организме человека при различных заболеваниях и позволяющим следить за ходом заболевания и его лечения.

Цель : повышение метрологической эффективности нахождения СОЭ за счёт увеличения точности и надежности измерения.

Метод Панченкова – классический в России метод определения скорости оседания эритроцитов, при котором для измерения величины показателя стеклянный градуированный на сто делений капилляр наполняют до установленного уровня смесью крови с 3,8% цитратом натрия (антикоагулянт) и переносят его на часовое стекло, достигая соотношение крови 4:1, и помещают вертикально в штатив под зажимом (для устранения вытекания крови). После СОЭ учитывают через 1 час, по делениям на трубке (в мм)на расстояние, на которое опустился столбик эритроцитов от исходного уровня.

На сегодняшний день также известен метод Вестергрена. Исследование по этому методу проводится в специальных капиллярах. Сама методика измерения доступна и проста в проведении. Набирают в специальную цилиндрическую трубку 0,5 мл цитрата натрия (это вещество действует как антикоагулянт) и 2 мл венозной крови, и наполненную трубку помещают вертикально в штатив и оставляют на час. Спустя отведенное время, нужно замерять высоту образованного слоя плазмы [1].

Способ определения динамики изменения скорости оседания эритроцитов [ см. Патент РФ № 2256917, МПК 7 G 01 N 33/49, публ. 20.07.2005г., Бил. № 13], включающий разливание раствора крови с антикоагулянтом с помощью автоматического дозатора в гематокритный капилляр, размещают капилляр в гнездо центрифуги и осуществляют измерение высоты слоя плазмы, свободной от эритроцитов через равные промежутки времени в течение заданного временного интервала, по полученным данным определяют максимальную величину оседания эритроцитов и строят график динамики оседания эритроцитов[2].

Существующие методы определения динамики скорости оседания эритроцитов обладают низкой точностью измерения из-за опре-

деления подлежащих нахождению значений по статистической градуировочной характеристике с множеством измерений, а также сниженной надежностью, из-за влияния на измерения человеческого фактора.

Методическая погрешность исключена за счет, определения информативного параметра динамической характеристики высоты слоя плазмы, с единичной нелинейностью, а динамическая погрешность, определяемая нелинейностью, убывает с увеличением времени измерения. В предлагаемом способе также наблюдается и повышение оперативности, за счет уменьшения времени измерения в 3-5 раз относительно известных методов

### ***Библиографический список***

1. Меньшикова, В.В. Лабораторные методы исследования в клинике./Меньшикова, В.В. и др./Медицина, 1987. - 368 с
2. Пат. 2256917 РФ. Способ определения динамики изменения скорости оседания эритроцитов и устройство для его осуществления / В. М. Розенталь, Е.В, В.Э. Новиков// Заявка № 2004119008/14; Заявл. 23.06.2004; Оpubл. 20.07.2005.

***Бабашкина А.П., Глинкин Е.И.***

## **АППРОКСИМАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(cool.ladyanna2014@yandex.ru, glinkinei@rambler.ru)*

Предложен неинвазивный метод определения концентрации глюкозы крови по артериальному давлению [Патент РФ №2444279], существенно повышающий метрологическую эффективность экспресс-анализа при проведении массовых профилактических обследований населения. Статистический анализ экспериментальной зависимости требует выбор оптимальной математической модели, адекватно отражающей биофизику явления. Проанализированы степенные полиномы и экспоненциальная зависимость методом наименьших квадратов для структурной оптимизации калибровочной характеристики концентрации глюкозы от артериального давления.

Задача заключается в нахождении коэффициентов линейной зависимости, при которых функция экспериментальных данных к примеру на квадратичной функции  $F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2$  принимает наименьшее значение. То есть, при данных  $a$  и  $b$  сумма квадратов отклонений экспериментальных данных от найденной прямой будет наименьшей.

Для решения данной задачи использована система автоматизированного проектирования Mathcad. На основе экспериментальных данных за основу принята экспоненциальная функция и минимизирована сумма квадратов разностей значений исходной зависимости и расчетной

1) Произведем аппроксимацию данных по экспоненте

$$s(a,b) = \sum_{i=0}^n (y_i - a \cdot \exp(b \cdot x_i))^2, \quad (1)$$

где  $a=1$  и  $b=1$ .

2) Минимизируем сумму квадратов разностей значений исходной зависимости (вектор  $y$ ) и расчетной

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.245 \\ 1.9 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Подставив коэффициенты  $\{a,b\} = \{0.245, 1.9\}$  матрицы (2) в экспоненту формулы (1), получим результаты аппроксимации, приведенные на рисунке 1.

Коэффициент корреляции, который отражает на сколько сильна связь между двумя случайными величинами равен 1.

Аналогично сделаем данную операцию для полиномов линейной, квадратичной и кубической зависимости.

Введем квадратичную зависимость для аппроксимации линейной функции методом наименьших квадратов:

$$s(a,b) = \sum_{i=0}^n (y_i - a - b \cdot x_i)^2, \quad (3)$$

где  $a=1$  и  $b=1$ .

Для линейной зависимости коэффициенты  $a$  и  $b$  будут следующие  $\{a,b\} = \{-12.786, 11.34\}$  подставив данные коэффициенты в формулу (3) выведем графическую зависимость методом наименьших квадратов (см.рис.1)

По аналогии сделаем данную операцию для квадратичной зависимости, для этого введем квадратичную функцию

$$s(a,b,c) = \sum_{i=0}^n [y_i - a - b \cdot x_i - c \cdot (x_i)^2]^2, \quad (4)$$

где  $a=1$  и  $b=1$  и  $c=1$

Полученные коэффициенты  $\{a,b,c\} = \{17.118, -25.07, 10.915\}$  подставим в квадратичную зависимость формулы (4). График приведен на рис.1.

Рассмотрим данный метод на кубической зависимости для более наглядного решения. Для этого введем квадратичную зависимость для кубической функции

$$s(a,b) = \sum_{i=0}^n \left[ y_i - a - b \cdot x_i - c \cdot (x_i)^2 - d \cdot (x_i)^3 \right]^2, \quad (5)$$

где  $a=1$  и  $b=1$  и  $c=1$  и  $d=1$

В результате получили следующие значения коэффициентов  $\{a,b,c,d\}=\{-13.49,30.74,-22.681,6.711\}$  подставим данные значения в расчетную формулу (5). Результаты приведены на рис. 1

На основе полученных функций систематизируем их в один график более для наглядного решения (см. рис.1)

Качественный анализ показывает повышение уровня аппроксимации с увеличением степени полинома от линейного до кубического к экспоненциальной модели, наиболее адекватной экспериментальной функции.

Для количественной оценки вычислим погрешность аппроксимации эксперимента степенными полиномами и экспоненциальной функции (см. рис. 1). Анализ рис.1 показывает снижение погрешности аппроксимации полиномами с 0,15% до  $10^{-7}$  для экспоненциального эквивалента.

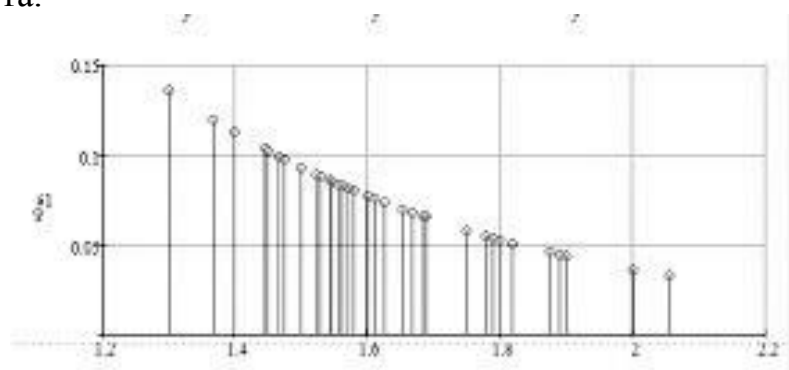


Рис.2. Оценка погрешностей аппроксимации эксперимента

На графиках видно, что погрешность минимальна для каждой заданной аппроксимирующей функции т.е данный способ исключает инструментальную погрешность, носящую случайный или систематический характер, что в итоге повышает метрологическую эффективность определения концентрации глюкозы по давлению.

*Брумитейн Ю.М. \*, Захаров Д.А.\*\**

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ  
ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
СТАЦИОНАРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

*\* Астраханский государственный, Россия, Астрахань,*

*\*\* ГБУЗ АО Александрo-Маршинская областная клиническая больница,  
Россия, Астрахань,  
(dmitrizahar@mail.ru, brum2003@mail.ru)*

Улучшение доступности и качества медицинской помощи населению во многом опирается на строительство/реконструкцию зданий стационарных медицинских учреждений (МУ); увеличение их оснащенности медицинским и вспомогательным оборудованием (МиВО); использование систем управления параметрами воздушной среды в СМУ – с целью создания комфортных условий для пациентов и персонала. Энергоэффективность (ЭЭ) эксплуатации МиВО и зданий СМУ «поддерживается» решениями на разных этапах.

(1) При проектировании новых зданий СМУ уменьшение теплотерь обеспечивается ограничением остекления фасадов; использованием двойных (а иногда и тройных) стеклопакетов; применением эффективных средств теплоизоляции стен и пр. В новых проектах применяются т.н. «универсальные чилеры», размещаемые на крышах зданий; закрытые переходы между корпусами СМУ.

При увеличении этажности зданий СМУ (а это характерно для многих городов) растут отношения «объем здания/площадь наружной поверхности его надземной части». Это ведет к потенциальному уменьшению потерь тепла (в холодное время года) и холода (в жаркий период). Однако для многоэтажных зданий СМУ необходимы лифты. Они «отнимают» под лифтовые шахты внутренние объемы зданий и площади производственных помещений; при интенсивной эксплуатации потребляют достаточно много электроэнергии.

Для обеспечения энергобезопасности СМУ подключаются к «двум независимым источникам электропитания», а объекты «особой первой группы» еще и к «резервному источнику электропитания».

(2) При строительстве зданий СМУ ЭЭ должна обеспечиваться строгим соблюдением проектных решений; технологий строительства - включая формирование бетонных и железобетонных изделий в холодное время года, размещение теплоизолирующих материалов.

(3) При подборе МиВО для СМУ учитываются такие факторы: функциональные возможности; цена; соответствие энергопотребления возможностям проектируемой (или уже существующей) электропро-

водки, коммутационных устройств, трансформаторных подстанций; соответствие веса МиВО возможностям несущих конструкций и пр. Для МиВО примем, что ЭЭ это (энергозатраты на единицу получаемых результатов)<sup>-1</sup>. Энергозатраты включают потребление электроэнергии самим МиВО и «обеспечивающие затраты» - на создание необходимых условий среды работы МиВО.

СМУ потребляют такие виды энергоресурсов: электроэнергия (для работы систем кондиционирования воздуха, его нагрева, освещения зданий, обеспечения работы МиВО); тепловую энергию (ТЭ) - для отопления зданий в холодный период года, обеспечения СМУ горячей водой и пр.; топливо, включая моторное. Обычно ТЭ приобретается СМУ у энергосбытовых организаций, но может вырабатываться и с помощью собственных котельных (в силу экологических требований в крупных городах они проектируются на газовом топливе). Минимумы энергопотребления (суммарно электрической и тепловой энергии) в СМУ достигаются весной и осенью. В холодные зимы кроме использования штатных отопительных систем в помещениях нередко включают электронагреватели воздуха. При этом себестоимость одного джоуля ТЭ, полученной за счет использования электроэнергии, значительно выше, чем для ТЭ централизованного теплоснабжения. Летом велико электропотребление систем кондиционирования воздуха СМУ.

В МиВО обычно нет «спящих режимов» со сниженным электропотреблением. Однако такие режимы могут задаваться для компьютерного оборудования СМУ, включая периферийное.

В ночное время возможности перехода на «дежурное» (ночное) освещение зданий и помещений СМУ, их территорий - ограничены.

Использование «солнечных панелей» в практике деятельности СМУ пока встречается в основном в южных регионах. Такие панели могут быть установлены на крышах зданий; «интегрированы» в их стены; размещены на территориях СМУ [2]. Применение в СМУ «ветроэнергетических установок» пока также распространено слабо.

### *Библиографический список*

1. Брумштейн Ю.М., Захаров Д.А., Дюдиков И.А. Анализ и управление энергобезопасностью деятельности медицинских учреждений // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии- 2015, №1-С. 44-58
2. Бутузов В.А. Перспективы развития солнечного теплоснабжения в России // Энергосбережение, №6-2013, с.76-79

*Бруштейн Ю.М., Колесников И.В., Ильменский М.А.*

**АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ  
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
В СТАЦИОНАРНЫХ МЕДУЧРЕЖДЕНИЯХ**

*Астраханский государственный университет, Россия, Астрахань,  
(brum2003@mail.ru).*

Для повышения качества услуг в высокотехнологичных стационарных медучреждениях (СМУ) начинают все шире применяться робототехнические комплексы (РТК). Поэтому актуален анализ вопросов энергоэффективности (ЭЭ) их использования.

(1) При проведении хирургических операций сейчас наиболее часто используются РТК Da Vinci (фирмы Intuitive Surgical, США) и Zeus [1], реже - систему Renaissance компании Mazor Robotics [1]. Фактически проводятся «робото-ассистированные операции», причем хирург обычно располагается на расстоянии порядка нескольких метров от пациента. Преимущества таких РТК: возможность «масштабирования» движений рук (кончиков пальцев) врача-хирурга и, как следствие, значительное повышение их точности (важно при выполнении мелких движений, например, в нейрохирургии); подавление тремора рук (пальцев) хирурга; для системы Da Vinci – возможность применения двух или трех манипуляторов с инструментами (имеющими 7 степеней свободы) и одного – с видеокамерой; вывод изображения операционного поля (трехмерная система визуализации) на монитор с высоким разрешением позволяет обойтись без операционных микроскопов, утомляющих глаза хирурга. Отметим целесообразность использования (дополнительно к визуальному контролю) схемы «обратного нагружения» на органы управления движениями манипуляторов.

Авторам не удалось найти в литературе и Интернете сведений о выполнении РТК в автоматическом режиме повторяющихся типовых движений хирурга (например, при сшивании сосудов в сосудистой хирургии) - хотя такая потребность существует.

Эксплуатация рассматриваемых РТК требует энергозатрат на работу сервоприводов, компьютерного оборудования и пр. Эти энергозатраты «компенсируются» уменьшением функциональной и психологической нагрузки на врачей; сокращением сроков проведения операций и энергозатрат на них; уменьшением продолжительности пребывания пациентов в СМУ [1] и пр.

(2) Кроме общехирургических операций (см. выше) может быть перспективным использование РТК в сфере офтальмологии для точ-

ного управления лазерами – непрерывного излучения или импульсного (например, для создания микроотверстий при глаукоме). Факторы ЭЭ применения РТК – аналогично пункту «1».

(3) РТК могут применяться и для интеллектуального управления экзоскелетами (или их фрагментами), протезами конечностей с биоэлектронным управлением и пр. При этом для отслеживания попыток самостоятельных движений пациентов могут использоваться сигналы с датчиков давления; электромиографические сигналы мышц (в т.ч. и с применением их углубленного частотного анализа для определения желаемого движения); датчики изменения «объема» мышц при усилиях и пр. Для роботизированных экзоскелетов их ЭЭ при отсутствии постоянного подключения к электросети определяет «автономность» использования, функциональные возможности и пр.

(4) Подготовка наборов лекарств для пациентов (прежде всего - таблеток) и выдача их процедурным или палатным медсестрам. Эти РТК могут размещаться в «складах медикаментов»; опознавать емкости с лекарствами по их месту, штрих-кодам или RFID-меткам; должны быть оборудованы специальными манипуляторами.

(5) Использование РТК в самоходных «транспортных модулях» (СТМ) для оперативной передачи биопроб из мест их взятия в клинические лаборатории (вместо транспортировки биопроб медсестрами после накопления их достаточного количества). Такие СТМ по заданному «месту назначения» должны уметь самостоятельно пройти по маршруту, включая уклонение от возникающих препятствий (медперсонал, пациенты, другие СТМ и пр.) – например, с использованием ультразвуковых сенсоров. Позиционирование СТМ в пространстве возможно с использованием инерциальных систем на основе датчиков-акселерометров в сочетании с «подтверждением» положений в контрольных точках маршрутов – например, с посылкой запроса/получением ответа по радиоканалу. Основные проблемы использования СТМ связаны с преодолением ими лестниц («шагающие механизмы» значительно утяжелят конструкцию), подъемах на лифтах или созданием «винтовых пандусов» с малым наклоном; размещения в СМУ мест автоматической подзарядки СТМ.

(6) РТК, имитирующие поведение животных или «объектов из мультфильмов», могут использоваться в рамках «игротерапии» пациентов (включая и «контактную») – преимущественно детей.

### *Библиографический список*

Левицкий Е.Е., Власьевский С.В. Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2014. Т. 1. С. 76-81.



*Брумиштейн Ю.М.\*, Скляренко Е.В., Мальвина А.С.\*\**

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ  
ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
СТАЦИОНАРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

*\* Астраханский государственный, Россия, Астрахань,*

*\*\* ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» в г.Астрахани  
(brum2003@mail.ru, katerina@mail.ru, aizhok19@mail.ru)*

Одним из направлений повышения доступности для населения регионов России высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП) является развитие сети специализированных медицинских учреждений ВМП, в том числе и кардиохирургических центров (КХЦ). В последние годы в рамках Федеральной программы развития ВМП в регионах уже создано 7 новых центров (Пенза, Астрахань, Челябинск, Пермь, Красноярск, Калининград, Хабаровск). Такие КХЦ оказывают услуги для жителей не только региона своего расположения, но и соседних. Концентрация в КХЦ сложной медицинской техники (МТ) и высококвалифицированного медицинского персонала, его глубокая специализация, широкое использование информационных технологий способствуют повышению качества медицинских услуг и уровня загрузки МТ.

Для поддержки устойчивой работы КХЦ необходимы значительные энергозатраты – не только на обеспечение работы МТ и вспомогательного медицинского оборудования, но и на функционирование систем отопления, охлаждения воздуха, освещения помещений и территории. Поэтому для организаций ВМП актуально повышение эффективности использования энергоресурсов.

При строительстве Астраханского КХЦ для обеспечения его быстрого ввода в строй были использованы готовые «строительные модули», доставленные из-за рубежа. В конструкциях модулей, а также при проектировании систем теплоснабжения здания КХЦ, обеспечения охлаждения воздуха в теплый период года были заранее учтены природно-климатические условия г.Астрахани, в т.ч. возможность значительных отрицательных температур зимой.

Для мониторинга работы всех инженерных систем и МТ в Астраханском КХЦ используется единая «служба диспетчеризации» [1]. Она в режиме реального времени отслеживает происходящие процессы; позволяет оперативно принимать необходимые меры при возникновении нестандартных ситуаций; снижать энергопотребление в ночной период за счет уменьшения интенсивности освещения территории и других мер.

Система автоматического поддержания температурного режима в помещениях КХЦ использует многочисленные датчики, размещенные в различных «точках» здания. Как следствие может регулироваться не только общая интенсивность подачи тепла (или холода), но и распределение этой интенсивности между группами помещений. В рамках такого регулирования применяются элементы «интеллектуального управления», учитывающие не только текущие температуры воздуха в помещениях и вне здания, но и их динамику, объемы помещений; характер движения воздуха между помещениями; возможности использования «тепловых завес» на входах в здания.

Система автоматизированного управления освещением территории Астраханского КХЦ учитывает не только время суток, но и фактическую естественную освещенность.

При эксплуатации большого количества компьютерного оборудования используются режимы энергосбережения, автоматического отключения его на ночной период (естественно, кроме серверов и компьютеров, включенных в системы мониторинга состояния пациентов).

