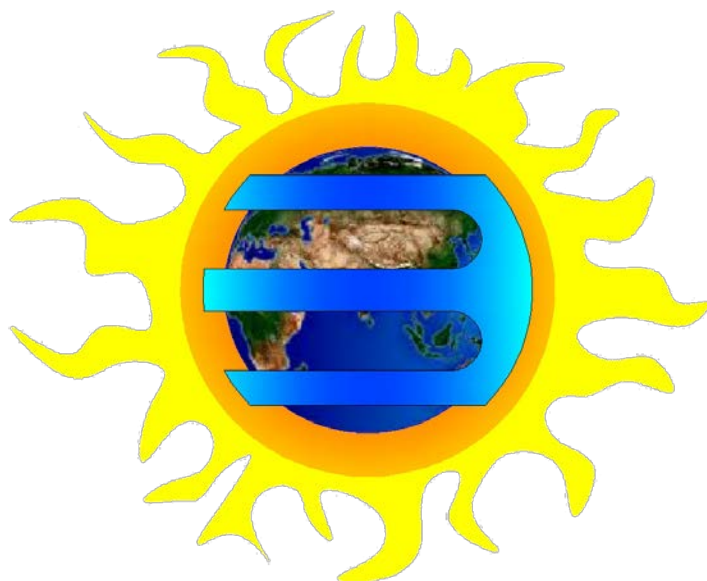


**Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет**



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Международной конференции
с элементами научной школы**

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

23-25 апреля 2014 года

Тамбов 2014

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Международной конференции
с элементами научной школы**

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

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

Тамбов 2014

УДК 658.26
ББК 31.3

Редакционная коллегия:

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

А 43 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. – 348 с.

ISBN 978-5-905724-35-0

В сборник включены материалы докладов в соответствии с тематикой секций 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.

Предназначен для преподавателей, аспирантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Международная конференция с элементами научной школы проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 14-08-06024 Г_2013).

Материалы, вошедшие в сборник, сохраняют авторскую редакцию

УДК 658.26
ББК 31.3

© Авторы публикаций, 2014
© ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014
© Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2014

ISBN 978-5-905724-35-0

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>Аксенов В.В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ	19
<i>Аксенова Т.В.</i> ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	20
<i>Алтунин К. А. Пестрецов С.И. Соколов М.В.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ САПР ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ.....	22
<i>Аль-Сарраджи Весам Рахим Флаех, Шелохвостов В.П.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ WC-Fe-Ni-Cu.....	24
<i>Артемова С.В., Артемов А.А., Подхвятилин П.А., Шелудяков Р.О.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ШОРТЛИФА-БЬЮКЕНЕНА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	26
<i>Безрядин В.А., Головченко Е.В., Дьяченко В.А.</i> МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОМЕХ С УЧЕТОМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....	28
<i>Безрядин В.А., Дьяченко В.А., Стафеев М.А.</i> ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ	29
<i>Бородин А.Н. Воробьев В.А.</i> МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	31
<i>Букин А.А., Каверина Е.Н., Родионов Ю.В.</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	32
<i>Бырдин А.П., Надеев А.А., Якунин И.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ С НАПРАВЛЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАТЕРИАЛА ВО ВТОРОМ ПЕРИОДЕ СУШКИ МЕТОДОМ СИНГУЛЯРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ.....	34

Власова Е.В. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	36
Власова Е.В. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕИНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЯ ГЛЮКОЗЫ.....	37
Глистин В.Н., Панасюк Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАЛЬНОМЕРА НАЗЕМНОЙ РЛС.....	39
Глистин В.Н., Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П. МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАЛЬНОМЕРА НАЗЕМНОЙ РЛС	41
Головченко Е.В. Дьяченко В. Федюнин П.А. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....	42
Gribkov A.N., Kurkin I.A. PROBLEM OF USING ENERGY SAVING CRITERIA FOR HYBRID OBJECTS WITH CONSIDERATION OF GREENHOUSES GAS EMISSIONS.....	44
Грибков А.Н., Куркин И.А., Дорохова Т.Ю. ДАЙМОНД-СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МНОГОМЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ.....	46
Громак И.А., Данилин М.А. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ, ОБЛАДАЮЩИХ СВОЙСТВОМ УСТОЙЧИВОСТИ.....	48
Гуреев А.О., Пикулин Ю.Г. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ОТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА.....	49
Данилов С.Н. ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМОЙ, НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ С ЧАСТОТНО РАЗДЕЛЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	52
Данилов С.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ: МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВАМИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ.....	54
Данилов С.Н., Пудовкин А.П. СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ С РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ	56
Данилов С.Н., Рязанцев Л.Б., Игумнов И.С. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О НАВЕДЕНИИ НА ВОЗДУШНУЮ ЦЕЛЬ МЕТОДОМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА	58

Долгунин В.Н., Иванов П.А., Пронин В.А. К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА В БАРАБАННОМ ТЕПЛОМАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ.....	60
Ермолаев В.В. ЦИФРОВОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СОГЛАСОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШЕСТИЭЛЕМЕНТНОЙ ФАР УКВ ДИАПАЗОНА.....	62
Ефремова А.С., Белоусов О.А. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ СИСТЕМ LTE	64
Жуков В.М. РАДИОСТАНЦИЯ ДИАПАЗОНА 1,5 – 80 МГц С КОЛЬЦЕВЫМИ ФАЗИРОВАННЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ	66
Иванов А.В. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	67
Ивануткин А.Г. ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО- НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	69
Ивануткин А.Г., Егоров Д.В. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	70
Ивануткин А.Г., Мосин А.И., Егоров Д.В. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ В ХОДЕ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	72
Исьемин Р.Л., Милованов О.Ю., Кузьмин С.Н., Дивин А.Г. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕАКТОРА ДЛЯ ПРЕДПИРОЛИЗА БИОМАССЫ.....	74
Калениченко И.И., Королев А.П., Макаруч М.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРНОГО НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОВАР-СТЕКЛО.....	76
Князев И.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СРЕДСТВАМИ GNU OCTAVE.....	77
Князев И.В., Панасюк Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ.....	79

Князев И.В., Панасюк Ю.Н. РАЗРАБОТКА ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ.....	81
Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	82
Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК ЗА СЧЕТ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЛОГИСТИКИ	84
Игнатов Н.Н. Мизев П.А. Тишин П.А. Кольтюков Н.А. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	86
Коробов А.А., Глинкин Е.И. МЕРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ	88
Леонтьев Е.А., Попова Ю.В. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ.....	90
Майков И.Л., Молчанов Д.А., Торчинский В.М. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЛНОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ.....	92
Макарова Е.М., Барабанов В.В., Шелохвостов В.П. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА УГЛЕРОД-МЕДНОГО МОДИФИКАТОРА ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ.....	94
Маслов И.С. ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕЖКАДРОВЫХ РАЗНОСТЕЙ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	96
Мельник О.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	98
Мещерякова О.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ И ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК.....	99

Мизев П.А., Тишин П.А., Игнатов Н.Н., Кольтюков Н.А. ОПТИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	101
Муромцев Д.Ю., Ермолаев В. В., Коток А.Ю. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....	103
Мухортых А.А. ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	105
Назмутдинов И.С. Назаров Д.А. ПОИСК МЕСТА ОТКАЗА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ.....	106
Образцова Е.Ю., Образцов Д.В. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДНИКЕЛЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА	108
Павлов В.И., Мельник Ю.Б., Муромцева И.Я., Коток А.Ю. МОДЕЛЬ ЭТАЛОННОГО ЭРГАТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАННОГО ТИПА ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	110
Потлов А.Ю., Проскурин С.Г. МИГРАЦИЯ ФОТОНОВ В СРЕДАХ С ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ	111
Павлов В.И., Мельник Ю.Б., Муромцева И.Я., Коток А.Ю. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ЭРГАТИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТОМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	113
Павлов В.И., Мельник Ю.Б., Муромцева И.Я., Коток А.Ю. ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭРГАТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	115
Подколзина Л.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕКОМПОЗИЦИИ В УГЛОВОМ КАНАЛЕ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	116
Промтов М.А., Алешин А.В., Степанов А.Ю. РАСЧЁТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА.....	118
Пушница К.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	120
Ронжин Д. И. ДОКУМЕНТАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ООО «ЭТАЛОН».....	122

Рыжов А.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПО ПОЛЕТНЫМ ДАННЫМ.....	123
Рябов А.В., Пресняков М.Ю. АДАПТИВНЫЕ РАДИОЛИНИИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ СЛОЖЕНИЕМ МОЩНОСТИ ПЕРЕДАТЧИКОВ.....	126
Рябов А.В., Федюнин П.А ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ДЕКАМЕТРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ.....	127
Рябышенков А.С. ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.	129
Рябышенков А.С. СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....	131
Рязанов И.Г., Аль-Баяти М. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	133
Селиванова З.М, Хоан Т.А. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ.....	135
Скоморохов П.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДНО-ФАЗНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РЕЗКОПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ.....	137
Стародубец А.М. 3D- КОНСТРУИРОВАНИЕ.....	139
Стасенко К.С., Селиванова З.М. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДОМИНИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ ВАТ.....	141
Сысоев А.Н., Перелыгин Р.Н., Бартенев С.Б. УПРАВЛЕНИЕ В УГЛОМЕСТНОЙ ПЛОСКОСТИ ДН КФАР ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА.....	142
Тишин П.А., Мизев П.А., Игнатов Н.Н., Кольтюков Н.А. ОПТИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	145

Тюрин И.В. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	146
Тюрин И.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ В УСЛОВИЯХ Г. ТАМБОВА....	149
Фролова М.С., Фролов С.В. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЛЕЧЕБНО- ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ	150
Фролов С.В. Синдеев С.В. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ....	152
Чернышова Т.И., Каменская М.А. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ.....	154
Чернышова Т.И., Третьяков В.В. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	156
Чурилин А.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССА ИМПРЕГНИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА.....	158
Шпиганович А.Н., Бойчевский А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА КОНДЕНСАТОРАХ ФИЛЬТРА ТИРИСТОРНО-ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАМВАЙНЫМИ ВАГОНАМИ.....	159
Яшин Е.Н. Дорохова Т.Ю. ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	161
Орлов А.Ю., Орлова Н.В. ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ.....	163

СЕКЦИЯ 2

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

Алексеева Е.А., Стерлигов В.А. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	168

Арзамасцев А.Г., Ярцев А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ	170
Баева М.Н., Ильин Р.А. МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ ТОПЛИВА НА ТЕПЛОВУЮ И ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ.....	172
Головчун С.Н., Ильин Р.А. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ГРАДИРЕН АСТРАХАНСКОЙ ПГУ-110.....	174
Дресвянкин В.С., Кравцов А.Г., Андреев В.В. АНАЛИТИЧЕСКИЕ АППРОКСИМАЦИИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУХОГО ВОЗДУХА В ИДЕАЛЬНО-ГАЗОВОМ СОСТОЯНИИ.....	176
Зварыкин И.И. АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ ПОТОКА КОНДЕНСАЦИОННОГО ФИЛЬТРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	177
Ильин Р.А. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	179
Исьёмин Р.Л., Кузьмин С.Н., Климов Д.В., Милованов О.Ю. СЖИГАНИЕ ПОДСТИЛОЧНО-ПОМЕТНОЙ МАССЫ КАК СПОСОБ ЕЕ УТИЛИЗАЦИИ.....	181
Калинин В.Ф., Нагорнов С.А., Зазуля А.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БИОТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ.....	183
Карапузова Н.Ю., Фокин В.М., Окатова А.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОКЛАВНОЙ ОБРАБОТКИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА.....	185
Карпова Н.С. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	186
Климов Д.В., Токарева Е.В., Гришин А.В. СОВМЕСТНОЕ СЖИГАНИЕ УГЛЯ И ПЕЛЛЕТИРОВАННОЙ БИОМАССЫ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК.....	187
Ковылин А.В., Попова А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИКОВОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ОКОННЫХ СТЕКЛОПАКЕТОВ.....	189
Кравцов А.Г., Дресвянкин В.С., Андреев В.В. ПАРОВОДЯНОЙ ИНЖЕКТОР – АЛЬТЕРНАТИВА СУЩЕСТВУЮЩИМ СРЕДСТВАМ ЦИРКУЛЯЦИИ И ТЕПЛООБМЕНА.....	191

Ляшков В.И. О РОЛИ ВИРТУАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКОВ.....	193
Майникова Н.Ф., Никулин С.С. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ.....	195
Першина Т.А. ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.....	197
Писарогло М.В. ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ОСАДКА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ТАМБОВА - КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	199
Полунина Н.Ю., Rogov И.В., Рожков А.В. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ МНОГОМОДЕЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ	201
Попов О.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ	202
Попов В.Д., Климов Д.В., Токарева Е.В., Селянина Е.С. ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕВОДА УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ В РОССИИ НА ТВЕРДОЕ БИОТОПЛИВО.....	204
Попов В.Д., Климов Д.В., Токарева Е.В., Степанов Е.В. ТЕХНОЛОГИЯ УЛАВЛИВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА НА УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ, КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ.....	206
Рожков А.В., Rogov И.В. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ.....	207
Свешников С. А., Крамченков Е. М. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ	209
Фокин В.М., Ковылин А.В., Лепилов В.И., Чернышкова Т.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПУСТОТЕЛЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ	211
Фокин В.М., Усадский Д.Г., Попов Д.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ.....	213

Черепанцева А.А. Мануковская Т.Г. ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРАКТИКЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	215
Червонная О.Н. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ Г. ТАМБОВА ОТ ПОДВЕДОМСВЕННЫХ МУП «ТАМБОВТЕПЛОСЕРВИС» КОТЕЛЬНЫХ.....	217

СЕКЦИЯ 3 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Айталиева Л.Н., Ильин Р.А. СНИЖЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ФИЛИАЛЕ ОАО «МРСК ЮГА» - «АСТРАХАНЬЭНЕРГО» В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	221
Дутов М.Н., Макаrchук М.В. ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛИЗКОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	223
Бессмертных А.В., Зайченко В.М., Лавренов В.А., Сычев Г.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПИРОЛИЗА БИОМАССЫ.....	224
Бойков А.И. Мещеряков В.Н. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ СТАТОРА ДВИГАТЕЛЯ.....	225
Грунтович Н.В., Жеранов С.А., Шенец Е.Л. ОЦЕНКА РЕГУЛИРОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ СУЩЕСТВУЮЩЕГО УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ.....	227
Зайченко В.М., Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С., Лавренов В.А. ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ БИОМАССЫ МЕТОДОМ ДВУХСТАДИЙНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ.....	229
Зайченко В.М., Косов В.Ф., Умнова О.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД.....	231
Зайченко В.М., Кузьмина Ю.С., Сычев Г.А. ПИЛОТНАЯ УСТАНОВКА ПО ТОРРЕФИКАЦИИ ПЕЛЛЕТ.....	233

Ивашкин В. Н. Мещеряков В.Н. АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР ТОКА С РЕЛЕЙНЫМ АЛГОРИТМОМ УПРАВЛЕНИЯ.....	234
Кагдин А.Н., Гордеев О.И., Пятов И.В., Терехов К.И., Стручалин С.А. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	236
Кагдин А.Н., Терехов К.И., Стручалин С.А., Гордеев О.И., Пятов И.В. ВЛИЯНИЕ БЫТОВОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ГАРМОНИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ.....	238
Казак П.А., Удовикин В.Л. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ.....	240
Кизева В.С. Евминов Л.И. ИНДУКЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА – ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ НАРУЖНОГО И ВНУТРИЦЕХОВОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	241
Козина Е. Н. О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	243
Мещеряков В.Н., Титов С.С. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИММЕТРИЧНОГО НАГРЕВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ШАРОВ ТВЧ.....	245
Мещеряков В.Н., Цветков П.Е. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ.....	247
Моторина Н.П., Винокуров Е.Б., Иванов В.М. О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ.....	249
Онуфриева Е.В., Онуфриев В.В., Алиев И.Н. О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА КОСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГОДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	251
Тюрин И.В. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ В ДВУХКОНТУРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ.....	253
Чжоу Э.Е. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ	255

Чичёв С.И., Глинкин Е.И. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ ЕЁ ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	257
Шпиганович А. Н., Бусаров А. Ю. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ.....	259
Шпиганович А.Н., Медведев С.Е. ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА АКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ.....	261
Шпиганович А. Н., Шаранов Н. А АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	263
Kim K.K., Michalov J.A., Tkachuk A.A. THE WATTLSS POWER COMPENSATION PROBLEM AT THE DC TRACTION SUBSTATIONS.....	265
Яштулов Н.А., Лебедева М.В. НАНОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ.....	267

СЕКЦИЯ 4 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.