Комплексный характер работы «службы диспетчеризации» предопределил необходимость разработки специализированного программного обеспечения (ПО) для работы в режиме реального времени. В Астраханском КХЦ сейчас используется ПО на основе «Scada-системы Zenon», включающее в себя 7 основных функциональных модулей. Это ПО дает возможность дежурным диспетчерам переключаться между режимами отображения информации, связанной с работами инженерных систем; оперативно отслеживать режимы энергопотребления; вести их автоматическое протоколирование с сохранением результатов на жестких дисках. Помимо прочего это позволяет отслеживать и качество подачи энергоресурсов. В первую очередь это касается электроэнергии (кратковременные скачки напряжения, «пропадания» электропитания, возникновение перенапряжений и пр.). Во вторую – подачи горячей воды для систем теплообеспечения КХЦ (температура, давление).

#### ***Библиографический список***

1. Мальвина А.С., Брумштейн Ю.М., Складенко Е.В., Кузьмина А.Б. Автоматизация, диспетчеризация и информатизация высокотехнологичных медучреждений как средство повышения эффективности их работы //Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии.- Астрахань, 2014-№1.-С.122-138

УДК 615.47

*Бурмака А.А., Разумова К.В.*

**ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ  
ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ СОСТОЯНИЯ  
ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

*Юго-Западный государственный университет  
(myelectronworld@mail.ru)*

*Рассматриваются приемы определения информативных признаков при анализе статичных изображений предстательной железы для автоматизированного распознавания ее текущего состояния.*

Повышение достоверности в диагностике текущего состояния предстательной железы при использовании аппаратных средств УЗИ в настоящее время во многом зависит от личного опыта исследователя, умения идентифицировать сложноструктурируемые статичные изображения простаты и определять наличие и развитие патологии, особенно, на раннем этапе.[1] Направленные операции с изображениями ультразвукового исследования позволяют получать новую информацию о состоянии предстательной железы, используемую затем для совершенствования лечебных процедур и прогнозирования течения лечебных процессов. При этом надо учитывать, что получаемые данные с помощью поперечных сканов простаты, в целом не совсем информативны и нужны дополнительные приемы, и методики, повышающие точность определения объема предстательной железы.

Одна из методик - это методика вычисления у больных гиперплазией простаты (ГПЖ) «площади предполагаемого круга» (PresumedCircleAreaRatio-PCAR), основанная на том, что с ростом гиперплазии максимальное горизонтальное (аксиальное) сечение ПЖ постепенно из треугольной формы приобретает форму круга [2].

Здесь коэффициент PCAR позволяет оценить, насколько форма горизонтального сечения простаты постепенно с развитием гиперплазии приближается к форме круга, т.е.

$$PCAR = \frac{S_{гор}}{S_{кр}}, \quad (1)$$

где  $S_{гор}$  - площадь максимального горизонтального сечения простаты, определяемого по изображению ТРУЗИ, а  $S_{кр}$  - площадь аппроксимирующего (предполагаемого) круга, такого, что

$$S_{кр} = \frac{L^2}{4\pi}, \quad (2)$$

где  $L$  – длина окружности максимального горизонтального сечения предстательной железы.

Тогда, чем больше коэффициент PCAR, тем больше выражена инфравезикальная обструкция [2], что позволяет получить дифференциальную диагностику с другими причинами нарушенного мочеиспускания. Определение значения коэффициента PCAR – серьезный аргумент при принятии решения о необходимости лечения больных с диагнозом гиперплазии простаты оперативным путем.

Одним из важных моментов ультразвукового исследования является исследование анатомии предстательной железы. На эхограммах предстательной железы здорового мужчины можно определить четыре железистые анатомические зоны: центральную зону, периферическую зону и две транзиторные зоны. Другие четыре фиброзно-мышечные зоны: передняя фибромускулярная строма, непростатический и простатический сфинктеры, продольные гладкомышечные волокна уретры.

Деление органа на эти зоны обусловлено различием гистологического строения желез и имеет клиническое значение. Центральная зона, прилежащая к семенным пузырькам, практически не склонна к патологическим изменениям. Периферическая зона чаще всего поражается злокачественными и воспалительными процессами. Транзиторные зоны часто являются источниками развития аденоматозных узлов [3].

Все эти зоны при анализе эхограмм можно различить при трансуретральном ультразвуковом изображении. Но при их анализе необходимо учитывать, что особенности эхограммы изменяются с возвратом и при различных патологических процессах. Следовательно, необходимо находить и учитывать новую информацию, оттеняющую эти особенности и позволяющую определить дополнительные элементы признакового пространства при анализе изображения ПЖ в виде эхограмм.

### *Библиографический список*

1. Бурмака А. А., Говорухина Т. Н., Разумова К. В., Серегин С. П. Автоматизированный поиск фрагментов патологических изменений по изображениям УЗИ и ТРУЗИ предстательной железы// Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады 11-й междунауч. конф. Книга 2 – Владимир: 2014. – С.117-121.

2. Болезни предстательной железы/под ред. чл-кор. РАМН Ю.Г. Аляева, М.: ГЕОТАР-Медиа, 2009. — 240 с.

3. Назаренко Г.И., Хитрова А.Н. Ультразвуковая диагностика предстательной железы в современной практике. М., издательский дом «Видар», 2012 г., 288 с.

*Власова Е.В., Глинкин Е.И.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ КРОВИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(birukova-ev@rambler.ru)*

Перспективным направлением развития лабораторной диагностики является разработка и внедрение неинвазивных методов определения концентрации глюкозы в крови. Параметры кровяного давления в наибольшей степени характеризуют системное функциональное состояние организма в норме и патологии. Известна зависимость уровня концентрации глюкозы крови от отношения систолического и диастолического артериальных давлений, позволившая сформировать статистическую модель [1].

Проведенная структурная и параметрическая оптимизация статистической модели позволила разработать новый метод [1,2], основанный на использовании математической модели, отражающей физику процесса, и такого метрологического средства как калибровка.

Статистический анализ зависимости уровня концентрации глюкозы крови от отношения систолического и диастолического артериальных давлений выявил, что экспериментальные точки на координатной плоскости, где по оси абсцисс расположены значения отношения давлений, а по оси ординат – значения концентрации глюкозы в крови, располагаются таким образом, что линейной зависимостью аппроксимировать зависимость не удастся. Возможности аппроксимации с использованием степенного полинома имеют существенные ограничения, ведь подобное решение не эффективно за счет наличия множества коэффициентов степенного полинома. Для упрощения решения подобных задач используется ряд допущений и упрощений, что снижает точность получаемого решения. Такой подход снижает эргономичность самой методики вычислений.

Для описания множества физических процессов на практике часто применяют экспоненциальную функцию. В случае представления ее в виде показательной функции с числом Эйлера, становится возможным определить вид кривой всего по двум параметрам, преобразуя степенной полином в эргономичном для вычисления виде с сохранением отражения всех его коэффициентов. Описать зависимость глюкозы крови от артериального давления с минимальной дисперсией и используя минимум коэффициентов предложено, используя экспоненциальную функцию.

Уровень содержания глюкозы в крови измеряют по калибровочной характеристике, рассчитывают уровень содержания глюкозы в крови по формуле с предельными параметрами, а затем проводят калибровку по параметрам калибровочной характеристики. Следует отметить, что предельные параметры аналитической модели отражают конкретные физические величины, а не просто являются некими коэффициентами, определяющими вид зависимости концентрации глюкозы от отношения артериальных давлений.

Применение современных метрологических средств в способе, наилучшим образом подходящих для использования в микропроцессорных измерительных средствах, делает перспективным разработку микропроцессорного прибора для контроля глюкозы по разработанному способу [1,3].

К преимуществам способа, по сравнению с инвазивными, относится сокращение времени обследования, возможность быстрой обработки результатов на ЭВМ и постановки диагноза, выявление скрытых форм сахарного диабета.

Инновационный метод, за счет использования современных метрологических средств, по точности измерения не уступает портативным глюкометрам, однако исключает забор крови, что исключает риск заражения пациентов, а также не требует использования тест-полосок для проведения исследования, что исключает проблему их хранения и утилизации и делает способ эргономичным и безопасным. За счет разработки аналитической модели, адекватной физике процесса, проведения ее структурной и параметрической оптимизации, повысилась эргономичность процесса неинвазивного контроля глюкозы крови.

#### ***Библиографический список***

1. Власова Е. В., Глинкин Е. И. Параметрическая оптимизация модели концентрации глюкозы в крови // Вестник Тамбовского университета. Естественные и технические науки. 2012. Т. 17. Вып. 3. С. 1017–1021.
2. Патент № 2444279 (РФ), МКИ А 61 5/022: Способ определения концентрации глюкозы в крови/ И.В. Русавская, Е.В. Бирюкова, Е.И. Глинкин (Тамбовский государственный технический университет)// Изобретения. Полезные модели.-2012. - №7.
3. Власова Е.В., Глинкин Е.И. Повышение эффективности компьютерных анализаторов концентрации глюкозы крови // Измерительная техника. 2014. №12. С. 57– 61.

*Гамова Л.Г. \*, Глинкин Е.И. \*\**

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ**

*\* Елецкий государственный университет, Россия, Елец,*

*\*\*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов*

*(l.g.gamova@mail.ru, glinkinei@rambler.ru)*

Информативным параметром называют параметр физического процесса (сигнала измерительной информации), функционально связанный с измеряемой величиной [1, с. 78]. Параметрами электрического сигнала служат амплитуда (ток или напряжение, проводимость или сопротивление, их удельные или придельные параметры), время (широта и частота, фаза и скважность импульсов, их предельные параметры) и код (последовательный, параллельный и смешанный, их предельные эквиваленты). Физику процесса статики, кинетики и динамики компьютерных биомедицинских систем (БМС) отражают, соответственно, статические, кинетические и динамические характеристики, параметры сигналов которых (амплитуда, время, код) функционально связаны с составом и свойствами материалов и веществ (концентрацией и кислотностью, вязкостью и влажностью, теплоемкостью и температуропроводностью).

Альтернативой информативным параметрам множества случайных переменных в компьютерных анализаторах биомедицинской техники служат их предельные параметры, однозначно отражающие физику явления и функциональную зависимость результатов от переменных по гибким калибровочным характеристикам, тождественным эквивалентам с оптимальными параметрами адаптивного диапазона с заданной точностью образцовых мер границ аналитического контроля компьютерных анализаторов. Предельные параметры, в отличие от случайных переменных, однозначно определяют функциональную зависимость результатов от переменных, отражая по аналогии физику информационных процессов по экспоненциальной математической модели. Например, напряжение  $U$  электрического заряда конденсатора емкостью  $C$  через резистор сопротивлением  $R$  от источника  $E$  за время  $t$  соответствует импульсной динамической характеристике (ИДХ)

$$U = E(1 - e^{-t/T}). \quad (1)$$

ИДХ (1) интегрирует множество  $i = 1, n$  результатов напряжения  $U_i \in U$  со случайными переменными времени  $t_i \in t$ , взаимосвязанными между собой по неизвестным законам. При статистическом анализе из-за незнания модели (1) экспериментальную  $y$  ИДХ аппроксимируют, как правило, степенным полиномом [1, с. 50 – 54] с множеством

$i=0, n-1$  неизвестных коэффициентов аппроксимации. Их решение получают из системы  $n$  уравнений методами последовательного приближения с регламентируемой *a priori* дисперсией  $\sigma(x, y)$ . Результатом решения системы служит фиксированная статистическая градуировочная характеристика с расширяющейся дисперсией из-за приближенных коэффициентов, не отражающих физику ИДХ (1).

Анализ ИДХ (1) выявляет закономерности [2, 3] предельных параметров  $E$  и  $T$ , отражающих физику явления по математической модели (1). Предельным параметром  $E$  служит установившееся напряжение амплитудой  $U(t=\infty)$  за бесконечный интервал времени  $t=\infty$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} U = \lim_{t \rightarrow \infty} E(1 - e^{-t/T}) = E,$$

что соответствует оптимальной закономерности:

$$\text{opt } U = U_{\infty} = E. \quad (2)$$

Предельный параметр  $T$  является постоянной времени ИДХ в фиксированный момент  $t=T$ , когда степень экспоненты равна единице, что соответствует закономерности

$$\text{opt } t = t_T = T. \quad (2a)$$

Закономерности (2 – 2a) отражают и физический смысл предельных параметров и их тождественность математической модели (1) ИДХ, как ее оптимальных параметров, однозначно определяющих вид функциональной зависимости (1) из множества характеристик математической модели, адекватной физике конкретного объективного динамического процесса коррекции, калибровки и идентификации.

Следовательно, согласно физическим закономерностям информативными параметрами интеллектуальных биомедицинских систем служат, в отличие от множества случайных переменных статистической градуировки, предельные параметры калибровочной характеристики за счет их оптимизации к действительному эквиваленту образцовыми мерами границ адаптивного диапазона.

### **Библиографический список**

1. Метрология, стандартизация и сертификация/ под ред. В.В. Алексева. – М.: Академия, 2008. – 384 с.
2. Глинкин, Е.И. Закономерности аналоговых преобразований / Е.И. Глинкин // Вестник ТГУ. – Тамбов: ТГУ, т.17, вып. 3, 2012. – С. 1000 – 1005.
3. Глинкин, Е.И. Техника творчества: монография / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 168 с.



Галёб К.И.С., Проскурин С.Г

## КАРТИРОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ СКОРОСТИ В ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(kamal@tamb.ru)

Описан метод значочувствительного картирования заданного диапазона скоростей, основанный на принципах оптической когерентной томографии (ОКТ) [1]. Исследование знакопеременных потоков биологических жидкостей на основе отрицательного или положительного сдвига несущей частоты был описан и применён ранее [2]. Исходная матрица данных для цветового доплеровского картирования структурного ОКТ изображения имеет вид:  $x[k, m]$ , где  $m$  – номер А-скана,  $k$  – номер дискретного отсчета в А-скане. После разделяющей обработки на чётные и нечётные части получаются две двумерные функции,  $x_{odd}[k, m]$  – которая соответствует положительному сдвигу и  $x_{even}[k, m]$  – которая соответствует отрицательному сдвигу несущей частоты.

Доплеровский сдвиг считается положительным, когда поток рассеивающих частиц движется к детектору, и отрицательным, когда поток движется в противоположную сторону, от детектора. Изображение потока при доплеровском картировании появляется в виде полос окрашенного синим и красным цветом на черно-белом фоне изображения биомедицинского объекта. Если изменить частоту среза полосового фильтра, то можно автоматически определять знак модуля выбранной скорости [2]. На Рис. 1 приведены структурное ОКТ изображение пластиковой трубки, диаметр которой составляет 0,5 мм и А-скан одной выбранной линии.

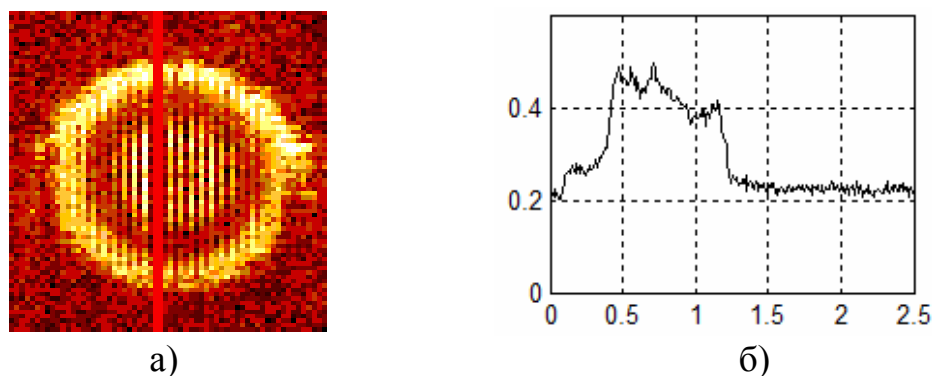


Рис. 1. Структурное изображение потока и стенок сосуда – а);  
А-скан одной выбранной линии (показан слева) – б)

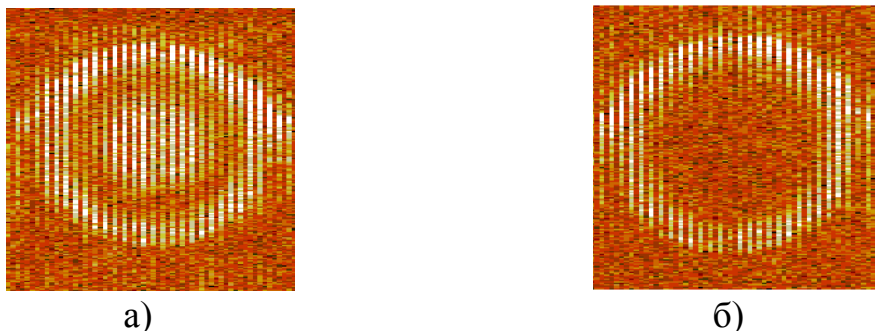


Рис. 2. Структурное и доплеровское ОКТ изображение для чётных – а) и нечётных – б) А-сканов параболического потока жидкости в трубке диаметром 0,5

На Рис.2 приведены структурные ОКТ изображения для чётных и нечётных А-сканов. Изменяя частоту среза цифрового полосового фильтра, можно вычислить не только модуль скорости, но и её знак. Разделение структурного изображения на чётные и нечётные А-сканы приводит к непосредственному выделению и наблюдению положительных и отрицательных сдвигов в спектре сигнала.

На Рис. 3 показаны результаты экспериментов с наклонным капиллярным входом, позволяющим получить и визуализировать знакопеременный поток со сложной геометрией. Красным и синими цветами показаны не только направления движения частиц в потоке, но и соответствующие заранее выбранные скорости.

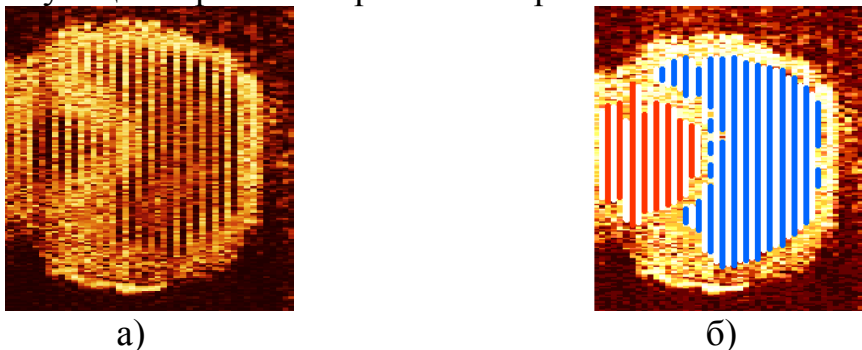


Рис. 3. Исходное структурное изображение потока со сложной геометрией – а); и цветное доплеровское ОСВ картирование – б).

Полученный сигнал содержит информацию о неподвижных стенках, а также положительно и отрицательно направленных потоках.

### ***Библиографический список***

1. Проскурин С.Г. Потлов А.Ю. Фролов С.В. Доплеровское картирование знакопеременного потока со сложной геометрией при помощи оптической когерентной томографии // *Квантовая электроника*, 44(1) с. 54-58, 2014.
2. Proskurin S.G. Wang R.K. // *Proc. SPIE*, Vol. 5696, p. 129 135, 2005.

*Глинкин Е.И.*

## КАЛИБРОВКА КОМПЬЮТЕРНЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
glinkinei@rambler.ru*

Проанализированы алгоритмы оптимизации информативных параметров калибровочных характеристик для систематизации закономерностей в информационную технологию творчества, как интеграла технологий проектирования компьютерных анализаторов и идентификации эффективности инноваций.

Калибровкой называют отождествление измеренной функции эквиваленту эксперимента по множеству эталонов (образцов границ диапазона) [1 с. 44 – 51]. С позиций математики число  $n$  образцов соответствует  $n$ -ой степени или алгоритмам оптимизации по степенным операторам (режимам вычисления). В математике степенными операторами для вычисления алгоритмов оптимизации могут служить методы последовательного приближения и итерационного анализа, разложение в бином и понижение степени [2].