Баин А.М. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	271
Баин А.М., Каунг Сан, Портнов Е.М. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	273
Балабанов П.В. МЕТОД ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИСЧЕРПАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ХЕМОСОРБЕНТА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА	274
Балашов А.А., Кацуба Д.С. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛИМЕРЕ.....	276
Баршутина М.Н. КОНТРОЛЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ БАРБОТАЖНЫМ ОБЪЕМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	278

Васильев С.О., Антонов А.О., Попов О.Н. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЖИРОВ.....	280
Газарина Л.Г., Дорогов В.Г., Масалов В.В., Масалов В.В., Масалова А.А., Рыгалин Д.Б., Хамидулин А.Р. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛЭП НА ОСНОВЕ СЕТИ БЕСПРОВОДНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ.....	282
Газарина Л.Г., Дорогов В.Г., Масалов В.В., Масалов В.В., Масалова А.А., Рыгалин Д.Б., Хамидулин А.Р. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП	284
Демидов А.Н., Москвитин С.П. СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА.....	286
Дубровин В.В., Голубятников О.О., Рязанов И.С. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	288
Ефремов Р.А. СИСТЕМА СВЯЗИ С МОДУЛЯЦИЕЙ СМЕНОЙ СТРУКТУРЫ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА.....	290
Жарикова М.В., Чернышов А.В., Чернышов В.Н. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ СВЧ-МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	291
Жуков Н.П., Попов О.Н., Попов В.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	293
Иванов В.М., Винокуров Е.Б., Моторина Н.П., Терехов К.И. ТЕПЛОВОЙ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	295
Иванов В.М., Винокуров Е.Б., Никитина А.М., Терехов К.И. ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ.....	297
Иванов В.М., Фофана С. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	299
Ивановский В.А., Мухин К.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	300

Комраков Д. В. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАЗЕМНОГО ПОДВИЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	303
Кузьяев Д.Р. Пудовкин А.П. СИСТЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РАДИОДОСТУПА.....	304
Кузьяев Д.Р. МЕТОД КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	306
Мельникова Е.А., Шелохвостов В.П., Баршутин С.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТИОННОГО СОСТАВА ОКСИДМАРГАНЦЕВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ.....	308
Мордасов Д.М., Минаев А.М., Медведева А.В. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА В АНАЛИЗЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ТРОЙНЫХ СИСТЕМ.....	310
Москвитин С.П., Демидов А.Н. ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА БИМЕТАЛЛА НА СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА.....	314
Образцов Д.В., Дутов М.Н. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРНЫХ ПЛЕНОК.....	315
Образцов Д.В., Стивкин А.Г. МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА НАНООБЪЕКТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.....	317
Платёнкин А.В. КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНООБЪЕКТОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИХ СИНТЕЗА.....	319
Полухин В.И. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ КАК ОДИН ИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	321
Попов О.Н., Жуков Н.П. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ.....	322
Пудовкина Е.В. МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	324

Рябов А.В. Федюнин П.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДА ТАКТОВОЙ СИНХРОНИИ ГЕНЕРАТОРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	326
Рязанов И.Г., Зырянов Ю.Т. МОДЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПО СОСТОЯНИЮ.....	328
Рожнова Л.И. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	329
Сафин А.М. Федюнин П.А. МИКРОВОЛНОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ОДНОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ	332
Сурков В.О. РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	333
Ушаков И.В., Батомункуев А.Ю. МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТОНКИХ АМОРФНЫХ И НАНОСТРУКТУРНЫХ ЛЕНТ ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ.....	335
Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТАХ.....	337
Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	339
Федюнин П.А. Сафин А.М. Федюнин Д.П. УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРО - И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА.....	341
Чернышов Н.Г., Валуев А.А., Прозоров М.А. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГОЕМКИХ ОБЪЕКТОВ	343
Чуриков А.А., Дивин А.Г., Бурмистров А.Г. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ LOGO! В ВИРТУАЛЬНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО И БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	344
Яцинин Ю.В., Королев А.П. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДА В КВАНТОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПОЛЕВЫХ СТРУКТУРАХ.....	346

СЕКЦИЯ 1

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аксенов В.В.

**ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ**

Тамбовский государственный технический университет

avaks@bk.ru

Масштабное внедрение телеметрических систем сбора информации с узлов коммерческого учета теплоэнергосбытовыми компаниями для контроля расхода тепла и электроэнергии потребителями положило начало разработке и применению новых методов радиоэлектронного противодействия со стороны третьих лиц, заинтересованных в нарушении целостности и достоверности передаваемой информации. Данные методы основаны, в частности, на применении имитационных помех, позволяющих несанкционированно нарушать нормальное функционирование телеметрических систем на канальном уровне, осуществлять передачу ложной информации. Преднамеренно создаваемые имитационные помехи представляют чрезвычайную опасность системам телеметрии, влекут за собой информационные и материальные потери.

Телеметрическая система представляет собой разветвленную сеть передатчиков, устанавливаемых на узлах коммерческого учета потребителей, передающих информацию приемнику теплоэнергосбытовой компании, и обычно строится на базе технология пакетной передачи данных по радиоканалу (GPRS - General Packet Radio Service). Предполагается, что свойства среды распространения радиосигналов систем телеметрии и параметры каналов передачи информации постоянны при нормальных условиях функционирования; внешние и внутренние шумы постоянны и малой интенсивности; график сеансов связи между узлами телеметрии известен и фиксирован во времени.

Третьими лицами возможно длительное накопление информации об используемом оборудовании, канале передачи, типах сигналов, режиме связи, структуре передаваемой информации, получаемой, в том числе с помощью средств радиотехнической разведки. Данная информация может использоваться для формирования имитационных помех каналу телеметрии во время сеансов связи. Процесс функционирования канала передачи информации в условиях организованных помех по своей физической сущности может быть представлен как радиоэлектронный конфликт, в котором с одной

стороны участвует передающий телеметрический узел, а с другой - система радиоэлектронного противодействия третьих лиц.

Имитозащита большинства систем связи имеет весьма ограниченные возможности, так как при обнаружении помех в канале связи используются только последовательности наблюдаемых данных, содержащих передаваемую по каналу информацию, без привлечения дополнительных сведений. Однако, во многих случаях наряду со слежением за информационной составляющей последовательности имеется возможность регистрации сопутствующих признаков, стохастически связанных с наблюдаемой последовательностью данных. Сопутствующие признаки могут быть получены, в том числе и из неинформационных параметров сигнала.

Так, при воздействии имитационных помех в канале возникают динамические изменения угловых и амплитудных параметров сигнала. Контроль состояния и управление структурой канала связи можно производить с учетом информации индикаторов сопутствующих признаков представляющих собой измерительные датчики с определенным порогом срабатывания. Обнаружение фактов воздействия помехи и оценка состояния сигнально-помеховой обстановки может быть осуществлена в результате совместной обработки совокупности индикаторных функций, порождаемых воздействием на канал имитационной помехи. Состояния сигнально-помеховой обстановки могут быть стохастически оценены методом максимального правдоподобия. В зависимости от оценок наблюдаемых параметров сигнала и индикации сопутствующих признаков можно с определенной вероятностью судить о сигнально-помеховой обстановке. Учет рассмотренной особенности в алгоритме функционирования телеметрических узлов представляет собой скрытый резерв повышения защищенности телеметрических системы в целом.

Аксенова Т.В.

**ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА
ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Тамбовский государственный технический университет

belova_tatyana@bk.ru

В настоящее время интеллектуализация является главным направлением развития информационно-управляющих систем (ИУС). Различные стратегии интеллектуализации ИУС направлены на реали-

зацию интеллектуальной информационной поддержки человека-оператора, использующего средства автоматизированного управления, основанные, например, на технологии SCADA [1]. Такую поддержку реализуют путем построения нечетких лингвистических баз данных/знаний вместе с подсистемами нечеткого вывода, причем информация для принятия решений выводится на АРМ человека-оператора.

Интеллектуальная ИУС, наряду с традиционными функциями, осуществляет также:

- ситуационный анализ состояний объектов контроля и управления;
- логический анализ событий, аномальных ситуаций;
- диагностику состояния управляемых объектов;
- прогнозирование поведения объектов контроля и управления во времени;
- оперативный поиск действий персонала при возникновении нештатных ситуаций.

Оператор, в свою очередь, формирует команды дистанционного управления объектом на основании принятых при интеллектуальной поддержке решений.

Существующая технология интеллектуальной информационной поддержки принятия решений оказывается малоэффективной при возникновении некоторых видов неопределенности. Плохо идентифицируемыми являются постепенные негативные изменения фазовых координат объекта, возникающие в процессе эксплуатации объекта, а также в результате ошибок измерений или помех в каналах передачи данных. Для дальнейшего совершенствования существующей технологии информационной поддержки предлагается корректировать определенную часть базы данных/знаний оператором. В базе данных оперативной корректировке может подвергаться блок гипотез о причинах возникновения аномальных ситуаций, а в базе знаний - модель прогнозирования развития аномальных ситуаций. Необходимым условием подобной корректировки является адекватное и согласованное между собой человеческое и машинное представление моделей аномальных ситуаций.

Суть управления процессом измерения со стороны оператора состоит в обеспечении наилучших условий измерения посредством: выбора измерителей, привлекаемых в текущий момент времени к формированию векторов фазовых координат объекта; выбора состава измеряемых параметров; планирования режимов работы из-

мерителей. Аналогично, «машинное» формирование процесса измерения состоит в обеспечении наилучших условий измерения посредством: выбора положения или траектории движения измерителей, привлекаемых в текущий момент времени к формированию векторов фазовых координат объекта; выбора состава измеряемых параметров; планирования режимов работы измерителей.

Реализация данного предложения способствует дальнейшей интеллектуализации информационно-управляющих систем, применяемых для поддержки принятия решений оператором в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Шабельников А.Н. Интеллектуальные системы распределённого мониторинга на основе беспроводных сенсорных сетей с использованием системы мобильных объектов / А.Н. Шабельников, В.А. Шабельников, С.М. Ковалев / Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции, Коломна, 28-30 мая 2009г.: в 2-х т. – М.:Физматлит, 2009. – Т.1.-С.538-543.

Алтунин К. А. Пестрецов С.И. Соколов М.В.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ САПР ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

*Тамбовский государственный технический университет
costjaaltunin@yandex.ru, pest_s@mail.ru, msok68@mail.ru*

Наличие системы автоматизированного проектирования (САПР), предлагающей пользователю выбрать из списка возможных параметров процесса резания оптимальные при заданных условиях, позволило бы существенно повысить эффективность технологического процесса [1]. Применение различных методов искусственного интеллекта при разработке САПР процессов механической обработки материалов позволит повысить точность вычислений и производительность данных систем.

В работах [1-2] описана концепция создания комплекса САПР в технологии машиностроения, которые могут быть объединены в единую систему CALS-технологий в металлообработке. В частности был разработан алгоритм оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем. Он включает в себя математическое моделирование процесса резания, исследование напряженно-деформированного состояния режущего ин-

струмента, исследование динамики процесса резания, постановку и решение задачи оптимизации конструктивных и режимных параметров процесса резания.

С целью апробации данного алгоритма на практике были созданы основные блоки САПР процессов механической обработки материалов, налажено взаимодействие между ними. Система построена на примере токарной обработки основных металлов и сплавов, используемых в промышленности.

В работе [3] описано создание базы данных токарных резцов и обрабатываемых материалов. База содержит информацию о геометрических параметрах резца, физико-механических и теплофизических свойствах конструкционного материала режущей части резца и материала заготовки. Это позволяет использовать ее как хранилище основных параметров процесса резания.

Далее была рассмотрена возможность использования нейронных сетей в моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров. Так с помощью пакета Matlab была смоделирована нейронная сеть определяющая толщину резания при токарной обработке. Было произведено обучение сети. После чего была осуществлено тестирование сети путем подачи на ее входы значений тестовой выборки. Как выяснилось по результатам тестов, величина ошибки сети довольно мала, как для того диапазона на котором обучалась нейронная сеть, так и для значений параметров процесса резания, превышающих данный диапазон.

Таким образом, применение различных методов искусственного интеллекта для разработки САПР процессов механической обработки материалов позволит увеличить производительность системы, увеличить скорость обработки входных данных, повысить точность вычислений и облегчит решение трудноформализуемых задач, возникающих в процессе проектирования.

Список литературы

1. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.
2. Оценка возможности применения CAD/CAE/CAM-систем при проектировании процессов производства композиционных материалов и их обработка резанием / С. И. Пестрецов, А. Н. Колодин, М. В. Соколов, В. Г.

Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 98 - 103.

3. База данных режущих инструментов и обрабатываемых материалов для САПР процессов резания материалов. / Пестрецов С. И., Алтунин К. А., Соколов М. В. // Вестник ТГТУ. – 2012. – Том 18. № 3. – С. 688-695

Аль-Сарраджи Весам Рахим Флаех, Шелохвостов В.П.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ОБЪЕКТОВ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ
УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ WC-Fe-Ni-Cu
Тамбовский государственный технический университет
mit@mail.nnn.tstu.ru

В настоящее время широко распространены твердые карбид-вольфрамовые сплавы, в которых используется в качестве связки 2-10% кобальта. Они обладают высокой твердостью, прочностью, износостойкостью. Синтез этих сплавов обычно осуществляется при температурах более 1300⁰С. Технология включает подготовку исходных компонентов, прессование заготовки и спекание. Использование такой системы в качестве вставок в детали конструкций связано с предварительным изготовлением каждого из элементов композита и последующим соединением (пайка, запрессовка и др.). Подобные соединения чаще оказываются слабым звеном в композите, в особенности при высоких температурах и нагрузках. Кроме того, использование кобальта существенно удорожает конструкцию. Альтернативой таким материалам являются бескобальтовые твердые сплавы на основе карбида вольфрама, в которых в качестве связки используется железо-никелевая система[1].

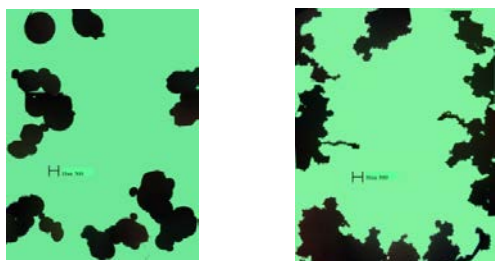
Для этих сплавов выявлены оптимальные составы, приведены технологии, исследованы структура и свойства в сравнении с кобальтовыми сплавами (твердость бескобальтовых сплавов на 2-3 HRA меньше). К достоинствам следует отнести то, что температуры спекания железо-никель-карбидвольфрамовой системы несколько ниже, что позволяет осуществлять процесс прессования и спекания твердосплавной вставки непосредственно в изделии с последующей общей механической обработкой. В этой связи в работе была поставлена задача исследования ряда порошковых компонентов, которые могли бы использоваться при создании композитов с бескобальтовыми твердосплавными вставками.

Исходные материалы. Для создания исследуемой системы использовались порошковые материалы железа, меди, никеля, карбида вольфрама: - использовалось железо карбонильное адистехническое ГОСТ13610-79 марки Р10; - карбонильный никель ГОСТ 9722-97 марки ПНК-ОТ1.