1. *Последовательное приближение* организуют итерационным анализом [1,2], сравнения результатов расчета параметров на  $i$ -том шаге (цикле) с  $(i+1)$ -м шагом по условию заданной погрешности из-за неявного представления взаимозависимых параметров итерации. Например, при вычислении параметра  $E$  из инверсного выражения системы уравнений

$$\begin{cases} t_1 = -T \ln(1 - U_1 / E) \\ t_2 = -T \ln(1 - U_2 / E) \end{cases} \quad (1)$$

при измерении в два момента времени  $t_1$  и  $t_2$  значений напряжения  $U_1$  и  $U_2$ . Для исключения параметра  $T$  делят второе уравнение системы (1) на первое, с учетом кратности интервалов времени  $t_2 / t_1 = n$  после логарифмирования получают степенное уравнение

$$(1 - U_1 / E)^n = (1 - U_2 / E) . \quad (1a)$$

Для нахождения решения уравнение (1a) преобразуют к итерационному виду за счет введения  $j$ -тых циклов (шагов итерации) вычисления последовательности взаимозависимых результатов  $E_{j-1}$  и  $E_j$  на предыдущем  $(j-1)$ -том и последующим  $j$ -м шаге приближения

$$E_j = U_2 / [1 - (1 - U_1 / E_{j-1})] . \quad (1b)$$

Точность решения уравнения (1b) оценивают по погрешности [1, 2]

К достоинствам последовательного приближения относят введение нормированных мер и оценок результатов итерации по целена-

правленным алгоритмам. Недостатками служат сложность и длительность итерационного анализа, приближенные результаты и алгоритмы оптимизации из-за неявных операторов исчисления и последовательности взаимозависимых решений. Повышают точность решения степенных уравнений их разложением, например, в бином Ньютона.

2. *Бином Ньютона* приводит степенное уравнение к явному виду [1, 3] за счет понижения степени при разложении полинома в степенной ряд по алгоритму

$$(a + b)^n = \sum_{k=0}^n C_n^k a^{n-k} b^k . \quad (2)$$

К достоинствам алгоритмов, получаемых разложением в бином Ньютона степенных уравнений, относятся простота исчисления и явный вид алгоритма оптимизации. Однако, при повышении точности растет степень разложения бинома, усложняется алгоритм расчета параметров и увеличивается погрешность вычисления, что отрицательно влияет на методическую погрешность способов измерения и калибровки. Снижает методическую погрешность приближенный метод понижения степени.

3. *Понижение степени*, как и биномиальное разложение приводит [1 – 3] алгоритм вычисления параметра к явному виду за счет сокращения полинома на линейный член  $(a - b)$ . Это обусловлено разложением в степенной ряд  $n$ -мерной разницы

$$a^n - b^n = (a - b) \prod_{i=1}^{n/2} (a^{n/2^i} + b^{n/2^i})$$

с приближением произведения степенных сумм к полиному

$$a^n - b^n = (a - b)(a^{n-1} + b^{n-1}) . \quad (3)$$

Достоинством понижения степени биномиальным разложением является простота полинома (3) и техника расчета алгоритмов в явном виде, а при увеличении отношения интервалов  $t_2/t_1=n$  погрешность разложения стремится к нулю, что характерно для избыточного усиления и требует применения линейных интегральных схем на операционных усилителях в компьютерных анализаторах.

### ***Библиографический список***

1. Глинкин Е.И. Техника творчества : монография/ Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 168 с.
2. Патент № 2444279 (РФ), МКИ А 61 5/022. Способ определения концентрации глюкозы в крови/И.В. Русавская, Е.В. Бирюкова, Е.И. Глинкин. – 2012, Бюл. №7.
3. Патент №2504759 (РФ), МКИ G01N 27/04. Способ определения влажности/А.А.Одинокова, А.А. Голощаров, Е.И. Глинкин. – 2014, Бюл. №2.

## **КОРРЕКЦИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
glinkinei@rambler.ru*

Способ – целенаправленная последовательность действий для достижения технической задачи. Уровень способа биотехнических систем определяет интеграл действий от оператора и алгоритма к методу и технологии. Уровень дифференциации способа пропорционален интегралу творчества [1, 2], а простота и оригинальность – пропорциональны уровню сложности вычисления (счисления и исчисления). Как новизна и сущность оператора зависят от уровня вычисления, так и новизна и сущность метода регламентирована уровнем алгоритма. Взаимозависимость признаков способа на различных уровнях иерархии от оператора и алгоритма к методу и технологии подтверждают закономерности аналитического контроля в форме оптимальных предельных признаков, принимаемых за эквиваленты (постоянная времени и резонансная частота, начальное или установившееся значения) [2].

Алгоритмы оптимизации выбирают из множества функций действительную характеристику по образцовым мерам границ адаптивного диапазона методом тождественности эквивалентам. Различают алгоритмы итерационного анализа и прямого синтеза, с зависимыми и независимыми параметрами, в явном и неявном виде.

Два неизвестных параметра находят из системы двух уравнений прямой зависимости напряжения  $U_i$

$$U_i = E(1 - e^{-t_i/T}) \quad (1a)$$

и ее инверсии относительно времени

$$t_i = -T \ln(1 - U_i/E) \quad (1b)$$

для  $i=1,2$  числа границ диапазона. Система (1a) служит для вычисления постоянной времени  $T$ , а предельное установившееся напряжение  $E$  находят из системы (1b). По числу параметров различают измерения по одному и двум режимам, соответствующим методам повышения эффективности: коррекции и калибровки.

Коррекцией называют отождествление исследуемой характеристики относительно действительного эквивалента по образцу одной границы диапазона. Тождественность достигается в одной точке характеристики и в узком поддиапазоне при заданной погрешности за счет зависимых информативных параметров, представленных в неявном виде из-за одного измерения. Зависимые параметры определяют [2, с. 51 – 54] из системы (1) относительно одной  $i=1$  границы диапазона

$$\begin{cases} U_1 = E(1 - e^{-t_1/T}) \\ t_1 = -T \ln(1 - U_1/E) \end{cases} \quad (2)$$

При этом алгоритмы расчета информативных параметров представлены в неявной форме и вычисляются итерационным анализом

$$E = U_1 / (1 - e^{-t_1/T}), \quad (3a)$$

$$T = -t_1 / \ln(1 - U_1/E). \quad (3b)$$

Достоинствами коррекции биотехнических систем является простота одного измерения и его оперативность, необходимые для аддитивного или мультипликативного приближения данных тождественно образцу границы диапазона. Однако, зависимые параметры (3) представлены в неявном виде, приводят к алгоритмам приближения итерационным анализом, что снижает их технологичность за счет неопределенного числа циклов приближения и метрологическую эффективность из-за невысокой точности и оперативности итерационного исчисления. Повышают технологическую и метрологическую эффективность увеличением образцов границ диапазона, т.е. заменяют коррекцию на калибровку со степенными режимами вычисления алгоритмов оптимизации информативных параметров.

Степенные режимы развиваются от последовательного приближения по итерациям к биномиальному разложению до калибровки по виртуальным характеристикам для повышения метрологической эффективности. Линейные режимы развиваются от взаимозависимых алгоритмов расчета неявных параметров для одного измерения к измерениям по числу предельных параметров с независимыми алгоритмами оптимизации в явном виде для организации функциональной и метрологической, структурной и параметрической избыточности, регламентирующей линейное преобразование информационных процессов для систематизации выявленных закономерностей аналоговой, импульсной и цифровой техники в информационную технологию творчества микропроцессорной техники, как неделимый интеграл дифференцированных технологий проектирования компьютерных анализаторов и идентификации эффективности инноваций по тождественности прототипов нормированным эквивалентам.

### ***Библиографический список***

1. Глинкин, Е.И. Закономерности аналоговых преобразований / Е.И. Глинкин // Вестник ТГУ. – Тамбов: ТГУ, т.17, вып. 3, 2012. – С. 1000 – 1005.
2. Глинкин, Е.И. Техника творчества: монография / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 168 с.

*Голубятников О.О., Дубровин В.В.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АПРОБАЦИИ МЕТОДИК ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(golubyatnikov\_ol@mail.ru)*

Для решения задач апробации методик и проведения экспресс-оценки состояния здоровья применительно к поставленной специалистом предметной области цели предлагается экспертная система, отличающаяся от подобных систем адаптированным подходом, основанным на представлении медицинских знаний о методиках экспресс-оценки. Существующий традиционный подход к реализации информационных систем для оценки состояния здоровья имеет следующие недостатки [1], [2], [3]:

- специалист предметной области в процессе достижения поставленной цели сталкивается с необходимостью в корректировке как средств для достижения цели, так и самой цели, что приводит к изменению методик экспресс-оценки;
- достаточно длительный период проверки программного обеспечения, так как для корректировки каждый раз требуется привлечение программиста;
- при изменении цели исследования структура системы практически не изменяется, но требуется новое программное обеспечение.

Исходя из приведённых недостатков можно сделать вывод, что при практически одинаковой структуре систем, каждая новая реализация цели исследования приводит к разработке нового программного обеспечения. Предложенный подход является более эффективным, поскольку исключает недостатки традиционного, сокращает время, затраченное специалистом предметной области для решения целей исследования.

Для реализации адаптированного подхода экспертная система должна иметь следующие функциональные возможности:

- добавление методик экспресс-оценки в базу знаний;
- выбор методик из базы знаний на основе критериев специалиста предметной области;
- проведение экспресс-оценки объекта исследования;
- анкетирование экспертов;
- обработка результатов экспресс-оценки и анкетирования для апробации методик.

Экспертная система состоит из трёх подсистем: подсистемы знаний, экспресс-оценки и апробации. В статье рассматривается про-

цесс добавления в базу знаний методик и проведения экспресс-оценки состояния здоровья на основе объективных показателей приборов измерения и центильных таблиц.

Для добавления методик экспресс-оценки состояния здоровья в базу знаний специалист предметной области в шаблоне подсистемы знаний вводит значения свойств методик. Он выбирает количество центильных таблиц, исследуемых признаков и приборов измерения. Для получения количественных оценок необходимо задать свойства исследуемых признаков. Исходя из изученных методик экспресс-оценки состояния здоровья, в аппаратную часть системы включены следующие приборы измерения: ростомер, весы, калипер, реограф-полианализатор, электронная лента. Исследуемые признаки этих приборов наиболее часто применяются для расчета количественных оценок в различных методиках. Если необходимые признаки отсутствуют в базе знаний, то их можно добавить. Во время проведения экспресс-оценки ввод значений признаков в шаблон будет осуществляться вручную. Шаблоны формируются на основе фреймовой модели знаний о предметной области и процедурных моделей.

#### ***Библиографический список***

1. Кубайчук А.Б. Структура Медицинской Информационной Системы скрининга с унифицированным формальным представлением медицинского обеспечения. Санкт-Петербург, редакционно-издательский центр ГУАП, Информационно-управляющие системы, 2008 г. – Вып. №2(33). – С. 42-45.
2. Шаповалов В.В., Шерстюк Ю.М. Автоматизированный скрининг – проблема экспертных знаний // ж. Инновации, 2003, №10 (67). – с. 89-91.
3. Бурдаев В.П. Модели баз знаний. Научное издание / В.П. Бурдаев. – Харьков. Изд. ХНЕУ, 2010. – 320 с.

***Егошина И.Л., Тарасова И.Ю.***

### **БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МИКРОСКОПИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

*Поволжский государственный технологический университет*

*Россия, Йошкар-Ола*

*(egoshinail@volgatech.net, tarasiki2010-1977@mail.ru)*

Возрастающая роль микроорганизмов в патологии человека, рост уровня заболеваемости внутрибольничными инфекциями, широкая циркуляция антибиотико-резистентных штаммов и неблагоприятная эпидемиологическая ситуация по целому ряду инфекционных за-



болеванний, сложившаяся в последние годы, обуславливает необходимость развития бактериологической службы ЛПУ и совершенствования микробиологических исследований [1].

В результате анализа функционирования бактериологической лаборатории было выявлено, что с увеличением числа образцов, поступающих в лабораторию на исследование, и, следовательно, увеличением нагрузки на персонал, вероятными становятся разного рода ошибки при проведении исследований и формировании данных о результатах анализа. Всё это может привести к дополнительным расходам финансовых и трудовых ресурсов и к несвоевременной постановке диагноза, что может иметь необратимые последствия для здоровья и жизни больного. Указанная проблемная ситуация определяет постановку и решение *актуальной научной задачи* – повышение производительности лаборатории и достоверности результатов бактериологических исследований за счёт уменьшения доли ручного труда и обработки образцов биологического материала путем автоматизации процессов бактериологических исследований в условиях ограниченного финансирования.

Значительная трудоемкость и продолжительное время анализа одного препарата, отрицательное воздействие на зрение врача-лаборанта, проводящего исследование, отсутствие количественных морфологических характеристик микроорганизмов определяет необходимость автоматизации микроскопического анализа рассматриваемых препаратов.

Основными техническими элементами биотехнической системы автоматизированного микроскопического анализа являются цифровой микроскоп, позволяющий выводить изображения препаратов на экран персонального компьютера, специализированное программное обеспечение исследования микроскопических изображений (МИ) препарата (рис.1).

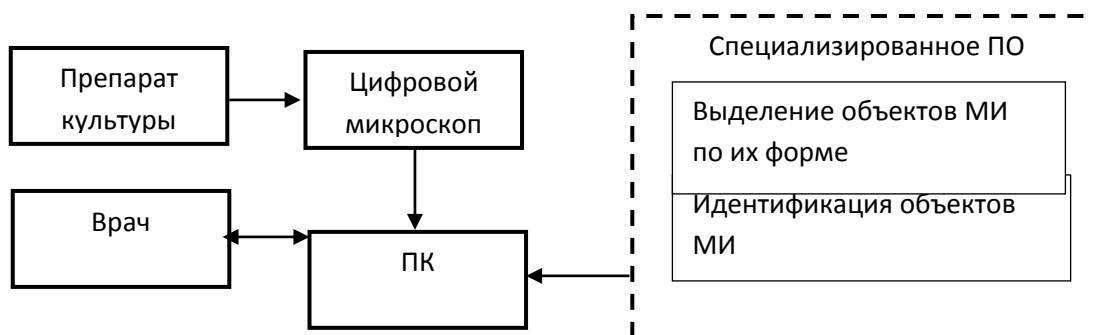


Рис.1. Структурная схема биотехнической системы автоматизированного микроскопического анализа

*Заключение.* В работе рассмотрены вопросы автоматизации бактериологических исследований. Предложенный метод контурного анализа для обработки микроскопических изображений, позволяет не рассматривать внутренние точки изображения и тем самым значительно сокращает объем обрабатываемой информации за счет перехода от анализа функции двух переменных к функции одной переменной. Представлена схема биотехнической системы автоматизированного микроскопического анализа.



Рис.2. Результаты выделения объектов: а) исходное изображение под микроскопом; б) выделенные объекты

Автоматизированная обработка изображений микроорганизмов включает в себя предварительную обработку микроскопических изображений, выделение интересующих нас объектов (сегментацию) по их форме на основе контурного анализа (рис.2) и идентификацию объектов на основе контурной согласованной фильтрации [2].

#### ***Библиографический список***

1. Горовиц Э.С. Состояние и перспективы развития бактериологической службы ЛПУ ПФО/ Э.С. Горовиц //Ремедиум Приволжье. – 2009. – №3. – С. 18-22.
2. Комплекснозначные и гиперкомплексные системы в задачах обработки многомерных сигналов / Я.А. Фурман, А.А. Роженцов, И.Л. Егошина и [др]; – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 456 с.

***Истомина А.И.***

### **БЕЗМАНЖЕТНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО УРОВНЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(e-mail: njuraska@mail.ru).*

Конечности по сравнению с другими областями человеческого тела являются совершенными областями терморегуляции. Это объясняется тем, что у ложа пальцев рук находится большое количество артериовенозных анастомозов. Они расположены непосредственно перед капиллярной сетью и играют большую роль в регуляции местной температуры, общего и тканевого обмена. Основными факторами, влияющими на температуру дистальных фаланг пальцев, являются состояние

щитовидной железы, систолическое и диастолическое давление человека, состояние периферических кровеносных сосудов и параметры окружающей среды. Объектом исследования является артериальное давление человека. Рост артериального давления вызывает рост периферического кровотока и соответствующее увеличение температуры пальца [1]. Чтобы оценить уровень давления необходимо предварительно подобрать индивидуальный поправочный коэффициент.

Прототип [2] позволяет определить только нарушения регуляции тонуса сосудов, в том числе эндотелийзависимой регуляции, выявления патологий, связанных с наличием вазоспазмов кисти, тип микроциркуляции, но не позволяет производить оценку артериального давления. Инновационный способ позволит расширить функциональные возможности прототипа.

На рисунке 1 представлена блок-схема аппаратной реализации метода определения артериального давления. Она включает в себя объект исследования, инфракрасный термометр, тонометр, микропроцессорную систему, ОЗУ базы данных, аккумулятор, блок управления, систему индикации и динамик. Аккумулятор обеспечивает отдельное питание ОЗУ базы данных. МПС выполняет роль управляющей измерительной системы, которая задает прибор, использующийся в данном измерении, момент его включения, момент считывания данных с их последующей обработкой. Обмен данными между МПС и приборами осуществляется через USB-порты.



Рис. 1 Блок-схема аппаратной реализации метода определения артериального давления

Тонометр и блок управления подключаются к схеме только на этапе предварительной настройки с целью определения поправочного коэффициента. Значение поправочного коэффициента и измеренных с помощью инфракрасного термометра температур хранятся в ОЗУ базы данных. Средняя температура для серии измерений сравнивается со значениями, которые находятся в ОЗУ базы данных, и путем интерполяции получается более точное значение давления. Результаты измерений выводятся в систему индикации. Если результирующее давление превышает пороговое значение, то из динамиков прозвучит сигнал.

Разработанные алгоритмы позволят производить контроль артериального давления в нестационарных условиях и тем самым снизить риск смертности от неконтролируемого повышения АД.

### *Библиографический список*

1. Недорезов Л.В. Модель процесса биоуправления при мониторинге кожной температуры./ Л.В. Недорезов, Е.Г. Веревкин – Новосибирск, 1996.
2. Пат. 2405416 Российская Федерация, МПК А61В5/01. Способ диагностики функционального состояния периферических сосудов/ Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Протопопов А.А., Сагайдачный А.А.: заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского" - № 2009117567/14; заявл. 12.05.2009; опубл. 10.12.2010. : ил.

*Каширова А.В. ,Ветров А.Н.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОСРЕДСТВОМ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ТЕРМО- И РЕНТГЕНОГРАФИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов*

*(e-mai:kaschirowa.anastasya@yandex.ru, e-mai:avetrov@yandex.ru)*

Рентгенография – это исследование, основанное на получении суммарного проекционного изображения анатомических структур организма посредством прохождения через них рентгеновских лучей и регистрации степени ослабления рентгеновского излучения. Регистрация внутренней структуры объектов осуществлялась проецированием на специальную плёнку или бумагу. В настоящее время рентгеновское изображение выводится на экран монитора.

Рентгенографическое изображение теряет свою информативность без контрастирующих веществ, которые применяются для ана-

лиза изменений в мягких тканях. Информативность уменьшается, так как происходит проекционное наложение сложных анатомических структур, то есть их суммарная рентгеновская тень, в отличие от плоских серий изображений, получаемых современными томографическими методами [1].

Медицинская термография – это метод регистрации естественного теплового излучения тела человека в невидимой инфракрасной области электромагнитного спектра. Физиологической основой термографии является увеличение интенсивности инфракрасного излучения над патологическими очагами или снижением его интенсивности в областях с уменьшенным регионарным кровотоком и сопутствующими изменениями в тканях и органах.