Методики исследования топологии порошков. В качестве основных методик исследования структуры порошковых компонентов использована электронная микроскопия, реализованная с использованием электронного микроскопа ЭМ-100А [2]. Подготовка объектов включала получение водно-полимерных (ПК-1) суспензий исследуемых компонентов, последующее их извлечение объектным сетками (медные и пластиковые сетки с размерами ячейки 100x100 мкм), вырубку из них объекта диаметром 3,00 мм, последующую сушку и предварительный просмотр с использованием оптического микроскопа ($200\times$). При сушке частицы порошка фиксировались полимером на материале сетки и по контуру ее клеток. Частицы в плане клетки оказывались доступными для получения теневого изображения.

Гранулометрический состав. Электронные топологические структуры для исследуемых порошков приведены на рисунке 1.

Карбонильное железо (рисунок 1 а) представлено несколькими фракциями сферических частиц d_c размерами 500; 200; 100 мкм, которые объединены в более крупные конгломераты, в которых каждая из частиц достаточно хорошо просматривается. Места контакта частиц друг с другом в большинстве случаев имеют малую площадь, малый радиус между поверхностями контактирующих частиц в перешейке. Эти контакты предположительно организуются после процесса синтеза частиц. Площади контактов составляют по приблизительным оценкам 0,2 – 0,3 d_c , исходя из этого следует предполагать слабые силы связи в диапазоне от Ван-дер-ваальсовых до хемосорбции.



а
б
Рис. 1 Электронная микроскопия порошковых компонентов: а – карбонильное железо; б – карбонильный никель

Карбонильный никель (рисунок 1б) имеет конгломераты, достигающие нескольких миллиметров в поперечнике. Отдельные частицы просматриваются на периферии конгломератов и имеют также приблизительно сферическую форму с размерами 3 – 10 мкм. Отдельные частицы соединены перешейками достаточно большой площади 0,4 – 0,6

$d_{\text{ч}}$, что свидетельствует о формировании связей в процессе синтеза за счет развития процессов самодиффузии. Этим объясняется наличие цепочечных структур «коленообразного» типа. Если судить по частицам, расположенным на поверхности крупных конгломератов, то частицы меньшего размера в сравнении с карбонильным железом.

Предложенная методика позволяет оперативно размещать и фиксировать исследуемые порошки на объектных сетках, являющихся основой рабочих образцов.

Список литературы

1 Третьяков, М.М. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. 2-е изд./ В. М. Третьяков// М.: «Металлургия». 1976.- 528 с

2 Панченко, Е.В. Лаборатория металлографии/ Е.В. Панченко, Ю.А.Скаков, Б.И.Кример, П.П.Арсентьев, К.В.Попов, М.Я.Цвилинг/ М.: «Металлургия». 1965.-440 с.

***Артемова С.В.², Артемов А.А.¹, Подхвятилин П.А.¹,
Шелудяков Р.О.***

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ШОРТЛИФА-БЬЮКЕНЕНА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Тамбовский государственный технический университет
sartemova@yandex.ru*

Современный этап развития общества охарактеризован созданием масштабных технических комплексов и социально-технических систем. Это приводит к усугублению социальных последствий, вызванных функционированием потенциально опасных технологий, в случае аварий и катастроф. Поэтому важной задачей является разработка систем, осуществляющих поддержку принятия решений в экстраординарных ситуациях.

В настоящий момент создан ряд концепций автоматизации и инженерно-психологического проектирования систем «человек–машина», которые позволяют сделать взаимодействие оператора с системами управления и средствами вывода информации максимально эффективным. Одним из ключевых элементов таких систем является эргатический элемент (ЭЭ).

Одним из важных показателей эффективного функционирования эрготехнической системы (ЭТС) является обеспечение под-

держки принятия решений эргатическим элементом в стрессовых ситуациях при работе в условиях неопределенности.

Примером сложных ЭТС являются радиолокационные станции (РЛС). В качестве ЭЭ рассмотрим специалиста группы руководства полетами в системе управления воздушным движением (УВД), оператора РЛС, призванного обеспечить быстрое и безошибочное решение поставленных задач, в том числе и в условиях неопределенности. Условия неопределенности возникают по ряду причин, к которым можно отнести: ухудшение внешней обстановки (погодные условия); характеристики точности, надежности, загруженности средств связи, навигации и УВД; противодействие третьих лиц в виде действующих маскирующих или имитирующих помех, и т. д.

Функционирование ЭЭ в условиях неопределенности приравнивается к экстремальным ситуациям. В подобных условиях ЭЭ нуждается в информационной поддержке, которую предлагается осуществлять посредством системы поддержки принятия решений (СППР). С целью повышения эффективности функционирования системы УВД в СППР предлагается использовать метод Шортлифа-Бьюкенена. Рассматривается пример принятия решения о приоритетности посадки одного из двух летательных аппаратов при ухудшении погодных условий и действии различных дополнительных факторов [1]. С помощью метода Шортлифа-Бьюкенена производится последовательный расчет и выбирается наиболее предпочтительный вариант.

Несмотря на то, что значение меры доверия обосновано не таким строгим образом, как в теории вероятностей, метод Шортлифа-Бьюкенена позволяет описать субъективную (экспертную) оценку вероятностной меры, что обеспечивает необходимый компромисс, который позволяет экспертной системе объединить свидетельства в процессе решения поставленной задачи. Таким образом, метод Шортлифа-Бьюкенена может быть использован при создании базы знаний СППР при принятии решений ЭЭ в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Артемова С.В., Павлов В.И., Артемов А.А., Муромцев Д.Ю. Поддержка принятия решений эргатическим элементом в условиях неопределенности методом Шортлифа-Бьюкенена // Вестник Тамбовского ун-ва. Сер.: Естеств. и техн. науки, 2013, том 18, вып. 4, 1435–1439.

¹ Автор частично поддержан грантом РФФИ № 14-08-00198-а

² Автор частично поддержан грантом РФФИ № 12-08-00352-а

Безрядин В.А., Головченко Е.В., Дьяченко В.А.
МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ АЛГОРИТМОВ
МАРШРУТИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
ПОМЕХ С УЧЕТОМ

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

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

Современные авиационные сети связи являются высококомбинированными, поэтому значимыми факторами, оказывающими влияние на качество связи, выходят алгоритмы и протоколы сетевого уровня [1-5], а так же воздействие непреднамеренных и преднамеренных помех.

Соответственно, актуальным является исследование влияния преднамеренных помех на эффективность функционирования алгоритмов маршрутизации со случайной топологией [4]. Основной задачей маршрутизации является сохранение минимальной задержки передачи пакетов сети при большой входной нагрузке.

В интересах проведения указанных исследований разработана имитационная модели цифровой сети связи (ЦСС) со случайной топологией [4], которая учитывает влияние преднамеренных помех на информационный обмен и позволяет имитировать основные процессы сетевого функционирования.

Эффективность использования алгоритмов маршрутизации, основанных на определении кратчайших путей, оценивались по параметру – производительности сети с учетом воздействия количества станций помех на работу ЦСС.

В ходе проводимых экспериментов исследовалось влияние воздействия преднамеренных помех на работу ЦСС при различном количестве станций помех на различные алгоритмы маршрутизации кратчайших путей.

Анализ полученных зависимостей показал, что при незначительных интенсивностях входных потоков γ (не более 40 пак/с) результаты работы исследуемых алгоритмов практически не отличаются (разброс значений составляет не более 7-10 %). При увеличении входных потоков до значений интенсивности γ до 70 пак/с наилучшим оказывается алгоритм Беллмана-Форда, учитывающий задержку передачи пакетов [4]. Такой режим работы цифровой сети

связи является наиболее распространенным. В случае значительного увеличения интенсивности входного потока более 70 пак/с происходит резкое уменьшение средней задержки пакетов в цифровой сети связи для всех исследуемых алгоритмов. В результате чего, при малых и значительных нагрузках на цифровую сеть связи следует применять алгоритм Беллмана-Форда кратчайших путей. При средних нагрузках целесообразнее использовать алгоритм Беллмана-Форда, учитывающего задержку передачи пакетов в сети.

Список литературы

1. Томенский В., Гребешков В. Управление ВВС США // ЗВО, 1986. № 5. С. 24-26.
2. Джубин Дж., Торноу Дж. Д. Протоколы пакетной радиосети DARPA // ТИИЭР. 1987. Т. 75. № 1. С. 26-41.
3. Головченко Е.В. Алгоритм маршрутизации в цифровых сетях связи с тороидальной топологией.// Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал. - М: Наука и технологии, 2012. № 10, С. 12-18.
4. Имитационная модель пакетной радиосвязи диапазона метровых волн: Свид. 2011618282/ Головченко Е.В., Гапанюк В.А. Зарегистрир. в Реестре программ для ЭВМ Роспатента 20.10.2011. Заявка № 2011616610 от 2.09.2011.
5. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных / Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 544 с.

Безрядин В.А., Дьяченко В.А., Стафеев М.А.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

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

Система связи военного назначения является сложной системой, организационно состоит из узлов связи пунктов управления, линий воздушной и наземной связи. Поэтому эффективность системы связи можно характеризовать показателями воздушной и наземной связи:

$$\gamma_{CC} = K_B \gamma_B + K_H \gamma_H, \quad (1)$$

где K_B , K_H – весовые коэффициенты воздушной и наземной связи; γ_B , γ_H – возможности воздушной и наземной связи, соответственно.

Возможности воздушной и наземной связи определяются показателями организованных направлений связи (под направлением связи понимается совокупность линий и узлов связи, обеспечивающая связь между двумя узлами связи пунктов управления) и могут быть вычислены из выражений:

$$\gamma_B = \sum_{i=1}^n \alpha_{Bi} \gamma_{Bi}, \quad (2)$$

$$\gamma_H = \sum_{i=1}^m \alpha_{Hi} \gamma_{Hi}, \quad (3)$$

где $i = \overline{1, n(m)}$ – количество направлений связи, организованных для решения задач воздушной и наземной связи; $\alpha_{\hat{A}i}$, α_{fi} – весовые коэффициенты направлений воздушной и наземной связи [1].

Эффективность связи определяется эффективностью функционирования отдельных информационных направлений. Эффективность направления связи W_{HC} можно рассчитать по формуле:

$$W_{HCj} = (\alpha_{1j} \gamma_{1j}^2 + \alpha_{2j} \gamma_{2j}^2 + \alpha_{3j} \gamma_{3j}^2)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где $j = \overline{1, n}$, n – количество линий связи на информационном направлении; $\gamma_{\text{Дij}}$, $\gamma_{\text{ОДij}}$ – реальные и требуемые значения показателей j -го вида связи (телефонной, телеграфной, факсимильной и др.) на i -ом направлении связи.

Если имеется n направлений связи, то показатель эффективности связи определяется согласно выражению:

$$W_C = \left(\sum_{i=1}^n b_j W_{HCi}^\alpha \right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (6)$$

где b_j – весовой коэффициент i -го направления системы связи.

Таким образом, оценка эффективности проводится с использованием выбранных критериев и показателей эффективности, по результатам которой проводится вычисление значений показателей для конкретных условий, и согласно выбранным критериям сравнение их с требуемыми.

Список литературы

1. Зырянов Ю.Т. Пути повышения готовности средств радиотехнического обеспечения полетов в процессе их развертывания и применения за счет оптимизации распределения организационно-технических ресурсов/ Ю.Т.Зырянов, О.А. Коновалов // Вооружение и Экономика: ежеквартальный научно-технический электронный журнал / Учредитель ФГУ 46 ЦНИИ МО РФ, Академия проблем военной экономики и финансов. - М., 2011. № 1(13). - ISBN 2071 - 0151. С. 48-58.

Бородин А.Н. Воробьев В.А.
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского
и Ю.А.Гагарина»
mrworobjev@ya.ru

Современный уровень техники характеризуется постоянным повышением сложности как собственно автоматизированных информационных систем (АИС), так и функций, выполняемых ими. Этот факт определяет тенденцию, присущую современным АИС и заключающуюся во все более широком использовании в них цифрового представления информации, что обусловило широкомасштабное применение в АИС средств вычислительной техники и телекоммуникаций, которые, в свою очередь, формируют новый уровень требований к унификации и стандартизации элементов АИС, в том числе к подсистемам контроля качества и оценки эффективности АИС, причем роль последних неуклонно возрастает с ростом сложности АИС.

Проблема оценки эффективности АИС в настоящее время все чаще формулируется как задача комплексного исследования состава АИС, структур построения функциональных, тактических и технических возможностей АИС в интересах формирования на всех этапах жизненного цикла оптимальных решений для АИС, связанных с проблемой оценки эффективности АИС.

Математическим обеспечением оценки эффективности АИС поддерживается три метода получения количественной многокритериальной оценки эффективности [1]. Эти методы позволяют учесть различную важность, выраженную соответствующими весовыми коэффициентами w , частных показателей эффективности x в отношении обобщенного показателя эффективности E при построении функциональной зависимости.

Оценку эффективности АИС осуществляют в соответствии с методом построения обобщенного показателя на основе суммируемой меры. В соответствии с основным принципом теории аддитивной полезности в качестве метода построения обобщенного показателя эффективности на основе суммируемой меры часто используется широко известный метод аддитивной взвешенной свертки.

Метод аддитивной взвешенной свертки используется в предположении, что частные показатели эффективности попарно независимы и позволяет получить, так называемую, «среднюю» оценку эффективности ε . В этом случае понятие базовой вероятности тождественно понятию простой вероятностной меры.

Следующим методом оценки эффективности АИС, являются методы построения обобщенного показателя на основе несуммируемых мер.

Очень важно, что методы построения оценок на основе несуммируемых мер, позволяют учесть замещаемость и дополнительность, присущие частным показателям эффективности, которые участвуют в формировании обобщенного показателя эффективности.

Метод «верхней» оценки эффективности позволяет получить количественную оценку эффективности, которая базируется в основном на учете «достоинств» рассматриваемого подмножества иерархии АИС, для которого решается элементарная задача оценки эффективности.

Метод «нижней» оценки эффективности позволяет получить количественную оценку эффективности, которая базируется в основном на учете «недостатков» рассматриваемого подмножества иерархии АИС, для которого решается элементарная задача оценки эффективности.

Совокупность данных методов полностью обеспечивает лицо принимающего решения всеми основными стратегиями для принятия решения - «оптимистичной», «средней» и «пессимистичной».

Список литературы

1.Черняков М.В., Петрушин А.С. Основы информационных технологий. Учебник. - М.: Академкнига. 2007. - 129с.

Букин А.А., Каверина Е.Н., Родионов Ю.В.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Тамбовский государственный технический университет

buka196528@rambler.ru, elenakaverina.88@mail.ru, rodi-
onow.u.w@rambler.ru

Центрально-чернозёмный регион богат ценными видами эфирномасличного и лекарственного растительного сырья, которое может служить источником биологически активных веществ (БАВ).

Эти биологически активные вещества востребованы в различных областях современной пищевой промышленности, медицине и парфюмерном производстве. Более того, некоторые из перечисленных областей не могут производить высококачественную экологически безопасную продукцию без натуральных экстрактов. Наиболее распространённые из существующих технологий извлечения БАВ приводят к значительным изменениям химического состава термолабильных компонентов. Это касается как традиционного процесса сушки перед экстракцией, так и самого процесса экстракции с использованием в качестве растворителя хлороформа, гексана, диэтилового эфира, ацетона, спиртов и их смесей. Кроме указанного, к существенным недостаткам можно отнести и высокие энергозатраты на процесс сушки, экстрагирования и последующей очистки готового продукта от растворителя.

Над решением указанных проблем в ТГТУ работает параллельно несколько коллективов, состоящих из профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистрантов и студентов. Одна группа работает над повышением качества высушенного растительного сырья (максимальным сохранением полезных свойств конечного продукта) при существенном снижении энергозатрат на проведение процесса. В результате работы этой группы была отработана технология сушки при удалении влаги у растительного сырья двухступенчатым конвективным вакуум-импульсным методом. Процесс ускорения осуществляется [1, 2] за счет интенсификации второй ступени. При этом внутри влажного тела возникает давление парогазовой смеси, превышающее давление влажного воздуха в окружающей среде (барометрическое давление). Наличие такого медленно релаксируемого градиента давления вызывает молярное движение парогазовой смеси по типу фильтрации. Наложенное фильтрационное движение парогазовой смеси на капиллярно-диффузионный перенос влаги приводит к перестройке механизма переноса и связанной с ней существенной интенсификацией процесса.

Наиболее рациональным методом сушки является режим, при котором высушиваемый продукт имеет максимально возможную поверхность теплообмена. Механизм сушки остается прежним, изменяются только скоростные характеристики процесса.

Расчет экономической эффективности двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки основанный на общепринятых методиках по сравнению с существующей технологии конвективной

сушки плодовоовощного сырья позволяет сделать вывод, что при использовании предложенного способа сушки себестоимость готовой продукции снижается на 16-18% за счёт уменьшения энергозатрат.

Вторая группа работает над повышением качества экстрактов при снижении энергозатрат на проведение процесса. По совокупности указанных параметров, в результате проведённых исследований был выбран способ экстракции БАВ сжиженным диоксидом углерода (CO_2). Работа данной группы направлена на снижение энергозатрат при проведении процесса экстракции. В результате работы этой группы отработана технология интенсификации процесса экстракции с использованием перепада давления, что позволяет уменьшить энергозатраты на 15-20% по сравнению с традиционным методом CO_2 -экстракции.

Список литературы

1. Плановский А.Н. Массообмен в системах с твердой фазой/А.Н.Плановский // Теор. основы хим. технол.- 1972.- Т. 6, № 6. - С. 832-841.
2. Коновалов В.И. Тепломассообмен в химико-технологических устройствах для обработки волокнистых материалов/ В.И.Коновалов// Тепломассообмен. Тепломассообмен в энергетических и химико-технологических устройствах: Проблемные доклады.- Минск: ИТМО им. М.В. Лыкова.- 1988.- Секции 10, 11. - с. 155-169.

Бырдин А.П., Надеев А.А., Якунин И.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ С НАПРАВЛЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАТЕРИАЛА ВО ВТОРОМ ПЕРИОДЕ СУШКИ МЕТОДОМ СИНГУЛЯРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Воронежский государственный технический университет

alekn85@mail.ru, vakiysha94@mail.ru

В настоящей работе методом пограничных функций построено решение уравнений модели процессов тепломассообмена при сушке дисперсного материала в псевдоожигенном слое. Предполагается, что материал имеет направленное перемещение, а газосодержание слоя мало. Математическая модель процессов обмена между дисперсной и газовой подсистемами псевдоожигенного слоя базируется на феноменологических соотношениях баланса массы влаги и теплоты для каждой подсистемы слоя [1, 2] и эмпирическом уравнении А.В. Лыкова [3], описывающем изменение влагосодержания материала в периоде падающей скорости сушки. Принимаются также упрощающие модель допущения, указанные в работе [4].

Из соотношений баланса тепла и массы по влаге, с учётом принятых ограничений, получена система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая изменение теплоёмкостей и температур дисперсной и газовой подсистем псевдооживленного слоя в процессе сушки. Полученная система сингулярно возмущенных уравнений является квазисвязанной: подсистема дифференциальных уравнений для теплоёмкостей материала и сушильного агента допускает решение в замкнутом виде, в то время как подсистема температурных уравнений содержит переменные коэффициенты и интегрируется, вообще говоря, только численными методами [1].

Используя предположение о малости параметра газосодержания слоя, построено асимптотическое решение подсистемы температурных уравнений, учитывающее два приближения по параметру возмущения. Построенное решение выражает в явном виде зависимости температур материала и сушильного агента от переменных теплоёмкостей этих компонентов псевдооживленного слоя.

Получены выражения, указывающие зависимости времен релаксации теплоёмкостей и температур подсистем слоя от физических и кинематических характеристик компонентов подсистем слоя. Дан анализ влияния величины отношения удельной поверхности дисперсного материала к условной термодинамической поверхности, а также величины газосодержания слоя на теплоёмкости и температуры подсистем псевдооживленного слоя. В частности установлено, что при малости параметра, характеризующего газосодержание слоя, теплоёмкость сушильного агента даёт заметный вклад только в поправочные члены для температуры этой подсистемы.

Список литературы

1. Баумштейн И.П. Исследование сушильных установок с помощью математического моделирования / И.П. Баумштейн, А.В. Лыков, М.И. Людмирский, Ю.А. Майзель // Тепло- и массоперенос в процессе сушки и термо- плодовоощного брабoткi: сб. ст. – Минск: Наука и техника, 1970. – С. 53-79.
2. 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.
3. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
4. 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.

Власова Е.В.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Тамбовский государственный технический университет

birukova-ev@rambler.ru

Актуальной проблемой при проектировании технических систем является использование стандартизованных метрологических средств, не учитывающих возможности гибкой структуры современных микропроцессорных средств, что не позволит использовать их возможности в полной мере. Метрологические средства, математическое и программное обеспечение являются неотъемлемыми частями информационных технологий, применяемых при проектировании технических систем. От эффективности каждой из этих составляющих зависит эффективность функционирования всей системы.

Перспективным представляется использование в измерительных технических системах высокоэффективных метрологических средств, таких как коррекция, градуировка и калибровка. Проведен сравнительный анализ этих высокоэффективных метрологических средств и выявлено, что метрологическая эффективность коррекции регламентирована только в узком диапазоне нормы наноконтроллеров и нерациональна в широком диапазоне мониторинга нанотехнологии; у градуировки в отличие от коррекции невысокая метрологическая эффективность, коэффициенты не несут физического смысла, а лишь определяют форму градуировочной кривой, поэтому входные и выходные данные сопоставляются по абстрактной, «не физической» модели. Низкая метрологическая эффективность обусловлена ГОСТированием градуировки для приборов с жесткой структурой, т.к. она не предполагает наличия гибкой архитектуры микропроцессора с адаптивными МС нанотехнологии; калибровка корректирует градуировочную функцию по нескольким образцовым мерам, выбираемым на границах диапазонов и поддиапазонов для их априорного нормирования с заданной точностью. За счёт множества эталонов калибровка устраняет не только аддитивные и мультипликативные погрешности, но и учитывает нелинейность функции аналитического контроля.

В качестве дальнейшего развития калибровки и повышения эффективности технических систем предложена оценка *a priori* адаптивной нормируемой точности, формируемая как отношение

мер центральной тенденции (среднего арифметического и среднего геометрического) [1]. Реализация такого подхода на практике, в частности в методе контроля концентрации глюкозы крови, позволила повысить достоверность метода, за счет оценки нормируемой точности в адаптивном диапазоне, более чем в 0,6 раз.

Эффективность метрологических средств реализует универсальность аппаратного и программного обеспечения архитектуры, развивает информативность математического обеспечения и повышает коммуникабельность технических систем.

Список литературы

1. Бирюкова, Е.В., Русавская, И.В., Глинкин, Е.И. Сопоставительный анализ способов определения погрешностей при измерении артериального давления// Сборник материалов международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы» (Биомедсистемы-2009).- Рязань, РГРТУ, 2009.-С.12-14

* Научный руководитель д.т.н., профессор Глинкин Е.И.

Власова Е.В.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕИНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЯ ГЛЮКОЗЫ*

Тамбовский государственный технический университет

birukova-ev@rambler.ru

Неинвазивные методы представляют собой косвенное измерение глюкозы крови и порой не отличаются высокой точностью. Так было и с методом контроля глюкозы крови по уровню артериального давления. Изначально метод основан на модели данных, то есть определение концентрации глюкозы крови происходит по формуле полученной путем обработки результатов статистических измерений и основывается только на статистических методах, получивших широкое распространение в медицине. Этот подход неприемлем для аналитического подхода к решению задач, активно применяемого в сфере технических наук. Методом аналогии предложена новая математическая модель, которая логична с точки зрения физики процесса и не противоречит результатам, полученным статистическими методами, лежащим в основе доказательной медицины.

Проведенная структурная и параметрическая оптимизация способа позволяет разработать новый метод [1,2], основанный на использовании математической модели, отражающей физику про-

цесса и такого метрологического средства как калибровка. Процесс измерения аппроксимирован экспонентой, для представления модели в явном виде с минимумом информативных параметров, адекватно отражающих физику процесса. Данная модель позволяет измерять уровень глюкозы по калибровочной характеристике. Калибровку проводят в заданном диапазоне отношений значений максимального систолического артериального давления и минимального диастолического артериального давления.

Дальнейшее совершенствование разработанного метода идет путем повышения эффективности калибровки за счет адаптации к реальным режимам работы: с неизвестными, частично и полностью известными предельными параметрами измеряемой характеристики. Повышение эффективности достигается проведением структурной и параметрической оптимизации, заключающихся в изменении числа характеристик, по которым проводится калибровка, и алгоритмах расчета информативных параметров калибровки.

Таким образом, рассмотрена оптимизация процесса контроля глюкозы по артериальному давлению путем введения аналитического подхода, за счет использования математической модели, отражающей физику процесса, и оригинальной гибкой калибровки, оптимизирующей значения измеренной характеристики к эталонной в адаптивном диапазоне с регламентируемой точностью нормируемых мер, без оценки постфактум погрешности, минимизированной априори. А также обозначен путь дальнейшего совершенствования способа контроля глюкозы крови по артериальному давлению. Следует отметить, что благодаря проведенной оптимизации, инновационный метод по точности не уступает инвазивным методам глюкометрии.

Список литературы

1. 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.
2. Власова Е.В., Глинкин Е.И. Параметрическая оптимизация модели концентрации глюкозы в крови//Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. Выпуск 3. - Тамбов, 2012. - С. 1017-1021.

* Научный руководитель д.т.н., профессор Глинкин Е.И.

Глистин В.Н., Панасюк Ю.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО
ДАЛЬНОМЕРА НАЗЕМНОЙ РЛС

Тамбовский государственный технический университет
glistinwadim@mail.ru, pyunikol@rambler.ru

Как было замечено во многих работах, алгоритмы функционирования, реализованные в современных РЛС, предполагают использование простых линейных моделей для экстраполяции траекторий воздушных судов (ВС), осуществлением низко достоверной экстраполяции траектории по низко эффективным алгоритмам фильтрации. Например, использование классических (калмановских) фильтров в режиме сопровождения целей предполагает равномерное и прямолинейное движение цели или движение целей с постоянным ускорением относительно РЛС [1].

Данные предположения являются не действительными, так как во время маневра воздушное судно движется с ускорением. В частности при выполнении ВС маневра «посадка», изменение дальности между ним и наземной РЛС имеет нелинейный характер.

Все это требует применение более эффективных и адекватных, с точки зрения повышения точности и устойчивости, алгоритмов функционирования автоматических систем управления воздушным движением (АС УВД).

Алгоритм функционирования радиолокационного дальномера и РЛС зависит от моделей состояния и наблюдения, которые необходимо задать с учетом данных получаемых от дискретно-адресных систем передачи информации.

С учетом математической модели [2] и уравнений нелинейной фильтрации [1], получены рекуррентные алгоритмы фильтрации [1].

По алгоритмам функционирования было проведено имитационное моделирование на ЭВМ для двух случаев: 1) в дальномерном канале не использовались данные бортовых датчиков; 2) в дальномерном канале измерялись значения $V_{ци}$, $\theta_{ци}$, $\varphi_{ци}$, $\varepsilon_{ви}$, $\varepsilon_{ги}$. Результаты моделирования представлены на рисунках (1) – (3).

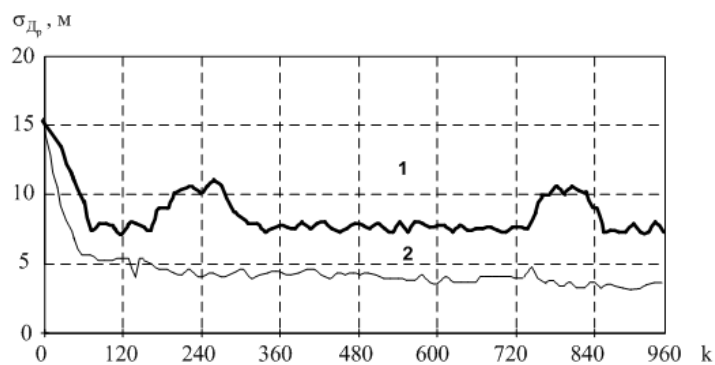


Рис. 1 СКО дальности $\sigma_{Dp}(k)$.

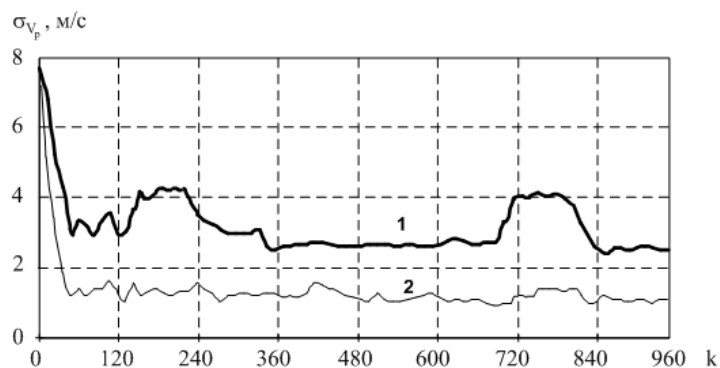


Рис. 2 СКО скорости $\sigma_{Vp}(k)$.

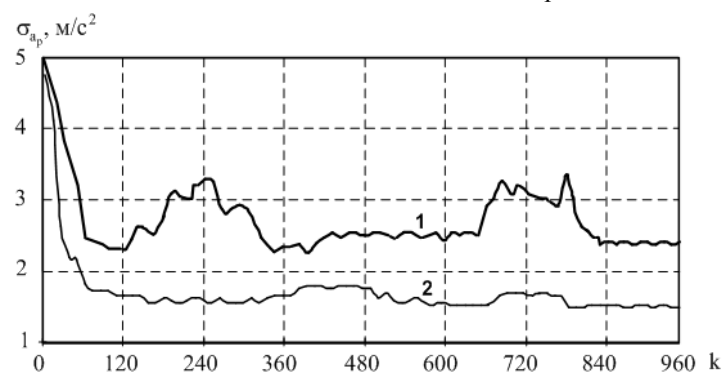


Рис. 3 СКО ускорения $\sigma_{ap}(k)$.

Список литературы

1. Лобачев, Ю.В. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами/ Ю.Н. Панасюк, Б.П. Комягин. – Тамбов: ТВВАИУ, 2008.

2. Глистин, В. Н. Модель радиолокационного дальномера наземной РЛС/ В.Н. Глистин, Ю.Н. Панасюк, А.П. Пудовкин //Сборник трудов международной конференции «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах». – Тамбов: ТГТУ, – 2014.

Глистин В.Н., Панасюк Ю.Н., Пудовкин А.П.
МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАЛЬНОМЕРА
НАЗЕМНОЙ РЛС

Тамбовский государственный технический университет
 glistinwadim@mail.ru, pyunikol@rambler.ru, resbn@jesby.tstu.ru

В имеющихся на данный момент наземных РЛС алгоритмы функционирования автоматических систем не отвечают необходимой точности при заданном уровне безопасности движения воздушных судов, так как применяемые модели движения воздушных судов не соответствуют их реальным моделям движения из-за неточного оценивания дальности (D), скорости (V) и ускорения (a).