Основное достоинство термографии в том, что это безвредный неинвазивный метод, с помощью которого можно диагностировать все тело человека многократно. Но термограмма как самостоятельный диагностический метод не является достаточно надежным, так как имеет малую специфичность и неотчётливое изображение органов, следовательно, данные, полученные с ее помощью, необходимо сопоставлять с данными других исследований [2].

Совмещение термо- и рентгенографии значительно повысит информативность изображения, т.к. рентген не выявляет патологию на ранней стадии её развития, но позволит уточнить форму данных органов, их положение, состояние рельефа, а анализ патологических изменений при термографии исследуемой области позволит определить контуры очага, его интенсивность, а также структуры и области распространения. Но основой будет являться рентгеновское изображение, так как оно показывает изменения в более плотных тканях. Термо-



Рис. 1 Наложение сегмента термограммы на рентгеновское изображение.

грамма же дает распределение температур в мягких тканях, мало отличающихся по плотности. Поэтому, целесообразно накладывать тепловизионную картину на рентгеновский снимок.

Но полная тепловизионная картина всей поверхности обследуемой области пациента может помешать диагностике в целом, поэтому предлагается накладывать на соответствующий участок обследуемой области только сегмент тепловизионной картины, который указывает на температурную аномалию [3] и при этом прозрачен, как это показано на рис. 1.

При этом изначально необходимо иметь базу данных по нормальному распределению температур по поверхности тела человека. Такая база в настоящее время создана.

### ***Библиографический список***

1. Рентгенография – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Термография в медицине – Режим доступа: <http://doktorland.ru/termografiya.html>
3. Ветров, А. Н. Инновационный метод визуального поиска пострадавших / А. Н. Ветров, А. А. Одинокова, А. Ю. Потлов, Д. А. Семенов, М. А. А. Гахзар // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 4. – С. 169–170.

***Строев В.М., Ключева И.Н.***

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ РАН**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Россия, Тамбов  
(e-mail: v\_stroev@mail.ru, candy26-05@yandex.ru).*

В настоящее время имеется много разработок в области гидрогелевых перевязочных материалов. Они обладают исключительной абсорбционной способностью и поддерживают высокий порог паро- и влагопроницаемости, не распадаются под воздействием умеренного количества экссудата и не высыхают, а также обеспечивают влажную среду и тем самым способствует заживлению раны. Прозрачный гелевый диск позволяет визуализировать рану.

Известные способы определения степени заживления по степени изменения характеристик раны [1,2,3] имеют ряд недостатков. Основным является недостаточная точность контроля за процессом заживления ран.

На основе проведенного анализа существующих способов [1,2,3] был разработан способ слежения за процессом заживления ран отличающийся тем, что маркеры располагаются на спадающем участке поверхности живота, изображение, передаваемое в ПК, выбирается из серии изображений, захватывающих весь период колебаний поверхности живота.

Разработан алгоритм формирования изображений раневой поверхности, представленный на рис. 1.

Так же предложен метод оценки степени заживления раневой поверхности, алгоритм реализации которого представлен на рис. 2.

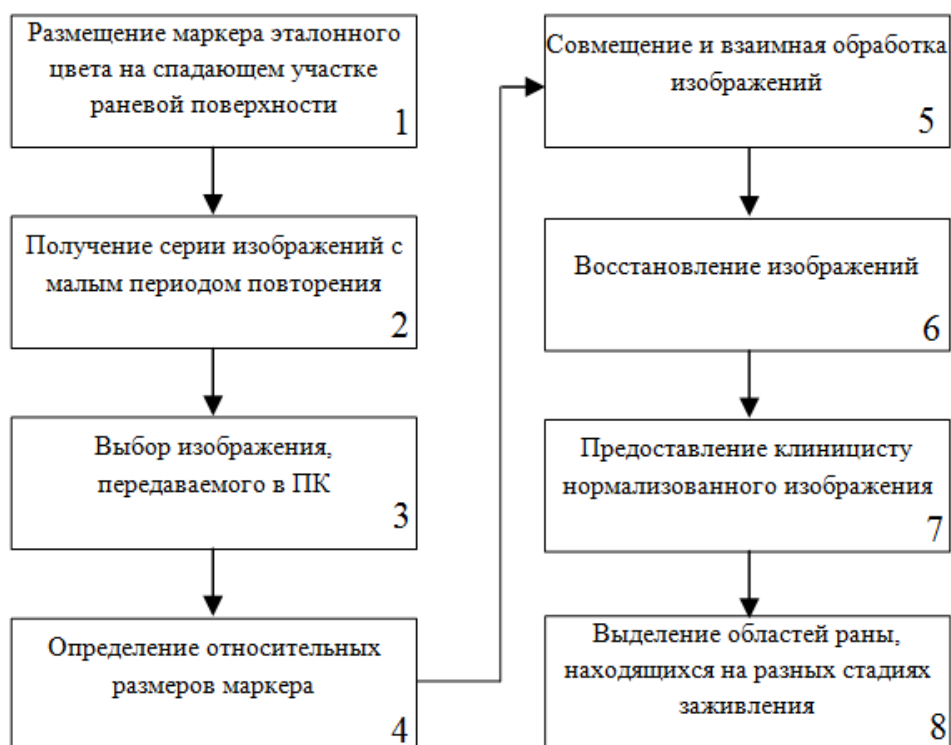


Рис. 1- Алгоритм формирования изображений раневой поверхности

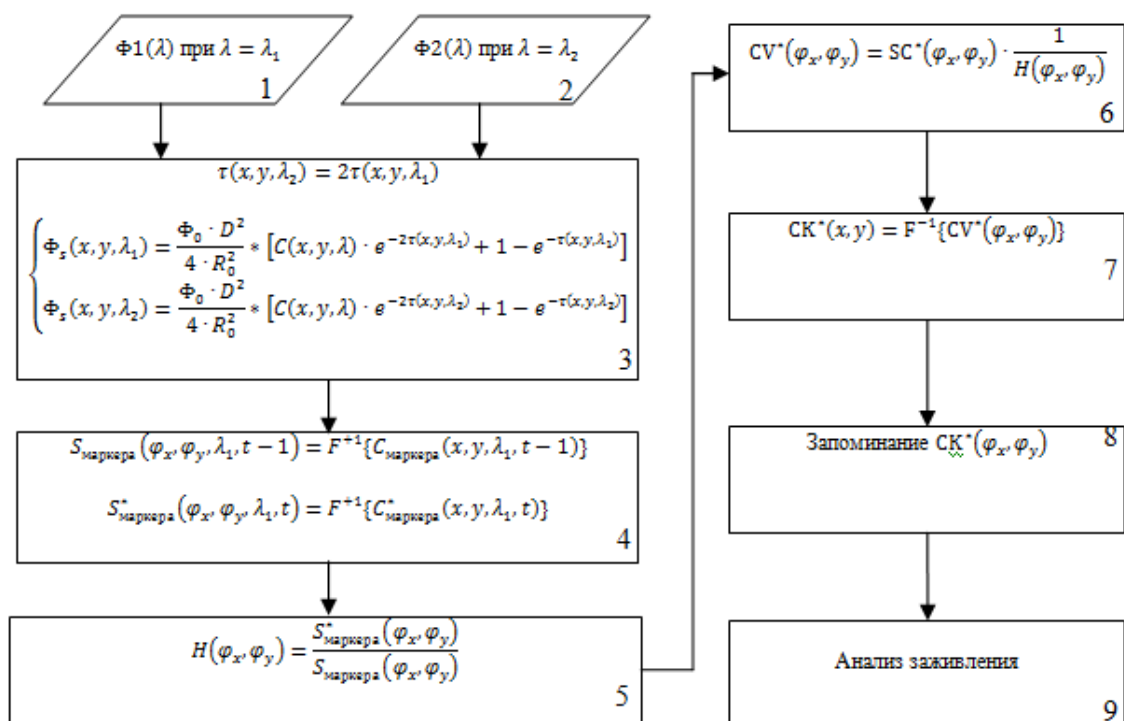


Рис. 2 – Алгоритм восстановления изображения

В алгоритме используются следующие обозначения:

$\Phi_1(\lambda)$ ,  $\Phi_2(\lambda)$  – световой поток, излучаемый квантовым генератором на элемент участка поверхности при  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  соответственно;

$\tau(x, y, \lambda_1)$ ,  $\tau(x, y, \lambda_2)$  - спектральный коэффициент ослабления (рассеяния и поглощения) при  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  соответственно;

$\Phi_s(x, y, \lambda_1)$ ,  $\Phi_s(x, y, \lambda_2)$  – суммарный световой поток, пройденный через объектив диаметром  $D$ , находящимся на расстоянии  $R$ , при  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  соответственно.

По данному алгоритму была разработана программа взаимной обработки изображений в среде Mathcad для анализа и обработки серии изображений, формируемых системой слежения за процессом заживления ран [4].

### ***Библиографический список***

1. Патент U5967979; Заявл. 14.11.1995; Оpubл. 19.10.1999
2. Патент 2435520 МПКА61В5/103,А61В5/117,А61В1/05, G06Т7/60, G06Т11/00, G03В29/00 - №2008143458/14; Заявл. 08.05.2007; Оpubл. 10.12.2011, Бюл. №34
3. Патент 2430680 МПКА61В5/103,А61В5/117,А61В1/05, G06Т7/60, G06Т11/00, G03В29/00 - №2009109109/14; Заявл. 19.09.2007; Оpubл. 10.10.2011, Бюл. №28
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014613129. Программа визуальной оценки степени заживления ран// Клюева И.Н., Строев В.М., 2014.

***Корневский Н.А., Стародубцева Л.В.,  
Писарев М.В, Магеровский М.А.***

## **ДИАГНОСТИКА И УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ Г.РАША**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
Тренер ЦСКА г. Москва  
(kstu-bmi@yandex.ru)*

Многие задачи оценки состояния и управления биотехническими системами удобно рассматривать с позиций теории измерения латентных переменных. Это обусловлено тем, что результаты принимаемых решений (прогноз, оценка состояния, эффективность управления и др.) не поддаются прямым измерениям, в то время как исходные



данные для их определения можно считать индикаторными (измеряемыми) переменными (данные измерительной аппаратуры, лабораторный анализ состояния биообъекта и т.д.).

В таком варианте используя теорию измерения латентных переменных можно ставить и решать задачи оценки применимости тех или иных индикаторных переменных (информативных признаков) для решения конкретных медико-биологических и технических задач и устанавливать их роль в принимаемых решениях [6].

Для эффективного применения теории измерения латентных переменных в медицинских, биологических и биотехнических приложениях целесообразно использовать модель Г. Раша [6]:

$$P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \quad (1)$$

где  $P_{ij}$  - вероятность достижения функционирования биотехнической системы цели  $\theta_i$  (прогноз, диагноз, эффективность управления) у элемента биотехнической системы с номером  $i$  при использовании индикаторных переменных из множества  $S_k$  (информативные признаки, составляющие схем управления и т.д.) при значении индикаторного показателя с номером  $j - \beta_j$ .

Исследование роли индикаторных переменных в измерении латентных переменных удобно производить с помощью стандартного пакета диалоговых прикладных программ RUMM 2020 (*Rasch Unidimensional Measurement Models*) [6]. Используя значения индикаторных переменных переведенных в логиты пакет RUMM 2020 строит теоретические кривые модели Г. Раша, по которым судят о соответствии индикаторных переменных этой модели и в ходе итерационных процедур формируют пространство информативных признаков и (или) рациональных схем управления состоянием биотехнических систем.

В теории измерения латентных переменных признаках считается информативным, если по критерию ХИ-квадрат теоретическая кривая близка к экспериментальным данным ( $\chi^2 Prd \leq 0,05$ ).

Используя теорию измерения латентных переменных с моделью Г. Раша, можно не только получить число обозначающее информативность того или иного признака, но и дать развёрнутое описание ряда его качественных свойств: способность дифференцировать шкалы принимаемых решений (уверенность в прогнозе, диагнозе); способность признака дифференцировать исследуемую латентную переменную в противоположность ожидаемой ситуации; определять признаки со сверхвысокой и сверхнизкой дискриминирующей способностью, признаки с «неупорядоченной» классификацией и т. д.

Такая гибкость анализа системы информативных признаков на основе модели Г. Раша позволяет рекомендовать её как один из основных механизмов проведения разведочного анализа при решении общих задач синтеза моделей вычисления латентной переменной для прогностических и диагностических решающих правил.

В пакете RUMM 2020 предусмотрена возможность определения функциональной связи между латентной переменной  $L$ , определяемой в логитах, и выбранным набором индикаторных переменных  $S_j$

$$L = f_L(S_j), \quad (2)$$

где  $f_L$  – вид функциональной зависимости  $L$  от  $S_j$ .

Часто при синтезе решающих правил, в условиях нечеткости и неопределенности, используется аппарат нечеткой логики принятия решений с определением функций принадлежности к исследуемым классам состояний и (или) уверенности в принимаемых решениях по интервальной шкале  $[0;1]$  [1,2,3,4,5].

Для согласованного применения нечеткой логики принятия решений целесообразно шкалу  $L$  в логитах использовать как базовую переменную для построения функций принадлежности  $\mu_{\omega_i}(L)$  объекта исследований к классам состояний  $\omega_i$ .

Для перехода от  $L$  к  $\mu_{\omega_i}(L)$  удобно использовать такую обобщенную характеристику определяемую пакетом RUMM 2020 как гистограмма распределения объектов исследования на шкале латентной переменной  $L$  (рис.2). При этом функции  $\mu_{\omega_i}(L)$  удобно строить используя рекомендации работ [2,3].

Таким образом, модель Г. Раша может быть использована для нечеткой оценки состояния объекта исследования с расчетом уверенности в классификации в соответствии с выражением

$$UP_i = \mu_{\omega_i}(L).$$

### ***Библиографический список***

1. Корневский, Н.А. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил / [Текст] Н.А. Корневский, Р.В. Руцкой, С.Д. Долженков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2013.-Т.12.-№4.-С.905-909.

2. Корневский, Н.А. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил / [Текст] Н.А. Корневский, Р.В. Руцкой, С.Д. Долженков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2013. - Т.12. - №4. - С.905-909.

3. Корневский, Н.А. Синтез нечетких сетевых моделей обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем / Н.А. Корневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. - 2008. - №2. - С.18-24.

4. Корневский, Н.А. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. - 2013. - №4. - С.1-3.

5. Корневский, Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем [Текст] / Н.А. Корневский // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – №2. – С. 99 – 103.

6. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: Монография.- Славянск-на-Кубани: Изд. Центр СГПИ, 2006. – 333 с.

*Корневский Н.А., Шуткин А.Н., Хрипина И.И., Писарев М.В.*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА  
СОСТОЯНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛЕКТИВОВ  
 ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России»  
( *kstu-bmi@yandex.ru* )*

Задача прогнозирования и диагностики состояния биотехнических систем относятся к классу плохоформализуемых задач распознавания образов с нечеткими и пересекающимися границами классов состояний. В таких условиях традиционные методы прогнозирования и распознавания образов не всегда обеспечивают требуемого качества оценки состояния биотехнических систем.

В работах [1,2] показано, что в таких условиях, приемлемых для практики результатов, можно достичь используя коллективы нечетких решающих правил полученных на основе технологии мягких вычислений и в частности с использованием теории нечеткой логики принятия решений в ее классификационной интерпретации.

Если задачу прогнозирования рассматривать как задачу классификации на два класса: система останется в текущем состоянии; система перейдет в другое состояние, то задача нечеткой диагностики и нечеткого прогнозирования становятся аналогичными.

Практика решения плохоформализуемых задач показала, что в коллективах решающих правил целесообразно использовать: нечеткую логику принятия решений Л. Заде  $UGN_{\ell}$ ; нечеткие решения от-

носителем разделяющих поверхностей  $UGG_\ell$ ; теорию уверенности Е. Шортлифа  $UGS_\ell$ ; нечеткие интерактивные классификаторы  $UGD_\ell$ ; нечеткиемодификации метода группового учета аргументов  $UGM_\ell$ ; модели Г. Раша  $UGR_\ell$  нечеткую модификацию А. Вальда  $UGV_\ell$  [1,2].

В общем виде при синтезе коллективов гибридных решающих правил могут использоваться известные математические методы, например теории распознавания образов используя показатели  $UGN_\ell$ ,  $UGG_\ell$ ,  $UGS_\ell$ ,  $UGD_\ell$ ,  $UGM_\ell$ ,  $UGR_\ell$  и  $UGV_\ell$  как обобщенное пространство информативных признаков. При использовании технологии мягких вычислений такой синтез целесообразно производить с учетом особенностей решаемых задач.

Например, различные по своей природе группы признаков агрегируются «своими» типами решающих правил или все информативные признаки обрабатываются каждым из правил входящих в коллектив. Возможен смешанный вариант. [1,2].

Варианты финальной агрегации решающих правил так же могут быть различны. Например, если каждый из частных показателей добавляет уверенность в принимаемых решениях, то целесообразно использовать интеграционно накопительную формулу Е. Шортлифа:

$$UG_\ell(i+1) = UG_\ell(i) + UGS_\ell[1 - UG_\ell(i)],$$

$$\text{где } UG_\ell(1) = UGN_\ell; S = G_\ell, S_\ell, D_\ell, M_\ell, R_\ell, V_\ell.$$

Подробнее способы агрегации для различных типов данных описаны в работе [2].

### ***Библиографический список***

1. Корневский, Н.А. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил / [Текст] Н.А. Корневский, Р.В. Руцкой, С.Д. Долженков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2013. - Т.12. - №4. - С.905-909.

2. Корневский, Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем / [Текст] Н.А. Корневский // Медицинская техника, 2015. - №1. - С. 33-35.

*Лядов М.А., Фролов С.В.*

## **АРХИТЕКТУРА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ ШКОЛЬНИКОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*(lyadovmaxim@gmail.com, sergej.frolov@gmail.com)*

В 2011 году на кафедре «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» в рамках научно-исследовательской работы при поддержке Управления здравоохранения Тамбовской области разработана информационная система мониторинга (ИСМ) АИС «Здоровье детей» [1], охватывающая муниципальные образовательные учреждения (МОУ), лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) и региональный центр обработки данных (ЦОД).

По уровню сбора, обработки и передачи данных, а также принятия управленческих решений, информационное пространство ИСМ здоровья школьников делится на уровень образовательного учреждения, муниципальный и региональный уровни.

Первичным звеном в ИСМ является МОУ, в котором проводятся осмотры школьников. На персональном компьютере (ПК) школьной медицинской сестры установлена реляционная система управления базами данных (СУБД) и программное обеспечение – подсистема «Школа», обеспечивающая ввод, обработку и хранение данных по каждому ученику. Данные антропометрии поступают с комплекса медицинского диагностического (КМД) «Здоровый ребенок» производства ОАО «Тулиновский приборостроительный завод «ТВЕС», который подключается к ПК через порт USB.

В конце каждого полугодия школьная медсестра производит выгрузку данных из подсистемы «Школа» на FLASH-память и передает ее в ЛПУ, за которым закреплено данное МОУ. Выгрузка данных представляет собой архивированный набор XML-файлов, которые являются проекцией отношений БД. В ЛПУ при помощи подсистемы «ЛПУ» данные из каждого прикрепленного МОУ подгружаются в БД. Формируется необходимая отчетность и проводится анализ показателей здоровья школьников прикрепленного округа для принятия совместно с муниципальным отделом образования соответствующих управленческих решений на муниципальном уровне. Следующим шагом является передача выгрузки данных из БД ЛПУ в региональный ЦОД через защищенный VPN-канал.