Необходимую дополнительную информацию бортовых датчиков воздушного судна можно получить от дискретно-адресных систем передачи информации, где используется индивидуально-адресный запрос. Это позволит получить данные о кинематических характеристиках цели, что сделает возможным точно описать ускорение воздушного судна по формуле [1]

$$a_B = V_{\text{цo}}(k)(\cos\theta_o(k)\sin\varepsilon_{\text{bo}}(k)(\omega_{\theta_o}(k) - \omega_{\text{bo}}(k)\cos(\varphi_o(k) - \varepsilon_{\text{го}}(k))) + \\ + \sin\theta_o(k)\cos\varepsilon_{\text{bo}}(k)(\omega_{\text{bo}}(k) - \omega_{\theta_o}(k)\cos(\varphi_o(k) - \varepsilon_{\text{го}}(k))) + \\ + \cos\theta_o(k)\cos\varepsilon_{\text{bo}}(k)\sin(\varphi_o(k) - \varepsilon_{\text{го}}(k))(\omega_{\text{го}}(k) - \omega_{\varphi_o}(k))). \quad (1)$$

С учетом (1) можно записать модель радиолокационного дальномера:

модель наблюдения в дискретном времени

$$\left. \begin{aligned} D_{\text{и}}(k+1) &= D(k+1) + \xi_{D_{\text{и}}}(k+1), \\ V_{\text{ци}}(k+1) &= V_{\text{ц}}(k+1) + \xi_{V_{\text{ци}}}(k+1), \\ \theta_{\text{ци}}(k+1) &= \theta_{\text{ц}}(k+1) + \xi_{\theta_{\text{ци}}}(k+1), \\ \varphi_{\text{ци}}(k+1) &= \varphi_{\text{ц}}(k+1) + \xi_{\varphi_{\text{ци}}}(k+1), \\ \varepsilon_{\text{ви}}(k+1) &= \varepsilon_{\text{в}}(k+1) + \xi_{\varepsilon_{\text{ви}}}(k+1), \\ \varepsilon_{\text{ги}}(k+1) &= \varepsilon_{\text{г}}(k+1) + \xi_{\varepsilon_{\text{ги}}}(k+1); \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

модель состояния в дискретном времени

$$\left.
\begin{aligned}
D(k+1) &= D(k) + V(k)\tau + 0,5a(k)\tau^2, \\
V(k+1) &= V(k) + a(k)\tau, \\
a(k+1) &= V_{\Pi}(k)(\cos\theta(k)\sin\varepsilon_B(k)(\omega_{\theta}(k) - \omega_B(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_{\Gamma}(k))) + \\
&\quad + \sin\theta(k)\cos\varepsilon_B(k)(\omega_B(k) - \omega_{\theta}(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_{\Gamma}(k))) + \\
&\quad + \cos\theta(k)\cos\varepsilon_B(k)\sin(\varphi(k) - \varepsilon_{\Gamma}(k))(\omega_{\Gamma}(k) - \omega_{\varphi}(k))) + \xi_a(k), \\
V_{\Pi}(k+1) &= V_{\Pi}(k) + a_{\Pi}(k)\tau k, \\
a_{\Pi}(k+1) &= (1 - \alpha_{\Phi}\tau)a_{\Pi}(k) + \xi_{a_{\Pi}}(k), \\
\theta_{\Pi}(k+1) &= \theta_{\Pi}(k) + \omega_{\theta_{\Pi}}(k)\tau k, \\
\omega_{\theta_{\Pi}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\Phi}\tau)\omega_{\theta_{\Pi}}(k) + \xi_{\omega_{\theta_{\Pi}}}, \\
\varphi_{\Pi}(k+1) &= \varphi_{\Pi}(k) + \omega_{\varphi_{\Pi}}(k)\tau k, \\
\omega_{\varphi_{\Pi}}(k+1) &= (1 - \alpha_{\Phi}\tau)\omega_{\varphi_{\Pi}}(k) + \xi_{\omega_{\varphi_{\Pi}}}(k), \\
\varepsilon_B(k+1) &= \varepsilon_B(k) + \omega_B(k)\tau k, \\
\omega_B(k+1) &= (1 - \alpha_{\Phi}\tau)\omega_B(k) + \xi_{\omega_B}(k), \\
\varepsilon_{\Gamma}(k+1) &= \varepsilon_{\Gamma}(k) + \omega_{\Gamma}(k)\tau k, \\
\omega_{\Gamma}(k+1) &= (1 - \alpha_{\Phi}\tau)\omega_{\Gamma}(k) + \xi_{\omega_{\Gamma}}(k).
\end{aligned}
\right\} \quad (3)$$

Список литературы

1. Лобачев, Ю.В. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами/ Ю.Н. Панасюк, Б.П. Комягин. – Тамбов: ТВВАИУ, 2008.

Головченко Е.В. Дьяченко В. Федюнин П.А. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

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

Оценка эффективности цифровых сетей связи (ЦСС) – важнейшая задача обеспечения ее функционирования и осуществляется как на этапе планирования сети, так и в процессе ее функционирования. Кроме того, оценка эффективности сети необходима как на уровне администрирования, так и на уровне отдельных ее элементов.

В каждом из рассмотренных вариантов требуется применение тех показателей, которые наиболее соответствуют целям и задачам, решаемым элементом сети или уровнем управления.

Очевидно, что цели вышестоящих уровней управления и функционирования сети должны включать цели нижележащих уровней. Только в этом случае показатели и критерии оценки эффективности отдельных элементов сети будут соответствовать показателям и критериям всей сети в целом. Одним из наиболее известных показателей функционирования ЦСС является ее пропускная способность.

Коэффициент использования каналов ЦСС по пропускной способности определяется следующим выражением [1]:

$$\mu = \frac{R}{C},$$

где C – пропускная способность канала связи (КС); R – скорость передачи информации в КС. Данный коэффициент определяет только скоростные параметры канала.

Производительность ЦСС потоками информации в сети и определяется следующим выражением:

$$P = \frac{C(v)}{t_B},$$

где $C(v)$ – пропускная способность ЦСС, v – входная скорость поступления пакетов в ЦСС, t_B – средняя временная задержка пакетов (информации) в ЦСС.

Кибернетическая мощность ЦСС определяется следующим выражением [2]:

$$K = \frac{1}{t} N \cdot \Pi,$$

где t – косвенная задержка пакетов в ЦСС, N – накопление пакетов в ЦСС, Π – производительность ЦСС.

Этот показатель не учитывает свойства помехоустойчивости, то есть достоверности и позволяет оценить только предельные возможности ЦСС по передаче и хранению информации.

В качестве обобщенного показателя эффективности ЦСС предлагается объем сети W , определяется в методическом пространстве Φ частными показателями качества функционирования сети. К таким следует отнести Π – производительность сети, скорость v и точность передачи информации T . При этом точность передачи информации в ЦСС определяется следующим выражением:

$$T = \Pi - \Delta\Pi,$$

где $\Delta\Pi$ – суммарное количество сообщений принятых в сети не верно.

Таким образом, рассмотренные показатели и критерии для проведения оценки эффективности являются решающим фактором, определяющим состав, топологию, алгоритмы и протоколы, используемые на всех уровнях функционирования телекоммуникационной сети.

Список литературы

1. Цыбизов А.А. Оценка эффективности сетей связи. // Вестник РГРТУ №3 (выпуск 29). - Рязань, 2009. С. 1-5.
2. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ / пер. с англ. - М.: Наука, 1992. - 157 с.

Gribkov A.N., Kurkin I.A.

**PROBLEM OF USING ENERGY SAVING CRITERIA FOR HYBRID
OBJECTS WITH CONSIDERATION OF GREENHOUSES GAS
EMISSIONS**

Tambov State Technical University

k_mackl@mail.ru

In this work we proposed the problem to using of modified coefficients in optimality criteria for hybrid objects. The problem is to consider emissions of greenhouse gases in synthesis of optimal control actions to reduce impact of controlled process on the environment in hybrid objects control.

Since end of 20th century, the theory of global climate change gained strong influence [1]. According to it, one of the main drivers of climate change is technogenic human activity. One of the main factors of human impact on the environment within this theory is the steady increase of greenhouse gases concentration and emissions through using of fossil combustible fuels.

Hybrid objects are objects that have multiple controls with various type of fuels, such as heating systems (with the possibility of electric heating), industrial electric machines, hybrid cars, etc [2].

For hybrid objects with consideration of greenhouse gases emissions, control actions will be changed depending on the type of fuel used, and technologies for production of heat and electricity used, etc. For example, using pellets or timber for heating, it is believed that carbon dioxide, obtained during burning, will be absorbed by vegetation in next three years, in contrast to fossil fuels, and using the electricity from hydropower plants, carbon dioxide emissions is almost no comparison with emissions in equal amount of generated electricity on combined heat and power plant (CHP).

Optimal control for hybrid objects, taking into account impact on the environment nowadays is not enough studied. However, using of criteria and weighting factors that take into account greenhouse gases emissions, is an additional reserve to reduce anthropogenic influence on the environment from theory of global climate change point of view.

If we consider the optimal control theory in terms of global warming concept, criterion J_f (fuel consumption) is proportional to amount of greenhouse gases emissions, because emissions from fuel combustion are proportional to fuel consumption.

Proportionality factor will be determined by type of fuel and technology of its using. For example, you can burn pellets or biogas for energy, however, greenhouse gas emissions in the time horizon of several years will be absorbed by vegetation again, in contrast to emissions from combustion of fossil fuels to receive the same amount of energy.

For J_e (electrical energy consumption) such link exists too, and for each case must be calculated separately, because there are many different ways to generate electricity from various sources and with different technologies.

It is believed that the greatest impact on climate change from a variety of greenhouse gases deals carbon dioxide [3]. Later, in calculating greenhouse gases emission factors, we refer to carbon dioxide emissions.

When using hybrid objects, you are always able to find a compromise between profit and influence on the environment. In practice, for hybrid objects with simultaneous using of various energy sources traditionally used combined criterion

$\left(J_{e,f} = c_1 \int_{t_{01}}^{t_{e1}} u_e^2(t) dt + c_2 \int_{t_{02}}^{t_{e2}} |u_f(t)| dt, J_f = c_1 \int_{t_{01}}^{t_{e1}} u_{f1}(t) dt + c_2 \int_{t_{02}}^{t_{e2}} |u_{f2}(t)| dt \right)$, and we can change coefficient c_i from price of fuel to some function of fuel cost and specific fuel emissions (emission factors per unit of generated energy).

This work was supported by the project TEMPUS 530620.

Reference

1. Spencer R. Weart, The Idea of Anthropogenic Global Climate Change in the 20th Century, Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 1 (2010) 67-81
2. Y. Muromtsev, D. Muromtsev, V. Pogonin, Theoretical Foundations of energy-saving control, Moscow, Publisher Yanus-K (2010) 286.
3. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policy-makers. Intergovernmental panel on climate change (2007) 21.

Грибков А.Н., Куркин И.А., Дорохова Т.Ю.
ДАЙМОНД-СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ
МНОГОМЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ

Тамбовский государственный технический университет

GribkovAlexey@yandex.ru

В настоящее время проблема энергосбережения и повышения энергетической эффективности является одной из важнейших проблем современной промышленности. Возможным подходом к решению проблемы энергосбережения является разработка и внедрение информационно-управляющих систем (ИУС), осуществляющих оптимальное управление энергоемкими технологическими объектами.

Большинство промышленных технологических объектов являются многомерными т.е., имеющими многочисленные взаимосвязанные входные и выходные переменные. При разработке ИУС многомерным объектом необходимо учитывать множество факторов, таких как: распределенность и многочисленность контролируемых и регулируемых параметров объекта; взаимное влияние соседних зон объекта друг на друга; наличие шумов в каналах управления и измерения; сложность применяемого критерия оптимальности; необходимость реализации управляющих воздействий в реальном масштабе времени и т.д. Для учета этих особенностей, в состав ИУС обычно включается база знаний, содержащая множество алгоритмов обработки информации, поэтому при разработке математического и алгоритмического обеспечения ИУС в настоящее время широко применяются методы искусственного интеллекта (нечеткая логика, нейронные сети, мультиагентные системы и т.д.).

Одним из начальных этапов проектирования ИУС является выбор структуры системы управления. Как правило, структура системы управления многомерным объектом выбирается иерархической. Возможной формой представления структуры иерархической системы является даймонд-структура [1].

На рис. 1 представлена даймонд-структура ИУС многомерным объектом на примере структуры мультиагентной информационной системы интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов [2].

Применение ИУС для решения задач анализа и синтеза оптимального управления энергоемкими технологическими объектами

позволяет снизить затраты энергоресурсов и повысить качество выпускаемой продукции.

Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, проекты №14-08-00489-а, 14-08-00198-а, 12-08-00352-а.

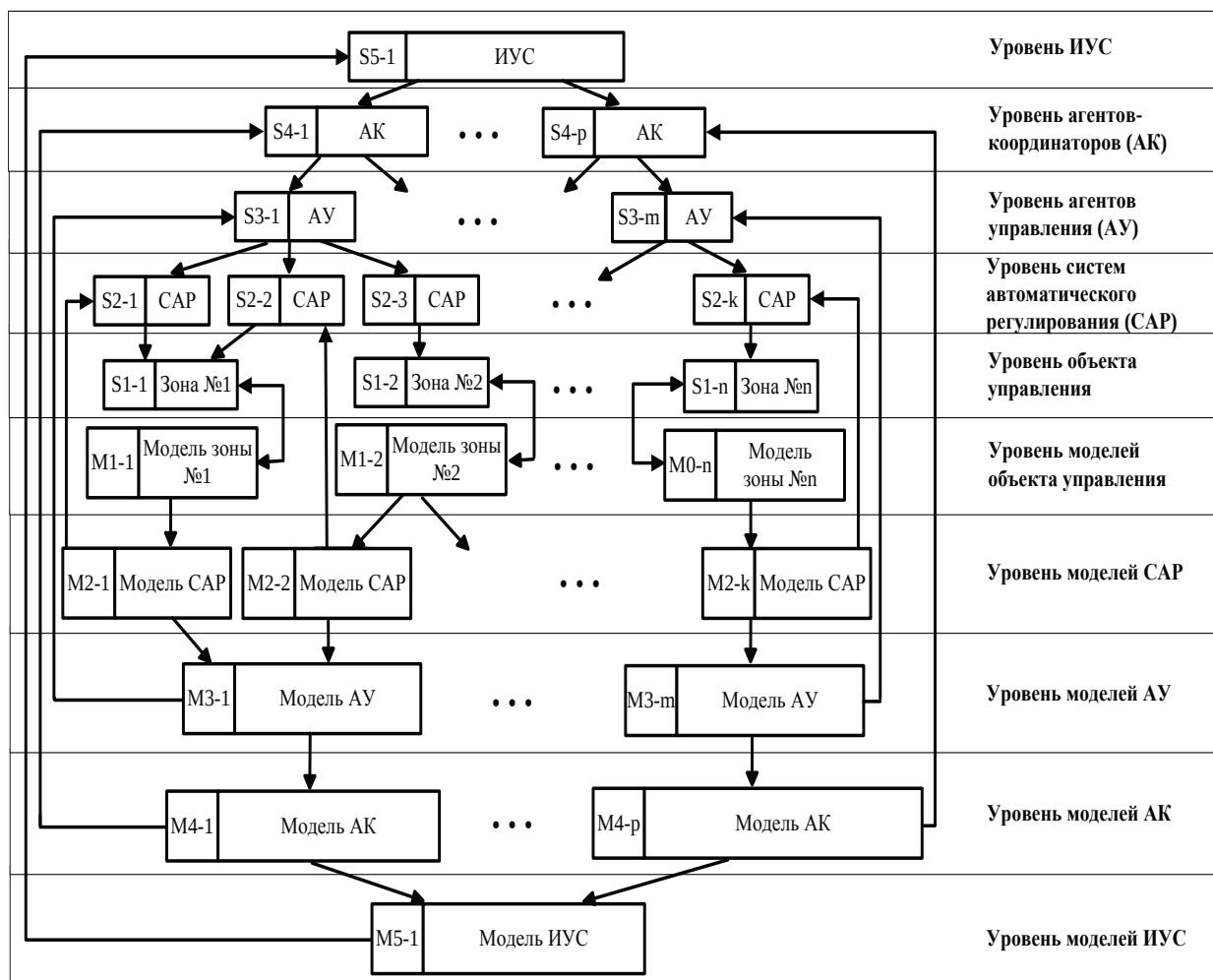


Рис. 1 Даймонд-структура ИУС

Список литературы

1. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 744 с.
2. Грибков А.Н., Куркин И.А. Мультиагентная информационная система интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – №8. – С. 41-44.

Громак И.А., Данилин М.А.
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ, ОБЛАДАЮЩИХ
СВОЙСТВОМ УСТОЙЧИВОСТИ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*
rumba@list.ru, maxxl78@mail.ru

В процессе функционирования телекоммуникационной сети (ТКС) на нее воздействуют различные факторы, нарушающие нормальную работу ее элементов – невыполнение условий электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, преднамеренные и не преднамеренные помехи, выход из строя средств связи по технико-эксплуатационным причинам. Таким образом, ТКС должны обладать способностью противостоять воздействиям, приводящим к нарушениям функционирования их объектов, то есть обладать необходимой устойчивостью.

Как известно свойством устойчивости обладают только избыточные системы, для построения которых необходимо соблюдать ряд общих принципов:

1. Элементы сети связи должны обладать свойством высокой стойкости и малой (равномерной) структурной значимости. Реализация данного принципа основана на построении однородных ТКС.

2. Структура сети должна обеспечивать возможно большую связность. ТКС должна быть разветвленной, позволяющей формировать кратчайшие пути (маршруты) в условиях широкого спектра воздействий.

3. Состояния работоспособности сети должны обеспечиваться возможно меньшим числом элементов. Это требует повышения разветвленности сети и реализации прямых и резервных (обходных) маршрутов.

4. Различные состояния работоспособности должны обеспечиваться различными элементами. Реализация данного принципа также требует увеличения числа элементов ТКС и комплексного использования различных родов связи, территориальный разнос элементов узлов связи [1].

Применение указанных принципов обеспечивает следующие способы построения ТКС, обладающих свойством устойчивости:

а) построение регулярных сетевых структур с минимальной неоднородностью и равномерной значимостью элементов, что обеспечивает увеличение емкости минимального сечения в структуре сети;

б) выборочная защита элементов сети. Этот способ предполагает, что средства (ресурсы) расходуются не на все элементы сети;

в) дублирование (резервирование). Данный способ предполагает реализацию принципов 1, 2 и основан на развитии избыточности элементов;

г) автономизация элементов сети. Способ основан на реализации принципа 3, на основе применения универсальных по функциональному назначению и более сложных элементов;

д) разукрупнение или разделение элементов. Данный способ применяется в том случае, когда в структуре сети имеются элементы, обладающие высокой структурной значимостью и низкой стоимостью, например центральный элемент в структуре «звезда».

Таким образом, в результате реализации способов (а, в) обеспечивается построение магистральных сетей на основе регулярных (ячеистых) сетевых структур. А реализация способов (г, д) обеспечивает устранение единой точки отказа в сетях доступа и построение их на основе регулярных (кольцевых) структур.

Список литературы

1. Назаров А.Н., Сычев К.И. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. - Красноярск: Изд-во ООО «Поликом», 2010. - 389 с.

Гуреев А.О., Пикулин Ю.Г.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ОТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

*Московский государственный машиностроительный
университет*

В крупнотоннажных производствах очистка газов от кислых компонентов производится как в технологической цепочке получения того или иного продукта, так и при выбросе дымовых газов какого-либо производства. Количество извлекаемых компонентов из газовых смесей исчисляется сотнями тысяч тонн в год [1]. Одним из дешёвых способов очистки является циркуляционный, в котором

после насыщения абсорбент направляют на стадию регенерации, где происходит выделение поглощённого компонента в чистом виде. Количество циркулирующего абсорбента в системе зависит от его абсорбционной (поглотительной) ёмкости.

Очистка газов от диоксида углерода растворами этаноламинов является типичным процессом хемосорбции. Причём, абсорбционная ёмкость у хемосорбентов значительно выше, чем у физических абсорбентов. Изучению этого процесса посвящено большое количество работ. В настоящее время продолжают исследования с целью его совершенствования и интенсификации [1,3]. Основным критерием при выборе способа очистки газа является величина затрат, включающих энергетические и капитальные затраты.

Наибольшие энергозатраты абсорбционно-десорбционной очистки газов от кислых компонентов связаны со стадией регенерации абсорбента, которая проходит, как правило, при высоких температурах. На регенерацию абсорбент поступает со стадии непосредственно абсорбционной очистки газа. Поэтому для определения рациональных значений параметров технологического режима непосредственно на стадии абсорбции необходимо уметь рассчитывать параметры на выходе из абсорбера. Следующим этапом будет являться решение аналогичной задачи для процесса регенерации и на завершающей стадии – их объединение в математическую модель абсорбционно-десорбционного цикла.

Задачей данного исследования является проверка адекватности модели для расчёта отдельных параметров процесса, а так же поиск оптимальных технологических параметров для процесса абсорбции с целью снижения энергозатрат на циркуляцию раствора.

Первым этапом явилось создание математической модели процесса абсорбции диоксида углерода для расчёта основных размеров абсорбера и проверка её адекватности.

На основе описания расчёта процесса абсорбции диоксида углерода водным раствором моноэтаноламина (МЭА) [1,2] была составлена математическая модель. В неё вошли уравнения материального и теплового балансов, кинетические уравнения, уравнения для расчёта массопередачи и уравнения, описывающие физико-химические свойства очищаемого газа и абсорбента.

Проверку адекватности модели проводили путём сравнения расчётных данных – диаметра абсорбера, высоты слоя насадки, концентраций диоксида углерода в жидкости и в газе на выходе из

абсорбера со значениями, полученными на различных по масштабу системах: опытно-промышленной и промышленной установках.

При сравнении фактических значений с расчётными для промышленной установки, где фактическое содержание CO_2 в газе и в жидкости на выходе из абсорбера составляют 0,01 % об. и 0,6 моль CO_2 /моль моноэтаноламина, соответственно, расчётная концентрация CO_2 в газе на выходе из абсорбера равна 0,0095 % об., а в жидкости составила 0,597 моль CO_2 /моль МЭА.

Получена расчётным путём зависимость количества поглощённого диоксида углерода в абсорбере от нагрузки по жидкости. Полученную зависимость условно можно разделить на две зоны (и та и другая практически линейные – с плавным перегибом): 1-я – зона (от начала координат) обусловлена резким увеличением количества поглощаемого CO_2 при увеличении расхода жидкости (при степени карбонизации $\alpha > 0,5$ моль CO_2 /моль МЭА) и 2-я зона – незначительно возрастающая практически линейная зависимость вплоть до рабочей нагрузки (несколько меньшей нагрузки чем при «захлёбывании» абсорбера). Т.е. увеличение нагрузки по жидкости практически не приводит к изменению количества поглощаемого CO_2 из газа. Большинство современных предприятий, где осуществляется очистка промышленных газов от диоксида углерода, работают в правой части полученной зависимости (зоны 2) при значениях расхода раствора абсорбента, близких к режиму захлёбыванию аппарата.

В соответствии с приведенными результатами сделан вывод о возможности существенного снижения расхода циркулирующего абсорбента практически без ухудшения качества очистки, что позволит значительно сократить энергозатраты на процесс очистки газа.

Список литературы

1. Очистка технологических газов / Под ред. Т.А. Семеновой и И.Л. Лейтеса. – М.: Химия, 1977. – 488 с.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов. — М.: Химия, 1976. — 654 с.
3. Исследование физико-химических свойств модифицированного МДЭА–абсорбента для тонкой очистки синтез-газа от диоксида углерода в производстве аммиака / И.Л. Лейтес, А.К. Аветисов, Н.В. Язвикова, С.В. Суворкин, Ю.К. Байчток, Н.В. Дудакова, К.Н. Деев, Г.В. Косарев. – М.: ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», 2012. — 5 с.

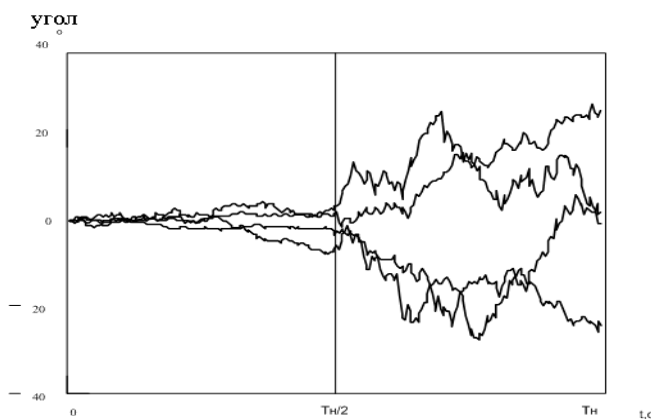
Данилов С.Н.

**ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМОЙ,
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ С ЧАСТОТНО РАЗДЕЛЕННЫМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.**

Тамбовский государственный технический университет
plabz@mail.ru

Предложенный алгоритм, построенный на основе теории систем со случайной структурой, позволяет на основе анализа статистических характеристик невязок для работы в режиме маневра, использовать преимущественно следящую систему с малым астатизмом, а в установившемся режиме – следящую систему с большим астатизмом. Этот алгоритм превосходит по точности измерения обычные алгоритмы оптимальной линейной фильтрации.

В общем случае возмущения, которые встречаются при оценке координат маневрирующих целей можно разделить на две группы: возмущения типа шума и возмущения волнообразной структуры. При сопровождении маневренных целей целесообразно использовать две модели: одну двумерную и вторую в виде модели узкополосного случайного процесса, описываемого системой дифференциальных стохастических уравнений:



$$\dot{\omega} = \omega_1$$

$$\dot{\omega}_1 = 2 \alpha \omega_1 \nu^2 \omega + \nu^2 n_\lambda(t),$$

где $n_\lambda(t)$ – гауссовский белый шум с дисперсией R_λ и нулевым математическим ожиданием, ν – постоянный коэффициент. Для того, чтобы показать целесообразность использования соответствующего фильтра, на рис.

1 представлено несколько реализаций такого сигнала. Каждый фильтр настраивался по минимуму ошибки на выходе.

На рис. 2 а, в приведены кривые, показывающие ошибки Δ фильтров в зависимости от мощности шума наблюдения P для двух

различных ситуаций, а именно: отсутствие маневра (рис. 2а) и маневр (рис. 2в).

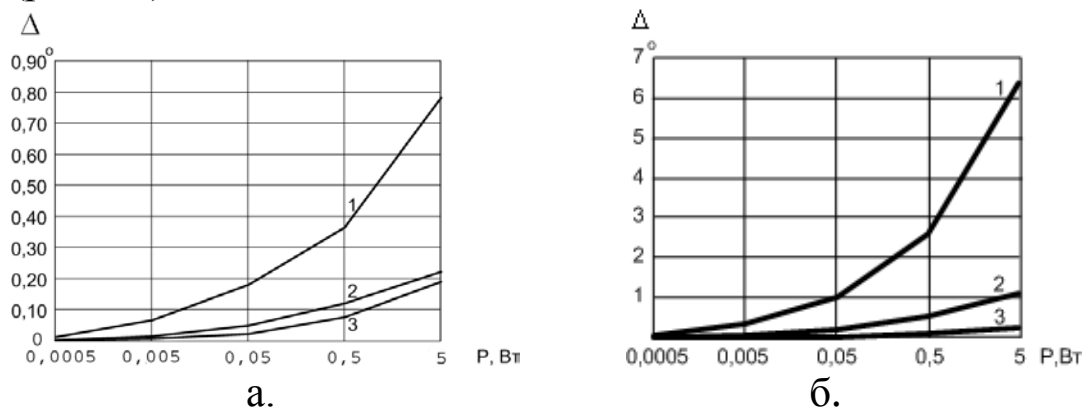


Рис.2 Ошибки фильтров в зависимости от мощности шума:

1 – ошибка фильтра первого порядка, 2 – ошибка фильтра второго порядка, 3 – ошибка фильтра на основе предлагаемой модели.

Величина ошибки определялась при усреднении по 100 реализациям наблюдений. Хорошо видно, что фильтр на основе предлагаемой модели имеет наименьшую ошибку.

Ниже приведена таблица, показывающая величину ошибки этого фильтра для ситуации отсутствия маневра и наличия маневра. Из таблицы видно, что фильтр на основе предлагаемой модели имеет меньшую ошибку в случае маневра, даже в сравнении с ситуацией отсутствия маневра и это преимущество сохраняется до мощностей шума наблюдения порядка 0.5 Вт.

Таблица 1. Ошибка фильтра

Ситуация	Ошибка фильтра в градусах для различной мощности шума наблюдения				
	0,0005 Вт	0,005 Вт	0,05 Вт	0,5 Вт	5 Вт
отсутствие маневра	0,00228	0,00788	0,023	0,077	0,191
маневр	0,002	0,00647	0,021	0,08	0,228

Полученные данные показывают, что введение в состав следающей системы, синтезированной в виде фильтра со случайным изменением структуры фильтра на основе модели с частотно разделенными характеристиками должно существенно уменьшить величину ошибки.

Данилов С.Н.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ:
МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВАМИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

Тамбовский государственный технический университет

plabz@mail.ru

Одним из направлений защиты самолетов является применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) и, в частности, ложных целей, буксируемых за самолетом или отстреливаемых с него.

Для противодействия ракетам с инфракрасной головкой самонаведения давно используется два вида помех – отстреливаемые ложные тепловые цели и стационарные генераторы пульсирующих инфракрасных помех.

Многообразие СИЗ нового типа требуют разработки и исследования способов их применения в различных тактических ситуациях. Критерием может служить эффективность защиты и, в частности, величина увеличения промаха применяемого самонаводящегося оружия.

Косвенное представление об истинных оперативно-технических возможностях активных буксируемых ловушек, работающих в режиме повторителя радиолокационных сигналов, дают результаты моделирования ракетного обстрела воздушной цели, защищаемой такой ловушкой.

В качестве объекта моделирования рассмотрена система наведения ракеты класса «воздух-воздух» на самолет-цель, который в качестве защиты применяет отстреливаемую ловушку с ретранслятором и построена ее Simulink-модель (рис 1).

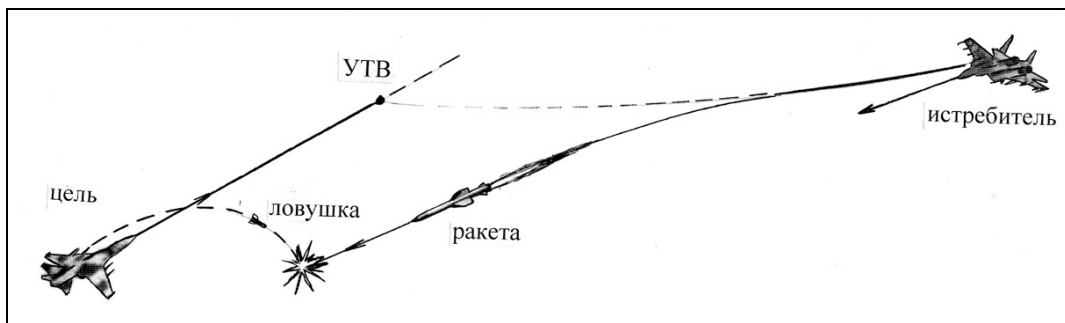


Рис. 1

Основную трудность для моделирования представляет радиолокационная головка самонаведения (РГС) ракеты, как наиболее сложное устройство.

Структурная схема Simulink-модели РГС (субсистема RGS) показана на рис. 2.

Таким образом, модель реализованная в виде вложенных друг в друга субсистем позволит получить достаточно простую в использовании и в то же время достаточно сложную, отражающую многие детали реальности структуру.