В ЦОД установлена единая БД, содержащая информацию о показателях здоровья школьников всего региона. При помощи подсистем «Администратор» и «Здравоохранение» производится формиро-

вание отчетности по показателям здоровья школьников региона с учетом различных возрастно-половых и административно-территориальных критериев. Информация из ЦОД поступает в региональные органы государственного управления, где проводится анализ данных и формирование управленческих решений по повышению уровня здоровья школьников региона.

Разработанная региональная ИСМ здоровья школьников позволяет сократить время проведения медицинских осмотров в школе на 70%, включающих в себя оценку показателей физического развития, артериального давления, физической подготовленности, заболеваемости за счет применения новых методов и алгоритмов обработки информации о показателях здоровья и формирования необходимой отчетности. Это обеспечивает высвобождение 15% рабочего времени школьной медицинской сестры, что приблизительно составляет 40 рабочих дней на полную ставку в год. На уровне органов здравоохранения и образования ИСМ здоровья школьников гарантирует полную оценку показателей общественного здоровья школьников в разрезе различных возрастно-половых и административно-территориальных факторов за счет автоматизированного сбора, хранения и обработки информации, что обеспечивает принятие оперативных управленческих решений по формированию плана лечебно-профилактических мероприятий, учебной нагрузки и рациона школьного питания [2]. Результаты работы внедрены в 104 школах, 29 лечебно-профилактических учреждениях и ТОГБУ «Центр материально-технического обеспечения деятельности учреждений здравоохранения» Тамбовской области.

#### *Библиографический список*

1. Фролов, С. В. Региональная информационная система мониторинга здоровья школьников / С. В. Фролов, М. А. Лядов, И. А. Комарова // Врач и информационные технологии. – 2011. – № 6. – С. 24 – 33.
2. Фролов, С. В. Результаты регионального мониторинга состояния здоровья школьников / С. В. Фролов, М. А. Лядов, А. Ю. Козлова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2013. – Т. 58, № 2. – С. 80 – 84.

*Одинокова А.А., Глинкин Е.И.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИБРОВКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*(odinokovasashkka6310@rambler.ru)*

К настоящему времени накоплен значительный банк данных о функциях гемостаза, об определении функционального состояния системы гемостаза и о нарушениях процесса свертывания крови. Всесторонние знания о функции отдельных элементов системы свертывания крови еще не дают полного представления о регуляции всей системы. Для этого необходимо учитывать специфику организма, наличие патологий, а также другие процессы в организме, оказывающие влияние на состояние системы гемостаза и ряд других факторов. Решение этих задач невозможно без использования аппарата математического моделирования и метрологических средств, например, калибровки по образцам границ адаптивного диапазона.

За счет известных образцов нормированного диапазона калибровка устраняет не только аддитивные и мультипликативные погрешности, но и учитывает нелинейность функции аналитического контроля [1]. Зависимость между напряжением  $U$  и временем  $t$  при определении гемостаза [2] представлена математической моделью экспоненциального вида :

$$U = E \cdot e^{\frac{-t}{T_0}}, \quad (1)$$

где информативными параметрами служат  $E$  – предельное напряжение электрокоагулограммы и  $T_0$  – постоянная времени.

Используя график 1 и формулу (1), найдем информативные параметры  $E$  и  $T_0$ , проведем калибровку.

Так как число информативных параметров равно двум ( $E$  и  $T_0$ ), то необходимо сделать 2 измерения. По известным границам  $t_1$  и  $t_2$  найдем значения  $U_1, U_2$ : по нижней границе  $t_1$  находим  $U_1$ , а по верхнему интервалу  $t_2$  регистрируем напряжение  $U_2$  (в данном случае возьмём  $t_1 = 10$  и  $t_2 = 100$ ). Это необходимо для составления системы уравнений, позволяющей выразить алгоритмы оптимизации параметров  $E$  и  $T_0$ .

Для нахождения информативных параметров, используя значения  $t_1, t_2, U_1, U_2$ , составим систему уравнений (2).

$$\begin{cases} U_1 = E \cdot e^{\frac{-t_1}{T_0}} \\ U_2 = E \cdot e^{\frac{-t_2}{T_0}} \end{cases} \quad (2)$$

Выразим из системы уравнений (2) алгоритм оптимизации постоянной времени  $T_0$ :

$$T_0 = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{U_2}{U_1}} \quad (3)$$

Из обратной системы уравнений (2), рассчитаем алгоритм оптимизации предельного напряжения  $E$

$$E = \left( \frac{U_1^{t_2}}{U_2^{t_1}} \right)^{\frac{t_1}{t_2 - t_1}} \quad (4)$$

Используя алгоритмы (3) и (4) и модель (1), построим калибровочную характеристику. Для этого найдем по графику 2 численные значения  $t_1$

$$t_1 = 10, t_2 = 100, U_1 = 9,82, U_2 = 8,338.$$

Подставив эти значения в формулы (3), (4), найдем  $E = 10$  и  $T_0 = 550$ .

Получаем новую функцию, которая является калибровочной характеристикой для определения действительных значений гемостаза, которую совместим с эталонной функцией (1). Из анализа видно, что погрешность между эталонной функцией и калибровочной характеристикой мала, что доказывает о правильном моделировании гемостаза и работоспособности нового метода калибровки [2].

Таким образом, калибровка, по алгоритмам оптимизации оценивает предельные параметры напряжение и постоянную времени калибровочной характеристики динамической функции гемостаза тождественно эквиваленту эталонной характеристики для определения функционального состояния системы гемостаза в нормируемом диапазоне времени по известным образцам верхней и нижней границ адаптивного диапазона. Минимальная погрешность компьютерного моделирования доказывает высокую метрологическую эффективность инновации относительно известных технических решений.

### ***Библиографический список***

1. Глинкин, Е. И. Техника творчества / Е.И. Глинкин. – Тамбов: ТГТУ, 2010.- 168 с.
2. Патент РФ по заявке №2013145132, МПК G01N 33/86. Способ определения функционального состояния системы гемостаза / А.А.Одинокова, Е.И. Глинкин, п.р. от 03.02.2015.



*Петров Д.А., Кузьмин Д.С., Проскурин С.Г.*

## **АЛГОРИТМ УДАЛЕНИЯ ШУМА В ДОПЛЕРОВСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
(spros@tamb.ru)*

Допплеровская оптическая когерентная (ДОКТ) – сравнительно новая методика определения скорости потока, которая комбинирует принципы доплеровской анемометрии и оптической когерентной томографии. Классическая методика ДОКТ требует знания приблизительного значения Доплеровского угла, что накладывает существенные ограничения на исследования сильно рассеивающих сред, таких как биологические ткани. Для того чтобы решить данную проблему, предложена новая техника, основанная на комбинации Доплеровского сдвига интерференционного сигнала и расширения частотного спектра, вследствие доплеровского эффекта, вызванного частицами, движущимися поперек зондирующего пучка [1, 2].

Данная методика даёт хорошее соответствие между заданным и измеренным значением скорости. Но в некоторых случаях полученная информация может оказаться некорректной, по причине возникновения шумов совершенно различной природы, которые не поддаются удалению классическими методами. В целях получения более качественной информации о потоке разработано специальное программное обеспечение, реализующее многоуровневый алгоритм обработки результатов ДОКТ.

На первом этапе обработки производится удаление аддитивного шума, возникающего на 2.5 - 5 кГц. Данный шум равномерно распределен по всей исследуемой глубине, а его значение составляет 60-70 % от интенсивности искомого сигнала, поэтому данный шум удаляется путем вычитания среднего значения интенсивности в данной частотной полосе. Этот этап особенно важен для тех случаев, когда угол между направлением сканирования и направлением потока близок к нулевому значению, так как в этом случае доплеровский сдвиг будет наблюдаться именно в данных зашумленных частотах. В этом случае вычитание среднего производится во всех частотах, в которых наблюдается исследуемый сигнал.

Второй этап обработки заключается в удалении отраженной составляющей, которая возникает при некоторых значениях угла между направлением потока и сканированием. Данная отраженная составляющая проявляется как сигнал такой же амплитуды и FWHM, что и ис-

комый Доплеровский сдвиг, но при этом смещенный по глубине. Важной особенностью данной составляющей является то, что в отличие от реального сигнала, на спектрограмме она пересекает искомым Доплеровский сдвиг, поэтому ее довольно легко отличить от сдвига реального сигнала, что особенно важно для исследований *in vivo*, так как в действительности в один А-скан может попасть более одного потока. Удаление данной составляющей производится путем спектрального вычитания смещенного основного сигнала из спектрограммы. При этом локализация действительного сигнала производится программно по алгоритму “лестницы”: производится поиск такого элемента, значение в котором будет составлять более 75% от максимальной интенсивности, а диагональ матрицы, начинающаяся с данного элемента и содержащая в себе элементы следующих 10-20 строк и столбцов, будет содержать элементы, в которых значение интенсивности также более 75%.

Элементы спектрограммы, значения которых после вычитания становятся меньше нуля, заполняются значениями из зон, где нет сигнала, чтобы предотвратить возникновение локальных минимумов.

Результат обработки изображений, полученный при использовании нашего программного обеспечения, представлен на Рисунке 1. Большая часть шума успешно отфильтровывается и на выходе мы получаем изображение свободное от отраженной составляющей, а доплеровский сдвиг исходного сигнала при этом остается неизменным, то есть сохраняется информация о расположении и скорости потока.

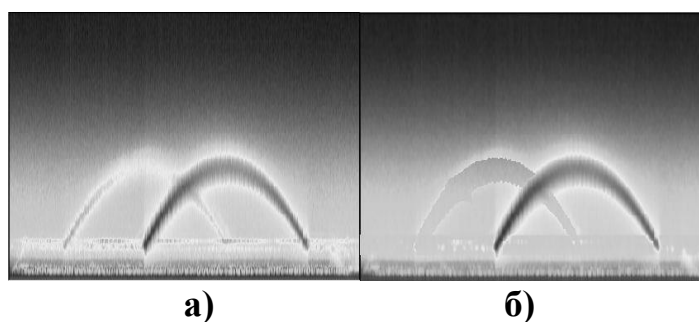


Рис. 1 Спектрограмма до (а) и после (б) обработки

### ***Библиографический список***

1. S.G.Proskurin, Y.He, R.K.Wang, Determination of flow velocity vector based on Doppler shift and spectrum broadening with optical coherence tomography. *Optics Letters*, 2003 Vol. 28, pp. 1227-1229.
2. Proskurin S.G., Potlov A.Yu., Frolov S.V., One specific velocity color mapping using optical coherence tomography. *Journal of Biomedical Optics*, 20(5), pp. 0510341 - 0510346, 2015.

*Потлов А.Ю.*

## ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ДИФФУЗИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
(*zerner@yandex.ru*).

Процесс восстановления изображения в диффузионной оптической томографии (ДОТ) продолжителен по времени. Поэтому разработка упрощенных методов регистрации неоднородностей в биологических тканях является актуальной задачей [1].

Целью данной работы является разработка метода локализации неоднородностей в импульсной ДОТ, основанного на начальном приближении, формируемом по результатам анализа особенностей распределения поздно пришедших фотонов (ППФ) всех временных функций рассеяния точки (ВФРТ).

Для выделения ППФ у всех ВФРТ удаляются начальные области и срединные области. Затем ППФ очищаются от шумов и аппроксимируются прямыми линиями [1]. Далее находится средняя плотность потока ППФ на  $\alpha$ -ом детекторе. И наконец, её нормированием получается индекс неоднородности  $IH(\alpha)$ , представляющий собой зависимость средней плотности ППФ от угла между световодом источника излучения и световодом детектора соответствующего ВФРТ [2].

Для формирования начального приближения к распределениям коэффициентов поглощения и рассеяния в исследуемом объекте индекс неоднородности подвергается следующему преобразованию:

$$IH(\alpha)_{st} = \begin{cases} 1, & IH(\alpha) \geq P_1 \\ 0, & P_2 \geq IH(\alpha) > P_1, \\ -1, & IH(\alpha) < P_2 \end{cases}$$

где  $IH(\alpha)_{st}$  – ступенчатая функция,  $P_1$  и  $P_2$  – экспериментально найденные уровни средней плотности ППФ, соответствующие влиянию на детекторы рассеивающей,  $P_1$ , и поглощающей,  $P_2$ , неоднородностей.

На основе анализа участков  $IH(\alpha)_{st} = -1$ , формируется начальное приближение к пространственному распределению коэффициента поглощения. Для каждого такого участка последовательно делается предположение, что в моделируемом объекте [2-3] располагается сферическая поглощающая неоднородность диаметром равным половине длины хорды между углами, соответствующими началу и концу участка  $IH(\alpha)_{st} = -1$ . Причем неоднородность считается равноудалённой от центра исследуемого объекта и точки на границе этого объекта,

располагающейся под углом соответствующим середине участка  $IH(\alpha)_{st} = -1$ . Начальное приближение к пространственному распределению коэффициента рассеяния вычисляется аналогичным образом, с той лишь разницей, что анализируются участки  $IH(\alpha)_{st} = 1$  и им в соответствие ставятся рассеивающие неоднородности [3].

После определения начального приближения на основе результатов анализа ППФ производится итерационная реконструкция изображения. При этом целевая функция определяется в следующем виде:

$$\psi = \sum_{360^\circ/N}^{360^\circ} \sum_n^T (R_{\alpha,t}[\mu_a, \mu_s] - M_{\alpha,t})^2 \sigma_{\alpha,t}^{-2}$$

где  $M_{\alpha,t}$  – матрица результатов измерений, т.е.  $R(\alpha, t)$ , полученная с детекторов установки импульсной ДОТ,  $R_{\alpha,t}[\mu_a, \mu'_s]$  – матрица прогнозируемых значений, т.е.  $R(\alpha, t)$  вычисляемая для начального и последующих приближений с помощью диффузионного приближения,  $\sigma_{\alpha,t}$  – стандартное отклонение для измерения соответствующего  $\alpha, t$  [3].

Предложенный алгоритм картирования неоднородной в импульсной ДОТ может быть использован для ускоренного восстановления локализаций поглощающих и рассеивающих неоднородностей в исследуемом биомедицинском объекте.

### ***Библиографический список***

1. Potlov A.Yu., Proskurin S.G., Frolov S.V. Three-dimensional representation of late arriving photons for the detection of inhomogeneous in diffuse optical tomography // *Quantum Electronics*. 2014. Vol. 44. №2. pp. 174–181.
2. Potlov A.Yu., Frolov S.V., Proskurin S.G. Movement of the photon density normalized maximum in homogeneous and inhomogeneous media with tissue-like optical properties // *Laser Physics*. 2015. Vol. 25. №3. p. 035601.
3. Потлов А.Ю., Фролов С.В., Проскурин С.Г. Локализация неоднородностей в диффузионной оптической томографии на основе поздно пришедших фотонов // *Оптика и спектроскопия*. 2015. (принята к печати).

*Потлов А.Ю., Проскурин С.Г., Фролов С.В.*

## КАРТИРОВАНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ПОТОКОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
(zerner@yandex.ru)

Объединение принципов оптической когерентной томографии (ОКТ) и доплеровской диагностики позволяет создать многофункциональные системы для визуализации морфологических особенностей и структуры гемодинамики биообъектов [1].

Целью данной работы является реализация метода знаочувствительного цветового картирования одной выбранной скорости (ОСВ) потока со сложной геометрией на базе ОКТ системы.

На основании визуализируемой скорости,  $V_{sel}$  и точности её определения,  $\varepsilon$ . находятся верхняя,  $V_{upper}$ , и нижняя,  $V_{lower}$ , границы диапазонов картируемых скоростей:

$$V_{upper} = V_{sel} \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon}{100\%}\right) \text{ и } V_{lower} = V_{sel} \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon}{100\%}\right).$$

Если, исходные данные представлены в виде дискретной функции  $x[n, m]$ , где  $n$  - номер отсчёта в А-скане,  $m$  - номер А-скана, тогда, получение функций  $x_{odd}[n, m]$  и  $x_{even}[n, m]$  осуществляется следующим образом [2]:

$$x_{odd}[n, m] = \begin{cases} x[n, m], & \text{для нечётных } m \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

и

$$x_{even}[n, m] = \begin{cases} 0, & \text{для нечётных } m \\ x[n, m], & \text{иначе} \end{cases}.$$

Затем для точной регистрации ОСВ с помощью полосовых цифровых для каждого фиксированного  $m$  выделяются заданная полоса частот  $x_{odd}[n, m]$  и симметричная ей полоса  $x_{even}[n, m]$ . Параллельно с этим полосовым фильтром удаляются высоко- и низкочастотные аналоговые помехи  $x[n, m]$ . Затем  $x[n, m]$ ,  $x_{odd}[n, m]$  и  $x_{even}[n, m]$  подвергаются независимой обработке по А-сканам. Для каждого А-скана выполняется быстрое преобразование Фурье с оконной функцией Хемминга и преобразование Гильберта [2].

Идентификация направлений потоков жидкости  $x_{trends}[r, m]$  выполняется на базе поэлементного вычитания  $x_{even}[r, m]$  из  $x_{odd}[r, m]$  со сдвигом на один А-скан [2]:

$$x_{odd-1}[r, m] = x_{odd}[r, m] \setminus x_{odd}[r, m_{last}],$$

$$x_{trends}[r, m] = x_{odd-1}[r, m+1] - x_{even}[r, m],$$

где  $m_{last}$  - номер последнего А-скана. Далее формируются функции, характеризующие положительно  $x_{pos}[r, m]$ , и отрицательно,  $x_{neg}[r, m]$ , направленные потоки:

$$x_{pos}[r, m] = x_{trends}[r, m] \cdot h(x_{trends}[r, m])$$

И

$$x_{neg}[r, m] = x_{trends}[r, m] \cdot h(-x_{trends}[r, m]),$$

где  $h(x)$  - функция Хэвисайда [2].

Кодирование  $x_{pos}[r, m]$  и  $x_{neg}[r, m]$  выполняется по следующим формулам:

$$x_{mpos}[r, m] = h(x_{pos}[r, m] - P)$$

И

$$x_{mneg}[r, m] = -\overline{h(x_{neg}[r, m] + P)},$$

где  $P$  - экспериментально найденный минимальный уровень, отделяющий сигнал потока от шума.

После этого  $x_{mpos}[r, m]$  и  $x_{mneg}[r, m]$  объединяются в картограмму направлений и локализаций потоков  $x_{cart}[r, m]$ :

$$x_{cart}[r, m] = x_{mpos}[r, m] + x_{mneg}[r, m].$$

Затем  $x[r, m]$  переводится в специальную цветовую шкалу [2], получившийся при этом В-скан  $x_{st}[r, m]$  комплексируется с картограммой направлений и локализаций потоков  $x_m[r, m]$ :

$$x_{sum}[r, m] = x_{st}[r, m] + x_{cart}[r, m].$$

И наконец, по данным  $x_{sum}[r, m]$  с использованием псевдоцветовой шкалы строится развертка интенсивности.

### **Библиографический список**

1. Зимняков Д.А., Тучин В.В. Оптическая томография тканей // Квантовая электроника. 2002. Т. 32. С. 849–867.
2. Проскурин С.Г., Потлов А.Ю., Фролов С.В. Доплеровское картирование знакопеременного потока со сложной структурой с помощью оптической когерентной томографии// Квантовая электроника. 2013. Т.44. С. 54–58.

*Проскурин С.Г., Потлов А.Ю., Фролов С.В.*

## **ДИФФУЗИОННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЗДНО ПРИШЕДШИХ ФОТОНОВ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
(zerner@yandex.ru)*

Диффузионная оптическая томография (ДОТ) – совокупность методов исследования биологических тканей на глубину до 10–15 см, основанных на получении информации из сильно рассеянной (диффузной) компоненты зондирующего излучения [1–2]. Одной из главных проблем ДОТ является сложность решения обратной задачи.

Целью наших исследований является упрощение процесса регистрации поглощающих и рассеивающих неоднородностей в биомедицинских объектах без решения обратной задачи.

В связи с этим предложен способ трехмерного представления конформно-отображённых временных функций рассеяния точки (ВФРТ) в цилиндрической системе координат. Способ включает в себя следующие действия: поздно пришедшие фотоны (ППФ) каждой ВФРТ нормируются относительно ППФ ВФРТ для минимального угла; затем получившаяся нормированная функция аппроксимируется прямыми линиями; на основе ППФ ВФРТ для минимального угла строится эталонная функция; нормированная функция видоизменяется (усиление, ослабление искривления) с учетом дополнительного коэффициента отображения; далее производится переход из декартовых координат к цилиндрическим и получившиеся функции визуализируются [2].

Очевидно, что эталонная функция, а также в однородном случае конформно-отображённая функция всегда будут равны единице и при визуализации будут представлять собой две в точности совпадающие цилиндрические. В неоднородном случае конформно-отображённая функция будет однозначно равна единице только для минимального угла. Для других углов значение функции будет отличаться от единицы в большую или меньшую сторону в зависимости от типа неоднородности (поглощающая, рассеивающая), её местоположения, размера и значения коэффициента отображения. При визуализации этой функции получится неровная цилиндрическая поверхность [2].

Предложенный способ был реализован в виде специализированного программного продукта в среде LabVIEW. Результаты его работы для однородного и неоднородного случаев показаны на рис. 1а и 1б, соответственно. При таком представлении ВФРТ в однородном

случае расстояние от образующих цилиндрической поверхности до её направляющей сохраняется одинаковым. Любые отклонения от этого расстояния характерны только для неоднородных случаев. Причем различим угол к оси падающего излучения под которым находится ближайший к неоднородности детектор, а значит примерное местоположение неоднородности. Тот факт, что искривление затронуло сразу несколько соседних ВФРТ (находящихся под углами  $36^\circ$ ), косвенно свидетельствует о размере и примерной глубине залегания неоднородности [2].

Предложенный способ может быть использован во время-разрешённой ДОТ для экспресс-детектирования гематом, опухолей, кист и т.п. при диагностике структур головного мозга (и, как вариант, в другом перспективном направлении использования ДОТ – маммографических исследованиях).

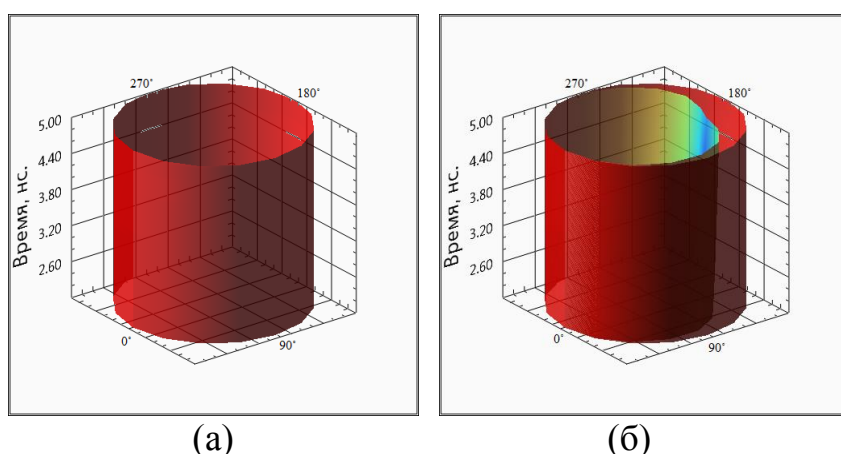


Рис.1. Трёхмерное представление ППФ для однородного (а) и неоднородного (б) случаев, коэффициент отображения  $K=-2$ .

### *Библиографический список*

1. Proskurin S.G. Using late arriving photons for diffuse optical tomography of biological objects // Quantum Electronics. 2011. Vol.41. №5. pp. 402–406.
2. Potlov A.Yu., Proskurin S.G., Frolov S.V. Three-dimensional representation of late arriving photons for the detection of inhomogeneous in diffuse optical tomography // Quantum Electronics. 2014. Vol. 44. №2. pp. 174–181.



*Проткина О.В., Фролова Т.А., Леонтьев Е.А.*

**МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО  
ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА  
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(e-mail: frolova@mail.gaps.tstu.ru)*

В последние годы метод электропунктурой диагностики биологически активных точек (БАТ) рассматривается, как одно из перспективных направлений комплексной оценки и коррекции состояния здоровья человека. Положительным фактором такой диагностики является единая система оценки результатов измерений электропроводности для всех органов, тканей и взаимосвязанных с ними точек акупунктуры (ТА). Кроме того, при исследовании пациента не происходит нарушение целостности кожных покровов, облучение его рентгеном, отпадает необходимость глотать зонд. Метод оценки биологической активности ТА позволяет выявлять скрытые или латентные очаги инфекции и определять их влияние на иммунную реактивность организма человека, проводить раннюю диагностику различных предпатологических нарушений во взаимосвязанных с БАТ органах и тканевых системах на доклиническом этапе развития болезни, когда ее симптомы не выражены или отсутствуют. Благодаря этому методу возможна расшифровка неясных, клинически сложных случаев.

Среди недостатков метода оценки биологической активности ТА можно выделить относительно большое количество информации, трудной, для наглядного восприятия (табличный способ), и осуществление влияния тестовым током на БАТ человека, что является нежелательным фактором при получении диагностики.

Использование в медицине новых средств измерения и компьютерной обработки данных резко расширили возможности диагностики. Реальностью является контроль десятков параметров жизнедеятельности в динамике. Но организм пациента является системой нелинейной, поэтому невозможно получить полностью достоверную картину его работы путем суммирования отдельных параметров. На фоне этого метод оценки биологической активности АТ приобретает все большую актуальность, так как позволяет представить целостную картину состояния организма.

Нами проводятся исследования в плане разработка устройства для оценки биологической активности точек акупунктуры. При этом была поставлена задача создания такого устройства, которое позволило бы

оценить состояние БАТ не только за счет измерения их проводимости, но и таких важных параметров, как температура и рН участка кожного покрова, поскольку только наличие информации о совокупности этих параметров дает возможность проведения всесторонней диагностики состояния организма, ведь для каждого пациента они носят индивидуальный характер. Поставленная задача была решена тем, что в устройство для оценки биоэлектрической активности ТА, выбранное в качестве прототипа, были дополнительно введены новые элементы и связи, которые обеспечили выделение необходимых параметров БАТ-температуры и рН-среды.

Значимость разработанного устройства для медицины трудно переоценить. Уникальность его терапевтических возможностей заключается в способности измерять слабый биоэлектрический сигнал от ТА на фоне преобладающих собственных шумов элементов измерительной схемы, без повреждения всех типов нервных волокон человеческого тела; в возможности добиться успеха при любых заболеваниях, а также в достижении эффекта во время лечения или сразу после лечения в большинстве острых случаев. Разработанное устройство, работающее по методу Р.Фолля, позволяет выявлять скрытые или латентные очаги инфекции и определять их влияние на иммунную реактивность организма человека, проводить раннюю диагностику различных предпатологических нарушений во взаимосвязанных с БАТ органах и тканевых системах на доклиническом этапе развития болезни, когда ее симптомы не выражены или отсутствуют. Не менее важными достоинствами данного устройства являются портативность, автономность и простота использования, так как для его применения не требуется специального медицинского образования.

В перспективе дальнейшей разработки устройства для оценки биологической активности ТА возможно создание диагностическо – терапевтического комплекса, использование которого позволит полностью визуализировать процесс диагностики, создавать и распечатывать отчет – рекомендации, хранить, редактировать и обрабатывать базу данных, что в свою очередь поможет экономить на “чистом” заполнении и ведении медицинской документации 70%, а в целом 50% рабочего времени. Компьютерная электропунктурная диагностика по методу Р.Фолля сделает возможной автоматическую регистрацию показателей измерений, оперативную статистическую обработку полученных данных для оценки функционального состояния организма больного, поддержание в консультативном режиме обширного справочного материала по электропунктурной диагностике, рефлексотерапии.

*Семенов Д.А.*

## РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА СОВМЕЩЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
(*dmitriy\_cemenov@mail.ru*).

Анализ и обработка медицинских изображений является одной из основных задач в медицине, поскольку необходимость совмещения изображений возникает при решении таких задач, как выявление изменений в серии изображений, объединение информации от различных сенсоров, текстовый анализ.

На практике довольно часто можно столкнуться с тем, что только используя различные методы диагностики, можно получить наиболее полное представление о заболевании. Однако сложность данной задачи состоит в том, что нужно с большой точностью совместить два пакета изображений получаемых не только различными методами, но и от разных медицинских датчиков.

В настоящее время существует несколько методов совмещения медицинских изображений. Если совмещаемые изображения получены от датчиков одной природы и отображают одну область и в одинаковом масштабе (рис. 1).

Причем искажения, связанные с углом обзора и поворотом относительно горизонтали, незначительны и могут не учитываться, то определение параметров совмещения изображений не требуется и можно применять стандартные алгоритмы обработки изображений.

Если же совмещаемые изображения получены различными методами и от разных датчиков, то перед совмещением изображения необходимо привести к одинаковому масштабу, убрать искажения в виде поворота или изменения угла обзора, убедиться что на изображениях отражена одинаковая область исследований. Этого можно достичь используя реперные точки-маркеры. В зависимости от выбора вида преобразования совмещаемого изображения на каждом изображении необходимо найти соответствие между не менее чем тремя (четырьмя) реперами (рис. 2), по координатам которых и вычисляются параметры преобразования для совмещения путем решения системы

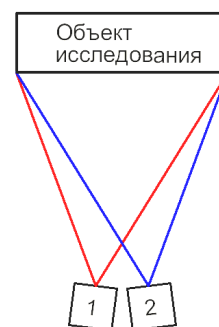


Рис.1 Пример исследования датчиками одной природы.

уравнений. Использование большего числа реперов позволяет компенсировать ошибки при определении их координат.

При использовании данного метода необходимо учитывать то, что маркеры на тело пациента ставятся до начала исследования в интересующей области. Также форму и размеров маркеров необходимо выбирать исходя из однозначности обнаружения при всех используемых методах исследова-

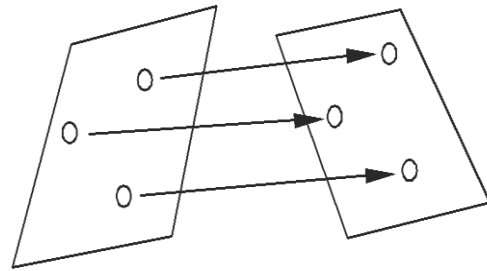


Рис.2 Совмещение реперных точек-маркеров

ния, а также соответствия разрешающей способности каждого из методов исследования. Выбирая материал оболочки маркера следует учитывать то, что он не должен вносить существенный вклад в изображение. На результирующем изображении должно отображаться только содержимое маркера, а не его оболочка.

При окончательной обработке изображений применяются различные методы фильтрации для повышения достоверности и качества диагностики, выделения интересующих исследователя деталей, получения контуров присутствующих на изображении структур.

Таким образом, в настоящее время наработан огромный материал в области совмещения медицинских изображений однако, он направлен на решение частных особенностей совмещения изображений и подходят для узкого класса задач. Построение общих, независимых систем, предназначенных для совмещения различных медицинских изображений, является наиболее актуальной задачей на сегодняшний день.

### ***Библиографический список***

1. Физика визуализации изображений в медицине в 2-х томах.: Пер. с англ./ Под ред. С. Уэбба. – М.: Мир, 1991. – 408 с.
2. Максимов, Д.В. Компьютерный анализ медицинских изображений, полученных различными физическими методами [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук (03.00.02) /Максимов Дмитрий Вячеславович; Москва, 2003. – 36 с.

Фролов С.В., Синдеев С.В., Коробов А.А.,  
Алиев Н.Э., Коновалова К.Н.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЧЕТЫРЕХКАМЕРНОЙ МОДЕЛИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Тамбовский ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(korobov1991@mail.ru, sergej.frolov@gmail.com)

Наличие адекватной математической модели сердечно-сосудистой системы, позволяющей провести анализ состояния пациента и на основе полученной оценки спрогнозировать комплекс необходимых мер по лечению, диагностике и терапии кардиологических больных для современной медицины имеет огромное значение.

Авторами предлагается четырёхкамерная модель сердечно-сосудистой системы (ССС), представленной в виде четырёх последовательно соединённых элементов: левого сердца, большого круга кровообращения, правого сердца и малого круга кровообращения, а также клапанов и камер (рис. 1) [1]:

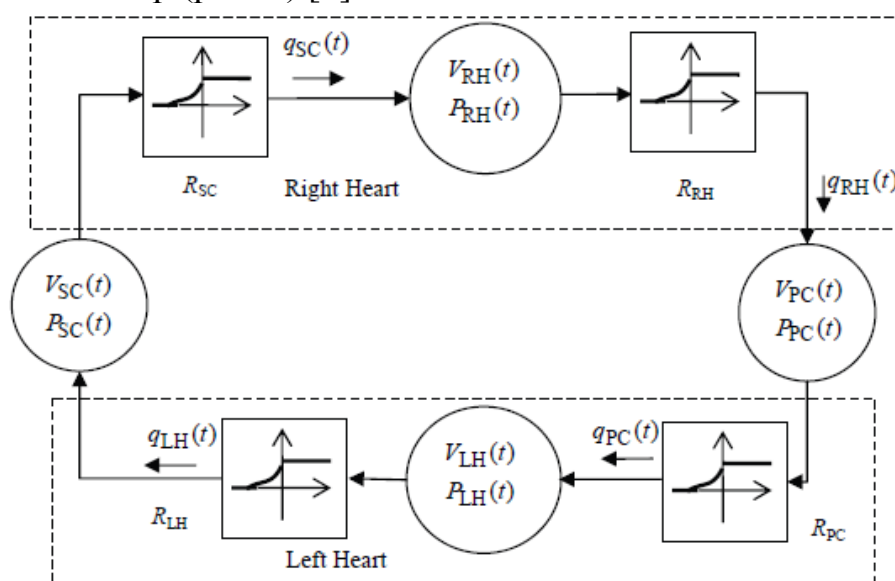


Рис.1. Структура модели кровообращения в ССС

В предлагаемой модели каждая  $i$ -я камера характеризуется следующими характеристиками: объемный кровоток  $q_i(t)$ , объем  $V_i(t)$ , давление  $P_i(t)$ ,  $i \in \{LH, SC, RH, PC\}$ .

Изменение объема крови  $V_i(t)$  в  $i$ -й камере равно разности притока в камеру  $q_{i-1}(t)$  и оттока из камеры  $q_i(t)$ . Уравнения баланса крови в камерах модели в дифференциальной форме находят по формулам (1-4):

$$\frac{dV_{LH}}{dt} = q_{PC}(t) - q_{LH}(t); \quad (1)$$

$$\frac{dV_{SC}}{dt} = q_{LH}(t) - q_{SC}(t); \quad (2)$$

$$\frac{dV_{RH}}{dt} = q_{SC}(t) - q_{RH}(t); \quad (3)$$

$$\frac{dV_{PC}}{dt} = q_{RH}(t) - q_{PC}(t). \quad (4)$$

Сопротивления  $R_i$ ,  $i \in \{LH, SC, RH, PC\}$ , определяются состоянием клапанов сердца [3]. Открытие клапана происходит в момент, когда возникает сколь угодно малый перепад давлений кровотока в направлении открытия. Клапан остается полностью открытым пока сохраняется перепад давления кровотока в направлении открытия и, следовательно, направление кровотока положительное [2].

Модель сердечно-сосудистой системы рассчитана на применение в операционных и палатах интенсивной терапии, что позволяет врачу сократить время для оценки состояния больного, производимой с учётом индивидуальных признаков каждого пациента.

Программно-аппаратный комплекс даёт возможность имитации на модели кровообращения прогноза реакции пациента на предлагаемые лечебные действия врача. Данный фактор позволяет более детально изучить возможные направления терапии больного.

В дальнейшем предполагается усовершенствование этой модели путём разработки и введения новых алгоритмов оценки состояния пациентов.

### ***Библиографический список***

1. 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 сердца / В.А. Лишук, Е.В. Мосткова // Клин. физиология кровообращения. – 2006. – № 1. – С. 16–21.
3. Лишук, В.А Система закономерностей кровообращения / В.А. Лишук // Клин. физиология кровообращения. – 2005. – № 4. – С. 14–24.

*Стародубцева Л.В., Корневская С.Н.,  
Писарев М.В., Магеровский М.А.*

## **ДИАГНОСТИКА БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
Тренер ЦСКА, г. Москва*

Одной из основных проблем связанных с оценкой состояния биотехнических систем является аналитическая сложность исследуемых классов состояний с достаточно большой зоной неопределенности.

Проведенные исследования показали, что в таких условиях хорошо зарекомендовала себя технология мягких вычислений и в частности нечеткая интерпретация метода группового учета аргументов [1].

Метод группового учета аргументов [1] характеризуется использованием моделей структурно параметрической идентификации представленных полиномами Колмогорова-Габора:

В ходе процесса обучения для каждого из исследуемых классов состояний  $\omega_j$  в пространстве информативных признаков с использованием обучающих алгоритмов МГУА получают наборы моделей взаимосвязей между различными информативными признаками:

$$X_j = F_j(\bar{X}_k, \bar{A}_k), \quad (1)$$

где  $X_j$  - признак с номером  $j$  рассчитанный по объектам обучающей выборки класса  $\omega_j$ ;  $\bar{X}_k$  - вектор группы признаков, причем признак с номером  $j$  не входит в группу  $k$ ;  $F_j$  - функция связи  $X_j$  с  $\bar{X}_k$ ;  $\bar{A}_k$  - вектор настраиваемых параметров.

Таким образом, каждый из исследуемых классов состояний представлен «своими» наборами моделей типа (1).

Математические модели типа (1) представляют собой приближенное описание исследуемых классов состояний  $\omega_\ell$  и поэтому они характеризуются некоторой мерой доверия к ним, которые могут быть определены коэффициентом дискриминации  $R_{\ell r}^2$ . В соответствии с рекомендациями [1] мера доверия к моделям каждого альтернативного класса в этом случае определяется выражением:  $МДМ_{\ell r} = R_{\ell r}^2$ , где  $r$  номер модели (1) в классе  $\omega_\ell$ .

Для нечеткого представления исследуемых классов состояний вводится функция принадлежности  $\mu_{\ell r}(D_{\ell r})$  к классу  $\omega_\ell$  с базовой

переменной  $D_{lr}$ , определяемой как расстояние между измеренными значениями признаков характеризующих состояние элементов биотехнических систем до значений тех же признаков полученным на моделях расчетным путем.

При нечеткой интерпретации МГУА в процессе обучения, пользуясь, например, рекомендациями [2,3] синтезируется набор соответствующих функций принадлежности  $\mu_{lr}(D_{lr})$ .

Уверенность в классификации при использовании нечеткого МГУА определяется выражением:

$$UGM_{\ell}^* = \frac{1}{L_r} \sum_{r=1}^{L_r} \mu_{lr}(D_{lr}), \quad (2)$$

С учетом  $МДМ_{\ell}$  уверенность в принадлежности объекта исследования к классу  $\omega_{\ell}$  определяется выражением:

$$UGM_{\ell} = \max[0, (UGM_{\ell}^* - МДМ)]. \quad (3)$$

Для более точной оценки на экспертном уровне может быть определена мера доверия к обучающей выборке и мера доверия к используемому пространству признаков. Эти меры доверия легко пересчитываются в меру недоверия к общему решению – МНД, тогда общая уверенность в принимаемом решении определяется выражением:

$$UG_{\ell} = UGM_{\ell} - МНД \quad (4)$$

### ***Библиографический список***

1. Ивахненко, А.Г., Юрачковский, Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. – М.: Радио и связь, 1987. – 118с.
2. Корневский, Н.А. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил / [Текст] Н.А. Корневский, Р.В. Руцкой, С.Д. Долженков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2013. - Т.12. - №4. - С.905-909.
3. Корневский, Н.А. Синтез нечетких сетевых моделей обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем / Н.А. Корневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. - 2008. - №2. - С.18-24.