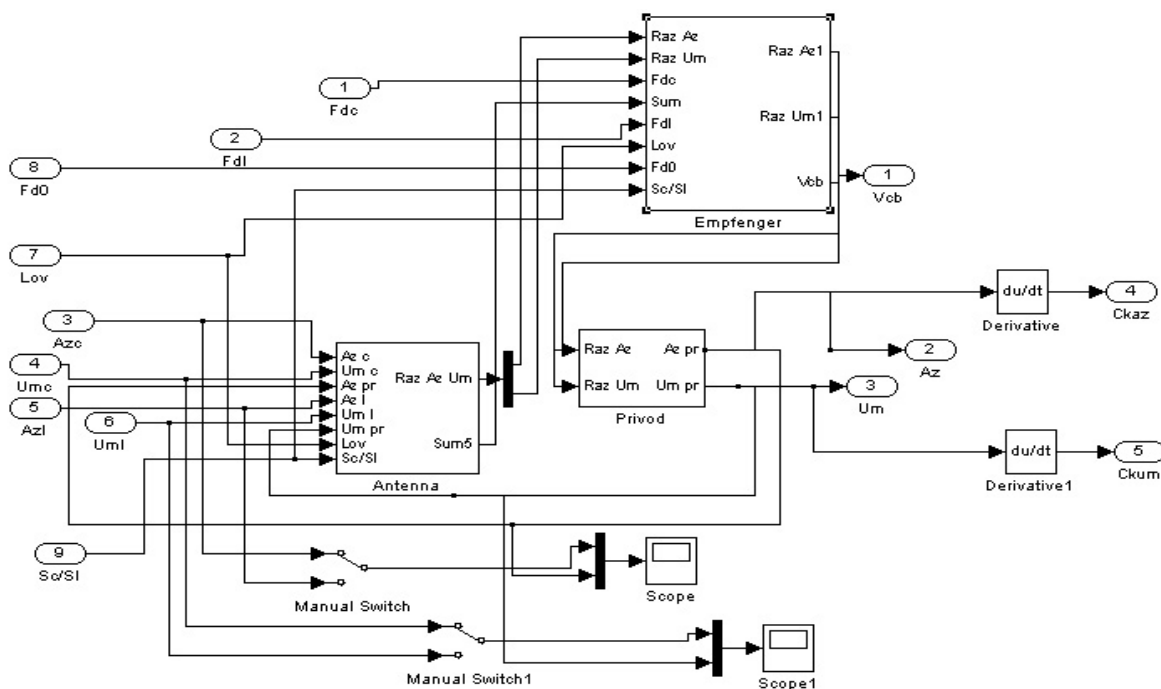


Рис. 2. Структура Simulink-модели РГС.
Общий вид модели показан на рис. 3.

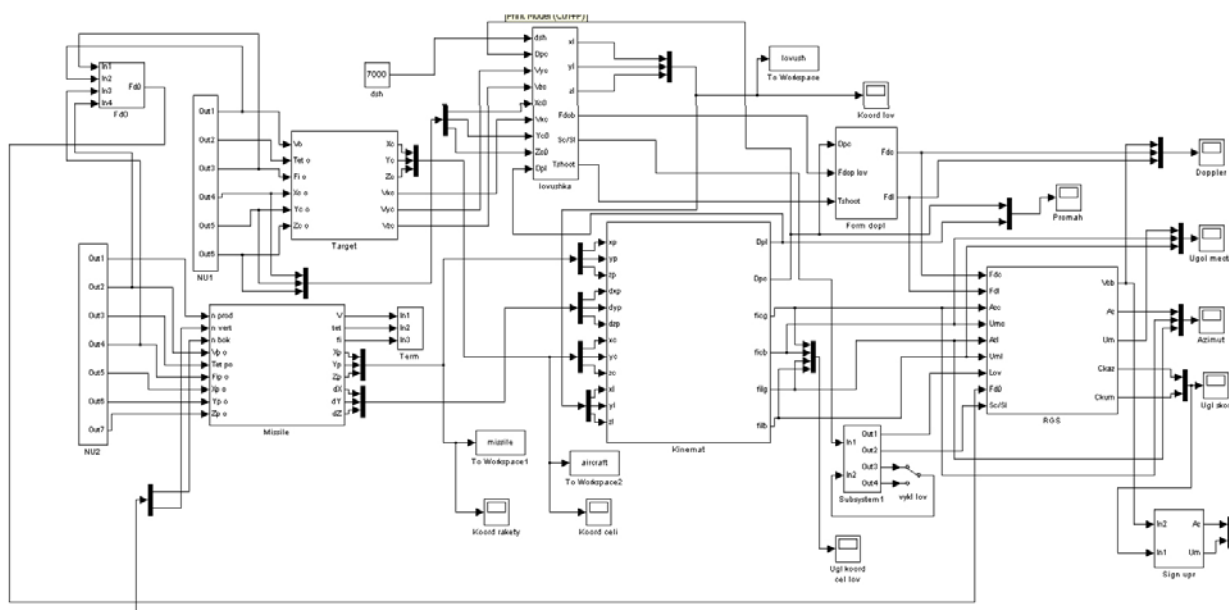


Рис. 3

Данилов С.Н., Пудовкин А.П.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ С РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

Тамбовский государственный технический университет

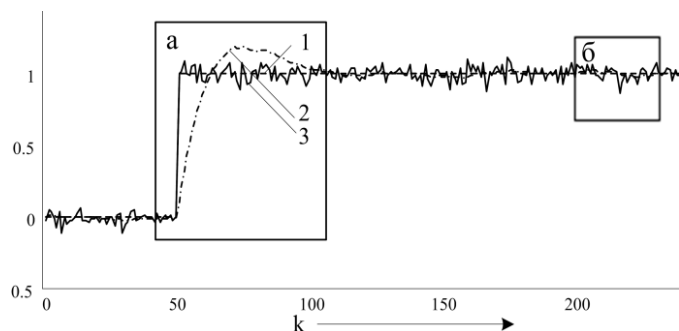
plabz@mail.ru

Качественное улучшение маневренных свойств летательных аппаратов дает возможность выполнения маневров, которые позволяют резко ухудшать показатели систем сопровождения. Примером является целенаправленное выполнение маневра, при котором достаточно сильно проявляется третья и более высокие производные координат, приводящие к срыву сопровождения цели импульсно-доплеровскими РЛС истребителей.

При решении задач сопровождения интенсивно маневрирующих целей модели состояния должны учитывать интенсивные изменения дальности, скорости и ускорения сближения в дальномерном канале, и бортовых пеленгов φ_H и φ_V , угловой скорости линии визирования и нормального ускорения - в угломерном.

Рассматривая кинематические уравнения в горизонтальной плоскости можно получить модель состояния в дискретном виде.

Недостатком обычной модели является, невозможность быстрой реакции на изменение входного сигнала. Это хорошо видно на рисунке 1, на котором изображена переходная характеристика системы, построенной на основе такой модели. Здесь линия 1 – тестовый сигнал в виде единичного скачка, линия 2 – этот же сигнал с добавлением шума наблюдения, линия 3 – оценка входного сигнала.



Видно, что при достаточно высокой точности отслеживания наблюдаемого процесса в установившемся режиме, скорость отработки

входного скачка невысока. При увеличении полосы пропускания фильтра уменьшается время отработки резкого изменения входного сигнала, но одновременно увеличивается и реакция фильтра на шум наблюдения.

Это приводит к необходимости применения модели состояния со сниженным порядком астатизма.

Неучтенные в модели составляющие движения цели, обычно представляются в виде шумов модели с соответствующими характеристиками. Но можно показать, что для случая маневренных целей этот процесс чаще всего квазигармонический.

В соответствии с методом синтеза систем со случайной структурой, получен алгоритм функционирования комплексного угломера.

Повышение точности рассматриваемого угломера обеспечивается применением трех моделей. Недостатком такого подхода является его относительная сложность. Поэтому следует убедиться, что каждая их используемых моделей не только уменьшает ошибку угломера, но и используется в течение существенной части времени маневра.

Исследование точностных характеристик проводилось путем моделирования. На рисунке показана моделируемая тактическая ситуация.



В таблице 1 приведены ошибки слежения за азимутальным углом и углом места для одиннадцати различных тактических ситуаций в сравнении с ошибками обычного α - β фильтра (первая и вторая ситуации соответствуют групповому бою; показаны ошибки для первой и второй цели). Точность данных, представленных в таблице оценена по Стьюденту и составляет $0,003^\circ$ с достоверностью 0,95.

Таблица 1. Ошибки слежения за координатами цели

Номер тактической ситуации	Среднеквадратическая ошибка слежения, град.			
	α - β фильтр		синтезированный фильтр	
	азимут	угол места	азимут	угол места
1	0,311/0,294	0,294/0,292	0,224/0,22	0,178/0,205
2	0,311/0,29	0,292/0,3	0,161/0,213	0,172/0,166
3	0,301	0,304	0,165	0,296

Номер тактической ситуации	Среднеквадратическая ошибка слежения, град.			
	α - β фильтр		синтезированный фильтр	
	азимут	угол места	азимут	угол места
4	0,313	0,29	0,29	0,194
5	0,299	0,313	0,224	0,25
6	0,315	0,28	0,279	0,212
7	0,301	0,311	0,194	0,224
8	0,282	0,313	0,267	0,299
9	0,316	0,282	0,298	0,211
10	0,283	0,313	0,28	0,297
11	0,314	0,281	0,264	0,24

*Данилов С.Н. *, Рязанцев Л.Б. **, Игумнов И.С. **

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О НАВЕДЕНИИ НА ВОЗДУШНУЮ ЦЕЛЬ МЕТОДОМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА

*Тамбовский государственный технический университет

**Военный авиационный инженерный университет

e-mail: plabz@mail.ru

Основная цель маневрирования - занять выгодное позиционное положение по отношению к противнику выполняя комплекс горизонтальных, вертикальных разворотов [1].

Выбор метода наведения зависит от динамических свойств целей и объектов управления и возможностей информационного обеспечения этих методов.

В качестве примера сделаем выбор атакующего истребителя из наличия нескольких находящихся в зоне достижимости цели на основе минимаксного метода.

Рассмотрим альтернативы двух видов:

1. Объекты $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n, \dots, f_N\}$ – истребители, находящиеся в различных точках фазового пространства (три пространственных декартовых координаты, три составляющих вектора скорости).

2. Методы наведения истребителей $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m, \dots, g_M\}$.

Зададим бинарное отношение множеств альтернатив первого и второго вида: $A = F \times G$. В развернутой форме оно будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
A = \{ & (f_1, g_1), \dots, (f_1, g_n), \dots, (f_1, g_N), \\
& \dots \\
& (f_m, g_1), \dots, (f_m, g_n), \dots, (f_m, g_N), \\
& \dots \\
& (f_M, g_1), \dots, (f_M, g_n), \dots, (f_M, g_N) \}.
\end{aligned} \tag{1}$$

Каждая строка-подмножество множества A определяет конкретный истребитель и методы его наведения.

Будем считать, что заданы критерии выбора истребителя и метода наведения для него $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k, \dots, C_K\}$.

Зададим набор функций принадлежности, определяющих степень соответствия требованиям наведения на цель пары (истребитель-метод) по каждому критерию подобно тому, как это сделано в [2].

Нечеткие множества, включающие оценки альтернативных вариантов по рассматриваемым критериям, имеют вид $\mu_{C1} = \{\mu_{C1}(f_m, g_n) / f_m, g_n\}$ или в соответствии с выражением (1):

$$\mu_{C1} = \{\mu_{C1}(f_1, g_1) / f_1, g_1; \dots; \mu_{C1}(f_1, g_n) / f_1, g_n; \dots; \mu_{C1}(f_1, g_N) / f_1, g_N$$

$$\dots \\ \mu_{C1}(f_m, g_1) / f_m, g_1; \dots; \mu_{C1}(f_m, g_n) / f_m, g_n; \dots; \mu_{C1}(f_m, g_N) / f_m, g_N$$

$$\dots \\ \mu_{C1}(f_M, g_1) / f_M, g_1; \dots; \mu_{C1}(f_M, g_n) / f_M, g_n; \dots; \mu_{C1}(f_M, g_N) / f_M, g_N\}. \tag{2}$$

Аналогично определим $\mu_{C2} - \mu_{CK}$.

Получим нечеткие множества оценок альтернативного набора истребителей по критериям C_k при условии выбора наивыгоднейшего метода наведения.

$$\mu_{CK} = \{\max_n \mu_{CK}(f_1, g_n) / (f_1, g_n); \max_n \mu_{CK}(f_2, g_n) / (f_2, g_n); \dots; \max_n \mu_{CK}(f_m, g_n) / (f_m, g_n); \dots; \max_n \mu_{CK}(f_M, g_n) / (f_M, g_n)\}. \tag{3}$$

Найдем пересечение нечетких множеств, соответствующих всем критериям путем взятия минимума:

$$\mu_D(f_m) = \min_{k=1, \dots, K} \mu_{CK}(f_m), \text{ где } m = 1, \dots, M. \tag{4}$$

Лучшим считается выбор истребителя f^* , имеющего наибольшее значение функции принадлежности

$$\mu_D(f^*) = \max_{m=1, \dots, M} \mu_D(f_m). \tag{5}$$

Рассмотрим пример с использованием приведенных выше методов. Исследование проводится для пяти альтернатив g_j , которые ранжируются по четырем критериям выбора C_k , $k = 1, \dots, 4$.

Альтернативы: g_1 — истребитель И1; g_2 — истребитель И2; g_3 — истребитель И3; g_4 — истребитель И4; g_5 — истребитель И5.

Например: C_1 — соответствие по высоте полета, м; C_2 — дальность цель-истребитель, км; C_3 — соответствие по скорости сближения, м/с; C_4 — относительный курс цели, градусы и т.п.

Определение значений функций принадлежности. Далее определяются значения функций принадлежности, соответствующие конкретным значениям альтернатив. Пусть нечеткие множества, включающие оценки альтернативных вариантов по рассматриваемым критериям, имеют вид:

$$\mu_{C1} = \{0.8/1; 0.9/0.8; 0.8/1; 0.7/1; 0.5/3.2\}.$$

Аналогично определим $\mu_{C2} - \mu_{C4}$.

Ранжирование альтернатив. Оно проводится в целях выявления лучшей альтернативы. Множество оптимальных альтернатив D определяется путем пересечения нечетких множеств μ_{Ck} , $k = 1, \dots, 4$:

$$D = \{ \{ \min\{0.8^{0.23*4}; 0.9^{0.09*4}; 0.8^{0.04*4}; 0.7^{0.23*4}; 0.55^{0.04*4}; 1; 0.78^{0.23*4}; 0.5^{0.04*4}\} \{ \min\{ \dots \} \{ \min\{ \dots \} \min\{ \dots \} \min\{ \dots \} \} \}.$$

Лучшей является альтернатива, имеющая наибольшее значение $\mu_D(f_m)$:

$$\max \mu_D(f_m) = \max\{0.078; 0.073; 0.014; 0.017; 0.01\}.$$

Следовательно, лучшей альтернативой является f_1 . На втором и третьем местах находятся соответственно f_2 и f_4 .

Список литературы

- 1 Петров, В. Маневрирование в воздушном бою/ В. Петров //Зарубежное военное обозрение. – 1985.- N1.
- 2 Андрейчикова, О.Н. Разработка и исследование интеллектуальной системы принятия решений на нечетких множествах/ О.Н. Андрейчикова //Информационные технологии. -1999. -№8.

Долгунин В.Н., Иванов П.А., Пронин В.А.

К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА В БАРАБАННОМ ТЕПЛОМАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ

Тамбовский государственный технический университет

polivanov68@yandex.ru

Одной из важных технологических задач по обеспечению энергоэффективности тепломассообменного оборудования является управление временем пребывания неоднородных частиц в рабочем объеме аппарата. Спонтанное перераспределение неоднородных

частиц в рабочем объеме приводит к неконтролируемой дифференциации условий их обработки по времени (например, при сушке интенсивность контакта с парогазовой фазой), что может быть причиной негативных последствий (избыточных энергозатрат, неоднородности температур, влажности, низкого выхода и т.д.).

Ранее были проведены исследования технологических возможностей реализации принципов управления сегрегированными потоками для регулирования времени обработки неоднородных частиц в рабочем объеме барабанного насадочного теплообменного аппарата, путем управляющего воздействия на сегрегированные потоки зернистого материала.