*Суфельфа А.Р.*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЦР ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМОРФИЗМОВ**

*Юго-Западный государственный университет, Россия, Курск,  
(sufelfa.ar@yandex.ru)*

В предложенной статье рассматривается применение полимеразной цепной реакции для определения и диагностики полиморфизмов в цепи ДНК.

Одним из самых современных методов молекулярной биологии является метод ПЦР диагностики – полимеразная цепная реакция. Исследование методом ПЦР имеет ряд преимуществ перед привычными способами, так как данный метод ПЦР диагностики позволяет специфично увеличивать (амплифицировать) в сотни раз участок ДНК возбудителя заболевания в исследуемом образце. Теоретически метод ПЦР диагностики позволяет обнаружить даже единственную копию чужеродной ДНК в образце, что позволяет говорить об отсутствии у него предела чувствительности. Кроме высокой чувствительности, исследование методом ПЦР имеет абсолютную специфичность, то есть если метод ПЦР диагностики выполнен правильно, то он не дает ложноположительных результатов.

Метод ПЦР открыл американский химик Кэрри Б. Мюллисом в 1983 году, за что он был удостоен Нобелевской премии.

Метод основан на выявлении ДНК различных инфекций и позволяет с высокой достоверностью выявлять такие инфекции как: вирусы, уреаплазмы, микоплазмы, гарднереллы, грибки. ДНК-диагностика — это один из наиболее современных высокотехнологичных методов исследования. ДНК-анализы широко применяются в диагностике инфекционных заболеваний, позволяя обнаруживать даже единичные микроорганизмы в организме человека. ДНК-диагностика объединяет несколько методов исследования, самый распространенный из них — метод ПЦР. Однако помимо привычного способа использования метода ПЦР, его можно применить для определения генетических полиморфизмов.

Проблема правильной постановки диагноза существовала со времен появления первых врачей. Поэтому актуальность увеличения точности диагностики не вызывает сомнений. А одним из вероятных причин заболеваний может быть генетические предрасположенности, которые могут возникать в результате замен в ДНК одного или нескольких нуклеотидов. В зависимости от места расположения замененных участков, результат может быть различным.

Таким образом, если при возникновении заболевания возбудитель не обнаруживается, желательна проверка генетических предрасположенности к проявляемым симптомам.

Преимущества определения генетических полиморфизмов методом ПЦР в режиме реального времени:

1. Высокая прогностическая значимость выявляемых факторов риска
2. Анализ на данные мутации достаточно провести 1 раз в жизни
3. Точность определения генотипа - практически 100 %
4. Относительная легкость получения материала
5. Высокая скорость - выдача результата возможна в течение 1 суток после поступления материала в лабораторию.

#### ***Библиографический список***

1. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. Пер. с англ. — М.: Мир, 2002. — 589 с., ISBN 5-03-003328-9
2. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. — 496 с.; ISBN 5-94087-098-8
3. Патрушев Л.И. Искусственные генетические системы — М.: Наука, 2005 — В 2 т. — ISBN 5-02-033278-X
4. Костюк С.А., Кулага О.К., Хворик Д.Ф. Новые аспекты клинического применения полимеразной цепной реакции. - «Медицинские новости»
5. Херрингтон С., Макгли Дж. Молекулярная клиническая диагностика. Методы. - М.: Мед. книга, 1999. - 433 с.

***Суфельфа А. Р. Тимохин А. А.***

### **ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ШУМОВ В ЛЕГКИХ**

*Юго-Западный государственный университет, Россия, Курск,  
(sufelfa.ar@yandex.ru, alex\_1995\_2505@mail.ru)*

Данная статья посвящена вопросу обработки и визуализации сигналов от шумов в легких пациента, используя преобразование Фурье и его модификации.

В наше время вопросы обработки сигналов медицинского оборудования являются важным аспектом для решения медицинских проблем.

В данной работе предлагается использование преобразования Фурье для визуализации шумов в легких. Поставленная задача реализуется с помощью программирования в среде MATLAB (Matrix Laboratory), используя функцию `fft` (Fast Fourier transform).

Итак, преобразование Фурье – это операция, сопоставляющая функции вещественной переменной другую функцию вещественной переменной. Преобразование Фурье функции  $f$  вещественной переменной является интегральным и задается следующей формулой:

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-ix\omega} dx.$$

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) – это одно из преобразований Фурье, широко применяемых в алгоритмах цифровой обработки сигналов, оно позволяет превратить  $N$  отсчетов сигнала  $x_n$  в столько же спектральных отсчетов  $X_k$ . Связь между представлениями сигнала во временной и частотной областях выражается следующей формулой:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N}kn} \quad k = 0, \dots, N-1$$

Нами было использовано «быстрое преобразование Фурье» (БПФ). Основная идея алгоритма БПФ изложена следующим образом: если размерность преобразования  $N$  может быть разложена на множители, то и само преобразование можно разделить на несколько преобразований меньшей размерности, а затем объединить их результаты. При этом удастся уменьшить требуемое для вычисления ДПФ количество вычислительных операций.

Фурье анализ идеально подходит для выделения гармонических сигналов на фоне помех. Сигнал, снятый с пациента, почти всегда обладает шумом, поэтому возникает проблема его восприятия. Построение спектрограммы позволяет наглядно изучить исходный сигнал. Если из-за помех не будет видно полезного сигнала, то спектральная характеристика позволит определить его амплитуду и частоту. В используемом преобразовании Фурье присутствуют наряду с вещественными коэффициентами и мнимые. Поэтому для визуализации сигнала необходимо взять модуль от преобразования Фурье (функция  $\text{abs}$ ). Поскольку это преобразование переводит сигнал из временной области в частотную, для вывода графика спектра необходимо задать вектор нормализованных частот.

Таким образом, преобразование Фурье позволяет сопоставить сигналу, заданному во временной области, его эквивалентное представление в частотной области.

Основная проблема – требование использовать для БПФ только сигналы определённой длины, конкретно – длина сигнала в выборках должна быть степенью двойки. В результате, обычный калибровочный сигнал невозможно подвергнуть БПФ на его длине периода, придётся использовать для анализа область чуть больше – периода сигнала, или пред-

варительно провести переддискретизацию сигнала на виртуальную частоту дискретизации, что в итоге также приведёт к искажениям спектра.

Однако, быстродействие БПФ в зависимости от N(количества отсчетов) может в сотни раз превосходить быстродействие других методов. При этом следует подчеркнуть, что алгоритм БПФ наиболее точный, так как, сокращая число операций, он приводит к меньшим ошибкам округления. Алгоритмы прямого и обратного БПФ широко используются в современном программном обеспечении для анализа и обработки цифровых данных.

### ***Библиографический список***

1. В. Г. Потемкин. Введение в MATLAB. – М. : Диалог-МИФИ, 2000. - 256 с.
2. Зорич В. А. Математический анализ. — М.: Физматлит, 1984. — 544 с.
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2006. — С. 751.

***Талёб Е.М., Исаков Р.В.\****

## **НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНАЯ БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*\* Владимирский государственный университет  
Имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
Россия, Владимир,  
(dr.temad@gmail.com, Isakov-RV@mail.ru).*

***Нейрокомпьютерный интерфейс*** (НКИ) представляет собой биотехническая система принцип работы, которое должно напрямую соединять мозг человека с компьютером с целью Обеспечения головному мозгу непосредственное управление внешними техническими устройствами, Независимо от любого нервного окончания.

Целью данной работы является исследования визуальных когнитивных вызванных потенциалов (Р300) и применения их совместно с классическими психофизиологическими показателями для разработки автоматизированной биотехнической системы полиграфических исследований. Метод основан на регистрации активности мозга "ЭЭГ", Кожно-гальванической реакции (КГР) и дыхания в ответ на визуальные стимулы.

### **Методика**

***Испытуемые.*** Исследование проведено на пятерых здоровых взрослых испытуемых (20-30) с нормальным зрением (одна женщина, четыре мужчины).

*Стимуляция.* Испытуемые сидят на стуле в светоизолированной помещении. Перед испытуемым на расстоянии 120 см от глаз располагается экран компьютера, в котором производится показ лиц в случайном порядке в одну секунду.

*Инструкция:* прежде чем начинать автоматический показ испытуемый запоминает одно лицо из ряда незнакомых лиц.

*Регистрация ЭЭГ* проводится непрерывно монополярно с 16 электродов, расположенных по международной системе 10-20. Использовался цифровой усилитель ЭЭГ с 4 универсальными полиграфическими каналами NVX-36 с частотой дискретизации сигнала 1000 Гц/канал. Сопротивление электродов не превышало 5кОм. Полосу пропускания усилителей ограничивали полосой 0.5-30 Гц. Для регистрации кожно-гальванической реакции (КГР) и дыхания параллельно подключаются датчики к дополнительным каналам “Aux1” и “Aux2” и закрепляется на тело испытуемого в нужные места (палец руки, рот).

*Анализ данных.* Данные ЭЭГ обрабатывались в программах “PolyRec” и “EDFbrowser” а также в системе “MATLAB”.

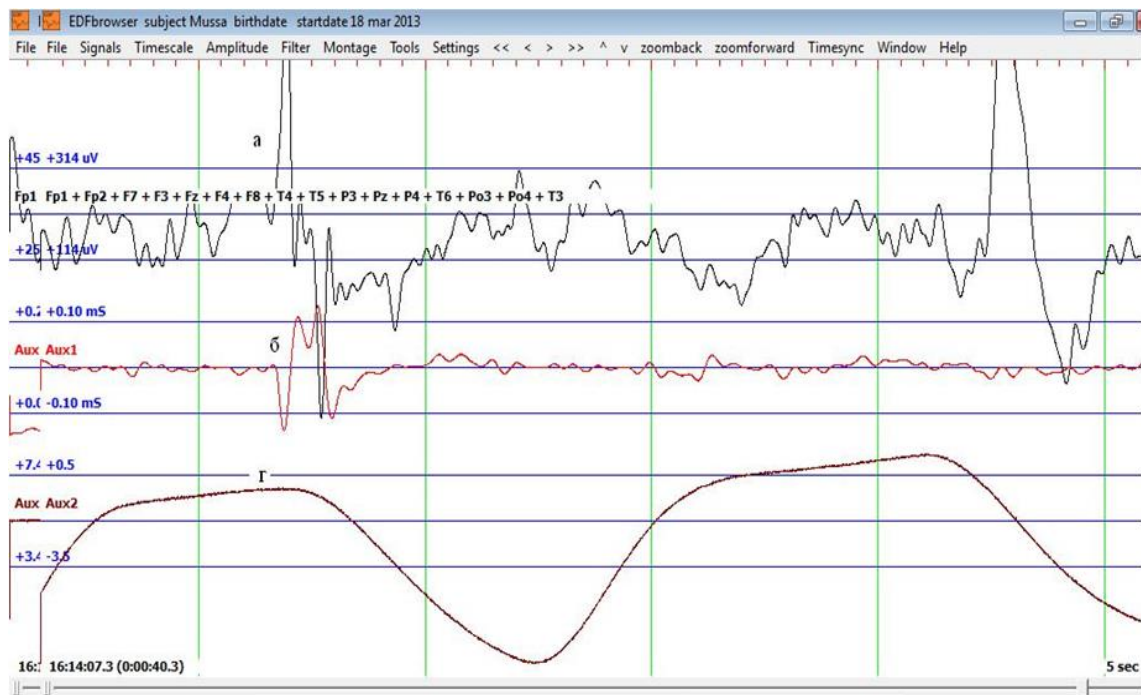


Рис.1 Полиграмма: а – ЭЭГ, б – КГР, г – ритм дыхание

На рис.1 представлены результаты исследований. Полученные результаты исследований показывают, что при опознании лиц (значимый стимул) у испытуемых регистрировалась (образовалась) волна P300 в промежутке 100-500 мс, и отклонились КГР и дыхание от нормы (фо-

на), а при незначимом стимуле (незнакомое лицо) не образовалась волна P300, не произошло отклонения КГР-сигнала и дыхания.

### ***Библиографический список***

1. Белюшина О.В., кандидат юридических наук Источник // журнал "Российский Полиграф" № 3 2007 г.
2. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / В.В. Гнездицкий: Таганрог ТРТУ, 1997 г.
3. Михайлова Е. С., Чичиров В. А., Птушенко Е. А., Шевелов И. А. журнал высшей нервной деятельности том 58 №3 2008 г.
4. Данилова Н.Н. Психофизиология // Н.Н Данилова. М.: Аспект Пресс, 1998 г.

***Танаева Е.Г., Сазанова И.Н.***

## **СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИОДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКИ**

*Поволжский государственный технологический университет,  
Россия, Йошкар-Ола,  
(e-mail: hdinar@yandex.ru).*

Представления о развитии глаукомной оптической нейропатии за последнее десятилетия значительно изменились, тем не менее, основным методом лечения любой глаукомы по-прежнему является снижение внутриглазного давления (ВГД). В современной офтальмологии эта цель реализуется через три основных метода: консервативный, лазерный и микрохирургический.

Наиболее широко применяемой лазерной операцией при лечении первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) является лазерная трабекулопластика (ЛТП). Одной из модификаций ЛТП является диодная трабекулопластика (ДЛТП) с использованием лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона (810 нм).

В офтальмологии мало освещены вопросы, посвященные изучению зависимости эффекта лазерных операций от индивидуальных характеристик пациентов и строения их глаз. Еще более затруднительной является задача прогнозирования эффективности лечения, т.е. снижения ВГД после лазерной операции.

Цель данной работы: разработка системы прогнозирования гипотензивного эффекта при проведении диодной лазерной трабекулопластики с использованием алгоритмов дискриминантного анализа.

Был проведен анализ амбулаторных карт пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. ДЛТП была проведена на 81 глазу. Ла-

зерное вмешательство проводили амбулаторно по классической методике (ЛТП по методу Wise). В работе использовали диодный лазерный офтальмокоагулятор ближнего инфракрасного диапазона ( $\lambda=0,81\text{мкм}$ ) модели Лахта-Милон фирмы Милон (СПб). Классифицируемым параметром (G) является изменение ВГД, выраженное в мм.рт.ст. после проведенного лазерного вмешательства (гипотензивный эффект). Измерение ВГД (истинное ВГД –  $P_0$ ) проводили на электронном тонографе Глау-Тест-60 в день операции непосредственно перед самой процедурой, окончательный эффект оценивали через месяц.

Объекты в обучающей выборке были разделены на 3 класса по результатам эффективности ДЛТП: 1 группа (G1) – пациенты с отсутствием эффекта или слабо выраженным эффектом ЛТП (0 до 5 мм. рт. ст.) – 24 случая наблюдения; 2 группа (G2) – пациенты с умеренно выраженным эффектом ЛТП (от 5 до 10 мм. рт. ст.) – 34 случая наблюдения; 3 группа (G3) – пациенты с максимально выраженным эффектом ЛТП (от 10 до 15 мм. рт. ст.) – 23 случая наблюдения.

В качестве входных факторов, предположительно влияющих на эффективность ДЛТП, были выбраны следующие параметры: возраст (X1), стадия глаукомы (X2), степень пигментации трабекулы (X3), наличие псевдоэкзофолиативного синдрома (X4), наличие сопутствующих хронических заболеваний (сахарный диабет, ИБС, артериальная гипертензия) (X5), уровень повышения ВГД на момент лазерного вмешательства (X6), давность заболевания до проведения лазерного вмешательства, соответствующая давности использования местной гипотензивной терапии (X7). По матрице наблюдений методом дискриминантного анализа были получены решающие правила классификации в виде канонических линейных дискриминантных функций. Решение задачи классификации выполняется по следующему правилу: объект с заданным набором признаков будет относиться к группе, расстояние до центроида которого будет минимальным. Координаты центроидов представляют собой значения, рассчитанные с помощью функций КЛДФ и средних значений по каждому симптому обучающей выборки.

Оцененная точность прогнозирования в среднем характеризуется достоверностью 70,4%, для первой группы – 87,5%, второй группы – 67,7%, третьей группы – 56,5%. Более высокий процент достоверности для первой группы позволяет выделить ее как малоперспективную по эффективности ДЛТП.

Оценка эффективности решающих правил диагностики (КЛДФ): чувствительность – 87,5%, специфичность – 91,2%, безошибочность – 90%, ошибка первого рода (ложноотрицательный ответ) – 12,5%, ошибка второго рода (ложноположительный ответ) – 8,7%.

### *Библиографический список*

1. Егоров Е.А., Астахов Ю.С., Шуко А.Г. (ред.). Национальное руководство по глаукоме М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011, 280 с.
2. Балашевич Л.И., Гацу М.В., Измайлов А.С. и др. Лазерное лечение глаукомы. — СПб.: «МАПО», 2006. 56 с.
3. Краснов М.М., Акопян В.С., Ильина Т.С. и др. Лазерное лечение первичной глаукомы, Вестник офтальмологии, 1982, №5, стр.18–22.

***Толстухин И.А.<sup>1</sup>, Канцеров В.А.<sup>1</sup>, Фролов В.А.<sup>2</sup>***

### **ДЕТЕКТОР БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ НА ОРГАНИЧЕСКОМ СЦИНТИЛЛЯТОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SiPM**

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,*

<sup>2</sup> *ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,*

*Россия, Тамбов*

*(e-mail: ivantolstukhin@gmail.com)*

Разработан детектор быстрых нейтронов на органическом сцинтилляторе с использованием в качестве фотоприемника твердотельного кремниевого фотоумножителя SiPM (Silicon Photomultiplier).

Источники импульсного нейтронного излучения находят широкое применение в различных приложениях, как научного, так и прикладного характера. Для возможности применения таких источников необходимо знать их основные характеристики, часть которых устанавливается методом прямых измерений физических величин.

Регистрация нейтронов основана на двух принципах: мгновенная регистрация нейтронов за счет происходящих в детекторе ядерных реакций с образованием заряженных частиц и регистрация наведенной нейтронами радиоактивности после окончания нейтронного импульса [1].

Используемый в данной работе метод регистрации заряженных продуктов ядерных реакций (протонов отдачи) позволяет определить мгновенную интенсивность выхода нейтронов источника. Для регистрации обычно используются детекторы протонов отдачи на основе органических сцинтилляторов. Это дает возможность создания детектора большого объема, что позволяет обеспечить достаточную эффективность регистрации нейтронов для практического применения. Еще одним преимуществом таких детекторов является их малая цена.

Для регистрации потока нейтронов от генератора в качестве фотоприемника предлагается использовать не вакуумный ФЭУ, а новый вид фотоумножителей – кремниевый твердотельный фотоумножитель



SiPM. По сравнению со своими аналогами использование SiPM в детекторе дает ряд преимуществ: маленькое напряжение питания, компактность, возможность использования в магнитных полях. Эффективность современных SiPM не уступает обычным ФЭУ.

Детектор представляет собой цилиндрический сцинтиллятор, на основе полистирола, с параметрами:  $H=100$  мм,  $D=80$  мм. Для увеличения эффективности собирания света со всего объема сцинтиллятора на его поверхности прорезаны девять специальных канавок, в которые вставлены шифтерные волокна (fiber,  $d=1$  мм). Собираение света осуществляется с помощью SiPM с чувствительной областью  $3 \times 3$  мм<sup>2</sup>.

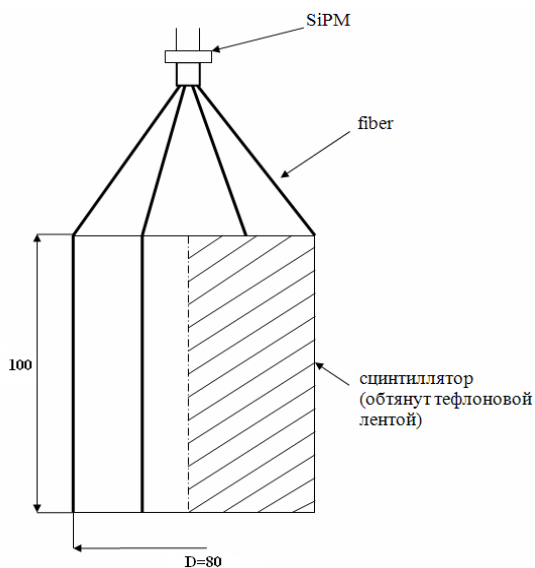


Рис. 1. Общий вид детектора нейтронов

Макет детектора изготовлен и испытан на источнике и генераторе нейтронов. Полученный детектор удовлетворяет всем требованиям для регистрации импульсных нейтронов от генератора.

Для изготовления промышленного образца, наряду с самим детектором, будет необходима соответствующая электроника: блок питания, усилитель, счетчик количества нейтронов либо амплитудный анализатор. Анализ спектра позволит получить полную информацию о потоке нейтронов, интенсивности, т.е. о генераторе нейтронов.

#### *Список литературы*

1. Абрамов А.И. Основы экспериментальных методов ядерной физики / А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич.- Энергоатомиздат. 1985.

Толстухин И.А.<sup>1</sup>, Канцеров В.А.<sup>1</sup>, Фролов С.В.<sup>2</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПЛЁНОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЮТЕЦИЙ

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Россия, Москва

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, Тамбов  
(ivantolstukhin@gmail.com)

Тонкие пленки (~ 20 – 30 мкм) из неорганических сцинтилляторов на основе нанопорошков бората лютеция (LuBO<sub>3</sub> : Ce) могут найти широкое применение для регистрации  $\gamma$ -квантов низких энергий (~ десятки КэВ) в медицинской диагностике [1], а также в экспериментальной ядерной физике, например, в детекторах переходного излучения [2].

Уникальные образцы отечественных пленок исследовались на предмет световых выходов в сравнении с известными кристаллами LYSO, используемыми в позитронной томографии. Показано, что световой выход с исследуемых пленок такого же порядка, что и у выращенных кристаллов LYSO(LSO), что составляет ~ 1.2 от световых выходов NaI. Время высвечивания ~ 40нс. Схема установки на которой проводились измерения представлена на рис. 1.

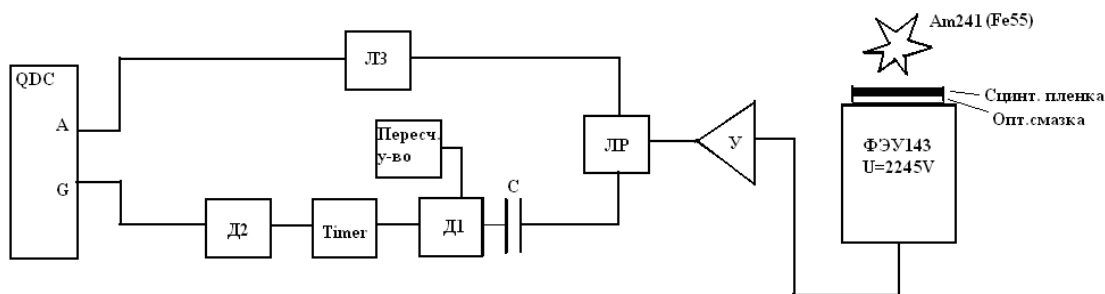


Рис. 1. Схема установки

Для регистрации фотонов, образующихся при регистрации  $\gamma$ -квантов в плёнке использовался ФЭУ143. Калибровочный спектр выходного сигнала приведен на рис. 2.

На рис. 3 приведены амплитудные спектры сигналов с ФЭУ143 при облучении пленки источниками  $\gamma$ -квантов Fe55(6 КэВ) и Am241(15 КэВ).

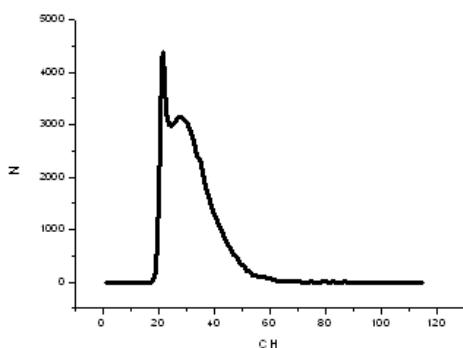


Рис. 2. Одноэлектронный спектр  
ФЭУ143.

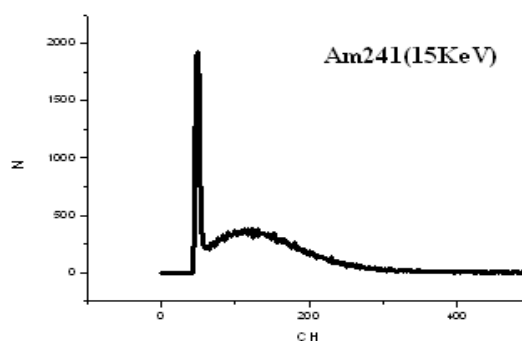
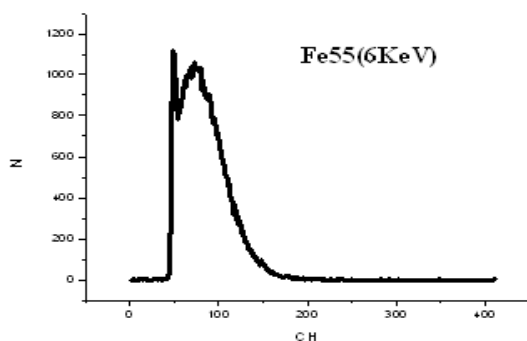


Рис. 3. Амплитудные спектры сигналов при облучении пленок  
Am241 и Fe55

Число фотоэлектронов от  $\gamma$ -квантов с энергией 6 КэВ - 8.4 , 15 КэВ – 18. Энергетическое разрешение соответственно 49,7% и 57,5% . Толщина пленки (концентрация бората лютеция) может изменяться при изготовлении.

Полученные результаты открывают перспективы использования таких пленок в детекторах переходного излучения (TRD), а также в медицинской диагностике.

#### *Библиографический список*

1. Блинов Н.Н. Методы компьютерной томографии в медицине. Здорово-охранение и медицинская техника №3 (17) 2005, с.10-11 .
2. Dolgoshein В.А. Transition radiation detectors and particle identification. "Nucl. Instr. And Met. In Physics research" 1986, v A252, p137.

*Фролов С.В., Сундеев С.В., Liepsch D., Balasso A.*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛАСТИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(email: sergej.frolov@gmail.com)*

**Введение.** Аневризма является наиболее распространенным заболеванием церебральных артерий. Образование аневризмы происходит под действием гемодинамических факторов. Для эффективного лечения и прогнозирования развития аневризмы необходимо использовать экспериментальную установку для определения скорости движения крови в области аневризмы.

**Экспериментальная установка.** Установка, расположенная в междисциплинарной исследовательской лаборатории Технического университета Мюнхена (г. Мюнхен, Германия) использует лазерный доплеровский анемометр для измерения скорости тока жидкости в эластичных моделях церебральных сосудов. Схема установки приведена на Рис.1.

Так как кровь обладает неньютоновскими свойствами, то была разработана специальная прозрачная жидкость со сходными свойствами для использования в экспериментальной установке. Для моделирования эластичной стенки церебральной артерии была изготовлена силиконовая модель сосуда со схожими механическими свойствами [1].

В ходе эксперимента жидкость перекачивается из накопительного резервуара в напорный резервуар, из которого попадает в переполняемый резервуар. Такая конструкция позволяет обеспечить постоянное давление в экспериментальной установке. Специально запрограммированный поршневой насос имитирует работу сердца, благодаря чему обеспечивается реалистичное движение крови в установке. Вспомогательные резервуары используются для моделирования эластичности артериальной системы. Проходя через модель экспериментальная жидкость попадает назад в накопительный резервуар. Для подстройки объемного расхода используются регулирующие резервуары. Давление на входе в модель измеряется с помощью датчика давления и варьируется от 150 мм.рт.ст (систолическое давление) до 70 мм.рт.ст. (диастолическое давление).

**Заключение.** Описанную экспериментальную установку планируется в дальнейшем использовать для проверки адекватности математических моделей гемодинамики церебральных артерий [2].

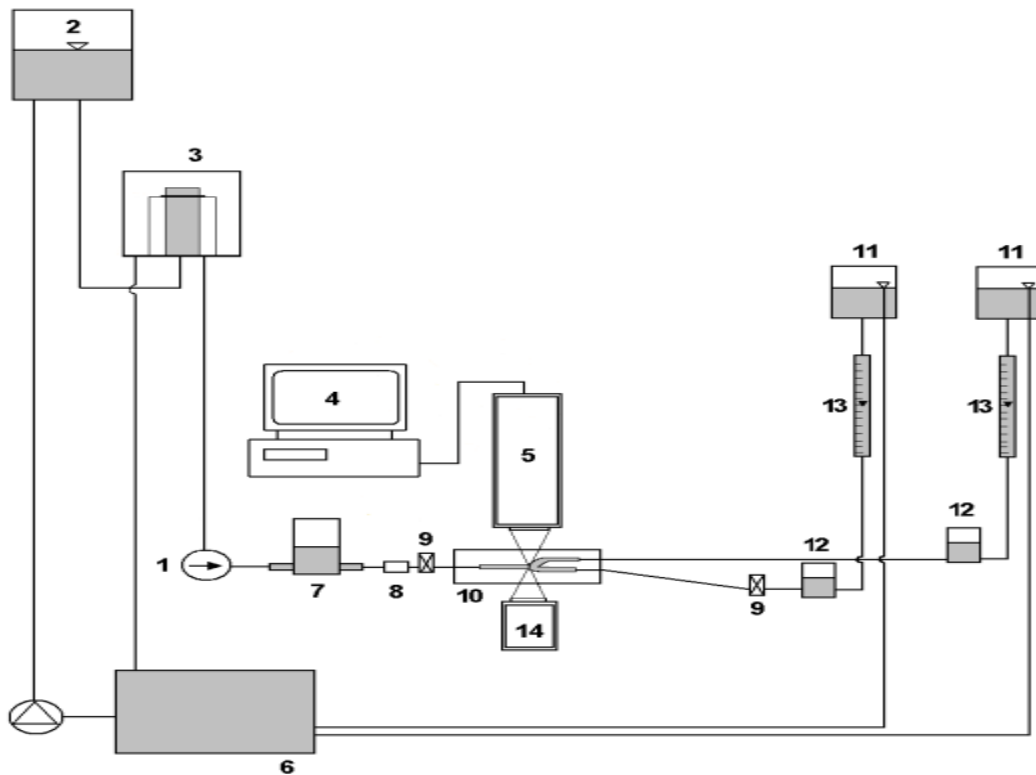


Рис.1.Схема экспериментальной установки для измерения скорости жидкости в эластичных моделях сосудов.

1 – поршневой насос; 2 – напорный резервуар; 3 – переполняемый резервуар;  
 4 – персональный компьютер; 5 – 1D лазерный доплеровский анемометр;  
 6 – накопительный резервуар; 7 – вспомогательный резервуар; 8 – измеритель  
 объемного расхода; 9 – датчик давления; 10 – эластичная модель церебрального  
 сосуда; 11 – регулирующие резервуары; 12 – вспомогательный резервуар;  
 13 – датчик потока; 14 – фотоумножитель.

### *Библиографический список*

1. Mijovic B., Liepsch D. Experimental flow studies in an elastic Y-model//Technology and health care: official journal of the European Societyfor Engineering and Medicine. – 2003. №11(2). P. 115-141.
2. Frolov S.V., Sindeev S.V., Lischouk V.A., Gazizova D.Sh., Liepsch D., Balasso A. Development of multiscale hemodynamics model for research of basilar artery circulation //Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University. – 2013. №4. P. 46-53.

*Frolova M.S., Frolova T.A.*

## **THE APPLICATION OF THE EUROPEAN REGULATION FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IN HEALTHCARE**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia  
(mashaflor@gmail.com)*

Medical devices are used in all branches of medicine to treat and diagnose diseases. Although the formal regulation of medical devices in the European Community only began in the mid 1990s, nowadays it is obvious that having an understanding of medical device regulation is an important requirement not only for healthcare professionals but also for the developers and manufactures of medical devices.

In Europe there are various organizations and committees dealing with regulations of medical devices in Europe. However, major players include only two organizations the European Commission and Notified Bodies (fox example, BSI or TUV).

A regulatory system for medical device regulation is used in the European Union. Collectively known as the Medical Device Directive (MDD), this core legal framework consists of three directives that regulate the safety and marketing of medical devices in Europe.

There are three European Directives related to device regulations:

- Active Implantable Medical Device Directive (AIMDD 90/385/EE);
- Medical Device Directive (MDD 93/42/EEC);
- In Vitro Diagnostic Medical Device Directive (IVDMDD 98/79/EC).

These Directives were introduced in the 1990s and have been updated several times since then. In this report we will constantly refer to the Medical Device Directive. These Directives state that only products fulfilling the essential requirements may be placed on the market. The application of harmonized standards or their specification remains voluntary and manufactures are free to choose any technical solution that provides compliance with the essential requirements.

Additional directives include directives that deal with public procurement, general product safety, electromagnetic compatibility, information technology equipment etc.

Regarding computer technologies in medicine it is crucial to understand whether stand alone software can be qualifies as a medical device. Although software can be used for a large variety of medical purposes, not always all stand alone software used within healthcare can be qualified as a medical device.

In December 2009 a working group was created by the European Commission. The aim of it was to decide what type of software should be subject to the medical device regulations and which requirements should apply. The guidance document (MEDDEV 2.1/6, January 2012) was issued to qualify and classify of stand alone software in health care. This document only deals with stand alone software and provides some illustrative examples. Software incorporated in medical devices is outside the scope of this guideline.

According to the guideline MEDDEV 2.1/6, stand alone software means software which is not incorporated in a medical device at the time of its placing on the market or its making available. Expert function software means software which is able to analyze existing information to generate new specific information according to the intended use of the software.

Stand alone software must have a medical purpose to be qualified as medical device.

In the document MEDDEV 2.1/6 qualification criteria of stand alone software as medical device are clarified. Decision diagram presented in the document gives some guidance regarding the necessary steps to qualify stand alone software as medical device.

Possible difficulties in marketing of medical software and medical devices often influence the manufacturer's decision about developing new technologies. Regulatory requirements play an important role in this decision because they can escalate the costs of marketing of medical software and medical devices.

Another common component of the regulation systems is Post-market Surveillance and Medical Device Vigilance Reporting. For example, guideline on a Medical Device Vigilance System in Europe (MEDDEV 2.12-1 rev.4) relates to the question of the application of EC-Directives on medical devices. According to this document, "the purpose of the Vigilance System is to improve the protection of health and safety of patients, users and others by reducing the likelihood of the same type of adverse incident being repeated in different places at different times. This is to be achieved by the evaluation of reported incidents and, where appropriate, dissemination of information which could be used to prevent such repetition, or to alleviate the consequences of such incidents".

All the regulations mean that manufactures are responsible for the proper functioning of medical device. The manufactures should care and prove that their medical devices are safe.

*Швырева К.Е. Сулова Ю.В. Ветров А.Н.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕЩЕНИЯ И ОБРАБОТКИ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

*ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*

*(aksyutka.shvyreva@mail.ru, popova21.04@mail.ru, avetrov@yandex.ru)*

Развитие новых технологий и цифровой техники привело к появлению большого количества новых методов медицинской диагностики с визуализацией изображений в 3D формате. Одним из современных является метод рентгеновской компьютерной томографии (КТ), который позволяет быстро получить информацию о состоянии внутренних органов человека с использованием рентгеновского излучения [1].

Компьютерная томография – это метод послойного исследования органов человеческого тела, при котором используются рентгеновские лучи. Но, в отличие от обычной рентгенографии, КТ позволяет получить снимок определенного поперечного слоя (среза) человеческого тела. В современном компьютерном томографе возможно реконструировать 3D-изображения с воспроизводимыми на экране теневыми эффектами и определять параметры объектов.

Изображение слоя ультразвуковой томографии достигается простой регистрацией временных интервалов получения отраженных от объекта сигналов. Современные медицинские ультразвуковые сканеры оснащаются сложными системами обработки изображений, приближающих их по сложности с КТ. Однако изображение в ультразвуковых компьютерных томографах до сих пор не обеспечивает достаточно высокого качества, так как представляет собой двумерное распределение звукового сопротивления тканей поперечного среза исследуемого объекта.

Магнитно-резонансная томография (МРТ), в отличие от рентгеновского обследования, исключает радиоактивное воздействие, тем самым обеспечивая не только точность получаемых данных, но и безопасность процедуры. Объёмная магнитно-резонансная томография показывает состояние мягких тканей, химический состав жидкостей в органах. Рентген и МРТ позволяют получить изображение структур, а позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) проводит анализ метаболизма, позволяя практически безошибочно выявить патологию, уточнить стадию заболевания, а также позволяет строить трёхмерную реконструкцию функциональных процессов, происходящих в организме человека. В отличие от МРТ и КТ, ПЭТ применяется не для изучения анатомических особенностей тканей и органов, а для



диагностики их функциональной активности. Позитронно-эмиссионную томографию сочетают с проведением компьютерной томографии. КТ даёт детальную анатомическую картину исследуемой зоны, а посредством ПЭТ оценивается наличие в ней исследуемых функциональных процессов, таких как опухолевый рост.

Ещё одним методом диагностики является медицинское тепловидение, основанное на регистрации инфракрасного излучения на поверхности кожи человека. Термография при комплексной диагностике болезни дополнительно обеспечивает важнейшую информацию о наличии и тяжести воспалительных процессов и дает возможность дать оценку эффективности консервативного лечения. Как и МРТ этот метод является абсолютно безопасным для пациента.

В настоящее время активно изучается и внедряется комплексирование различных методов медицинской диагностики с визуальным отображением информации. Например, используется методика совмещения изображений МРТ и КТ, изображений УЗИ и МРТ и т.п. Комплексирование повышает информативность обоих диагностических источников. Так, например, показано, что комплексирование с последующей обработкой оптической и тепловизионной информации повышает информативность сформированного изображения в 6 раз относительно исходных [2].

До сих пор не рассматривалось совмещение 3D и 2D изображений. На наш взгляд, интересным будет рассмотрение возможностей и разработка методик совмещения изображения 3D МРТ с наложением аномальных инфракрасных участков в места возможных патологий на 3D изображение. Суть в том, что искажение тепловой картины на поверхности тела человека возникает до того момента, как эта аномалия может быть отражена в диагностике МРТ.

### *Библиографический список*

1. Гусев, В.Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2004. – 597 с.
2. Пат. 2538340 Российская Федерация. Способ совмещения изображений, полученных с помощью разнодиапазонных фотодатчиков / Ветров А. Н., Воякина И. Н., Гахзар М. А., Осипова А. А., Романовский В. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ТГТУ» 2013134646/08; заявл. 23.07.2013 ; опубл.10.01.2015, Бюл. № 1.

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**Тезисы докладов  
2-ой Международной конференции  
с элементами научной школы**

*Тамбов,  
22–24 апреля 2015 года*

*Материалы, вошедшие в сборник, сохраняют авторскую редакцию.*

---

Издательство Першина Р.В.,  
392002, Тамбов, ул. Советская, 21, а/я 7.  
email: izdat1@tamb.ru, тел. 8-909-232-81-01.

Формат 60x90/16. Бумага офсетная.  
Печать электрографическая. Гарнитура Times.  
Объем – 29,3 усл. печ. л. Тираж 300 экз.