Сегрегированные потоки в барабанном аппарате с периферийной распределительной насадкой зарождаются в скатывающемся слое засыпки материала в нижней части барабана. Образующийся здесь быстрый сдвиговый поток частиц обогащен вблизи открытой поверхности одним компонентом, а в глубинных слоях другим. Это приводит к тому, что компоненты смеси распределяются на лопасти при ее заполнении неравномерно и, как следствие, происходит преимущественное ссыпание с лопастей одних компонентов (мелких и плотных частиц) в подъемной, а других (крупных и менее плотных) в отпускной части.

Управление структурой сегрегированных потоков достигается путем сообщения соответствующих продольных импульсов падающего слоя в подъемной и опускной частях барабана. Для уменьшения времени пребывания частиц какого-либо компонента сегрегированному потоку с повышенным содержанием этого компонента сообщают необходимый избыточный импульс в направлении к разгрузочному торцу барабана и напротив, при необходимости его увеличения, избыточный импульс в том направлении сообщают сегрегированному компоненту обедненному этим компонентом.

Экспериментальные исследования проводились на установке [1], состоящей из установленного на бандажах вращающегося барабана диаметром 0,3 и длиной 1,2 м с приводом, обеспечивающим плавное регулирование скорости вращения, с закрепленными на внутренней поверхности барабана Г-образными насадками. В центральной части барабана осесимметрично установлена насадка, предназначенная для управления сегрегированными потоками в падающем слое завесы, образуемой подъемными лопастями. При исследовании использован классический метод индикатора. Также

были проведены аналитические исследования и составлена математическая модель, учитывающая основные стадии движения частиц многократно повторяющихся на каждой ступени при движении материала вдоль оси барабана [2]: 1) перемещение в скатывающемся слое засыпки в нижней части барабана; 2) заполнение лопастей; 3) перемещение в неподвижном относительно барабана слое засыпки; 4) перемещение лопастями над слоем засыпки; 5) движение по одному из двух рядов отклоняющих элементов; 6) падение отклоняющих элементов в засыпку.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что управление структурой сегрегированных потоков обеспечивает условия для интенсификации тепломассообменных процессов и способствует их интенсификации и повышению энергоэффективности.

Список литературы

1. Иванов О.О. Управление временем обработки неоднородных частиц сыпучего материала в барабанном тепломассообменном аппарате/ О.О. Иванов, А.Н. Куди, В.И. Карев, В.Н. Долгунин, А.А. Уколов // Труды междунар. Научн.техн. семинара «Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов». – Воронеж, 2010. С. 539 – 545
2. Долгунин, В.Н. Технологические возможности управления структурой потоков в барабанном тепломассообменном аппарате/ В.Н. Долгунин, О.О. Иванов, А.Н. Куди, А.А. Уколов // Химическая технология. Наука и технологии. – 2012. - №10 – С. 600 – 607.

Ермолаев В.В.

ЦИФРОВОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СОГЛАСОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШЕСТИЭЛЕМЕНТНОЙ ФАР УКВ ДИАПАЗОНА

Тамбовский государственный технический университет
vovchikerm@mail.ru

Проведем исследование статистических характеристик устойчивости двухкольцевого цифрового автоматического устройства согласования элемента (АУСЭ) решетки с учетом использования его в шестиэлементной ФАР (рис. 1). Конфигурация ФАР может быть различной (линейной, прямоугольной, кольцевой). Комплексное сопротивление измеряется в относительных величинах по отношению к величине волнового сопротивления кабеля, соединяющего выход ФПГ с входом СУ.

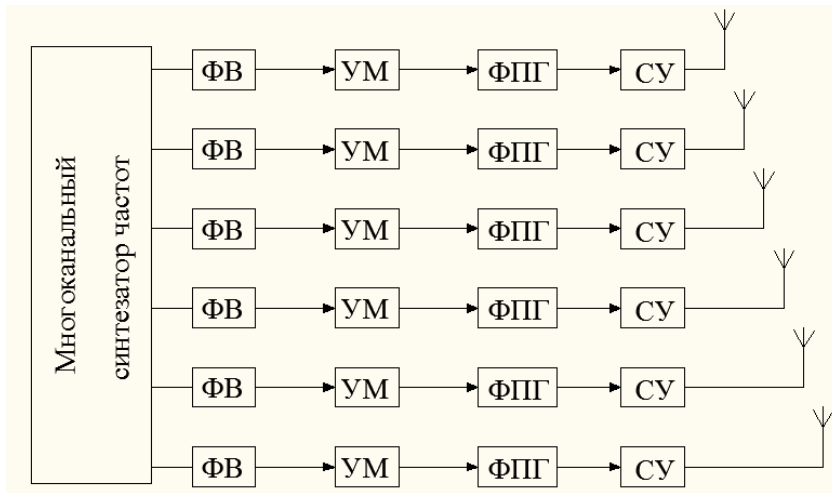


Рис. 1 Шестиэлементная ФАР:

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

Задача исследования устойчивости системы автоматического согласования и фазирования элементов антенной решетки решается по методике работы [1] в следующей последовательности: найдем выражения корреляционной функции и дисперсии погрешности системы, осуществляем далее переход к двумерным Z-изображениям, после чего находим оригинал функции дисперсии погрешности в переходном режиме:

$$D_{\varepsilon}[n] = \frac{2}{e^n} + 2\kappa_0^n + 5\kappa_a^n,$$

где κ_0 - погрешность разрядов СУ, κ_a - коэффициент связи между элементами решетки.

Графики изменения дисперсии погрешности при разных $\kappa_a = 0,1; 0,3; 0,5$ и $\kappa_0 = \kappa_L = \kappa_C = 0,1$ приведены на рис. 2.

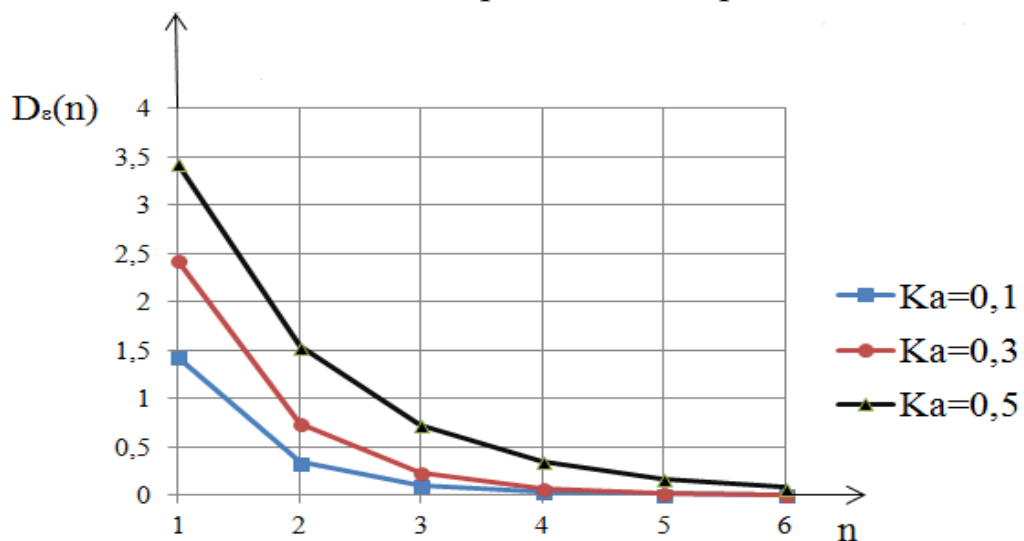


Рис. 2 График изменения дисперсии погрешности

Как видно из графика, при автоматической настройке АУСЭ в составе ФАР дисперсия погрешности системы в переходном режиме стремится к нулю, т. е. система является устойчивой в «большом», а при реально достижимых значениях $\kappa_O = 0,1$ и различных κ_A потребуется не более четырёх – пяти циклов настройки.

Список литературы

1. Гусев, В.Г. Методы исследования точности цифровых автоматических систем. – М.: Наука, 1973. – 399 с.

Ефремова А.С., Белоусов О.А.¹

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ СИСТЕМ LTE

Тамбовский государственный технический университет

anastasiya25tmb@gmail.com, jiour314@gmail.com

На сегодняшний день, в мире существует великое множество различных видов антенн, в зависимости от назначения и области применения они имеют различную конструкцию.

Фрактальные антенны – относительно новый класс электрически малых антенн (ЭМА), принципиально отличающийся своей геометрией от известных решений. По сути, традиционная эволюция антенн базировалась на евклидовой геометрии, оперирующей объектами целочисленной размерности (линия, круг, эллипс, параболоид и т.п.) [1]. Главное отличие фрактальных геометрических форм – их дробная размерность, что внешне проявляется в рекурсивном повторении в возрастающем либо уменьшаемом масштабах исходных детерминированных или случайных шаблонов.

Древо Кейли (рис.1) является одним из классических примеров фрактальных множеств. Его нулевая итерация – всего лишь отрезок прямой заданной длины l . Первая и каждая следующая нечетная итерации представляет собой два отрезка точно такой же длины l как и предыдущая итерация, расположенных перпендикулярно отрезку предыдущей итерации так, что концы его соединены с серединой отрезков.

Вторая и каждая следующая четная итерация фрактала – это два отрезка $l/2$ в половину длины предыдущей итерации, расположенных, как и прежде, перпендикулярно предыдущей итерации.

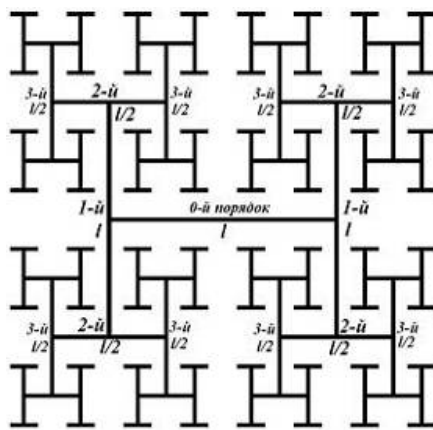


Рис.1 Построение древа Кейли.

Результаты построения древа Кейли приведены на рис. 1. Общая высота антенны составляет $15/8l$, а ширина – $7/4l$ [2].

В настоящее время теория фрактальных антенн находится на этапе становления. В основном исследователи экспериментальным путем, методом проб и ошибок, пытаются применить известные в геометрии и алгебре фракталы к антенным конструкциям. В результате многочисленных экспериментов установлено, что подобного типа антенны позволяют получить практически тот же коэффициент усиления, что и обычные, при меньших габаритных размерах.

Поэтому применение данного типа антенн в беспорядочных широкополосных сетях 4 поколения 4G (LTE) позволит обеспечить высокую скорость и стабильность за счет устойчивой зоны покрытия, повысить энергоэффективность как базовых терминалов, так и оконечного оборудования клиента за счет более высокого коэффициента усиления по сравнению с базовым, также появляться возможность реализации технологии передачи данных MIMO (Multiple Input Multiple Output), которая предусматривает передачу данных посредством N-антенн и прием - M-антеннами, причем принимающие и передающие антенны расположены между собой на таком расстоянии, чтобы получить минимальную корреляцию.

Список литературы

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

¹Автор частично поддержан грантами РФФИ 14-08-00198, РФФИ 14-08-00489

Жуков В.М.

РАДИОСТАНЦИЯ ДИАПАЗОНА 1,5 – 80 МГц С КОЛЬЦЕВЫМИ ФАЗИРОВАННЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ

Тамбовский государственный технический университет

valzhuk@rambler.ru

Радиостанция диапазона 1,5 – 80 МГц с кольцевыми фазированными антенными решетками (КФАР) показана на рисунке 1. Изменение величины коэффициента усиления 12-ти элементной КФАР в КВ диапазоне частот приведено на рисунке 2.

Величина коэффициента усиления 30 – 80 МГц изменяется от 10 до 13 ДцБ.

Сложность построения системы автоматической настройки КФАР заключается в том что, в процессе согласования элементов решетки изменяются комплексные коэффициенты связи между ними, а при установке требуемых для заданного направления ДН фаз токов в элементах происходит рассогласование антенных согласующих устройств, т.е. система является многосвязной.

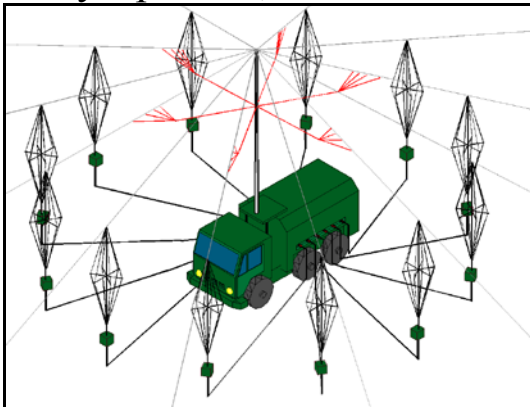


Рис. 1. Радиостанция

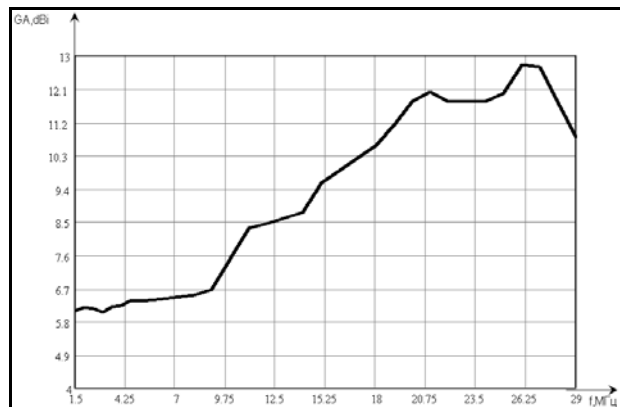


Рис. 2. Коэффициент усиления

С использованием метода исследования устойчивости [1] можно получить выражение для оригинала дисперсии погрешности системы:

$$D_{\varepsilon}[n] = \frac{2}{e^n} + 2k_0^n + 11k_A^n,$$

где n – количество циклов настройки, k_0 – относительная погрешность исполнения разрядов дискретных органов настройки согласующих устройств (СУ), k_A – максимальный модуль комплексного коэффициента связи одного элемента решетки с остальными.

Графики изменения дисперсии погрешности при разных $\kappa_A = 0,1; 0,3; 0,5$ и $\kappa_O = 0,1$ приведены на рис. 3.

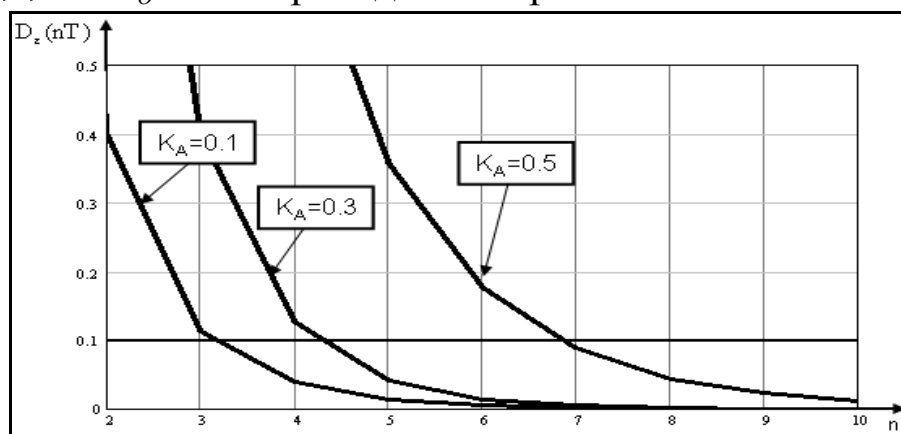


Рис.3. Дисперсия погрешности в переходном режиме

Как видно из графиков, дисперсия погрешности системы стремится к нулю, т. е. система является устойчивой в переходном режиме, а при реально достижимых значениях $\kappa_O = 0,1$, и различных κ_A потребуется не более четырёх – семи циклов настройки. Это в четыре – три раза меньше, чем у АУСА, настройка которых производится обычными методами.

Список литературы

1. Жуков, В.М. Исследование статистических характеристик погрешности цифрового АУСА с вычислительным способом настройки в составе активной фазированной антенной решетки в переходном режиме. – М.: Антенны, 2006, В. 6(109). – С. 54 – 60.

Иванов А.В.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Тамбовский государственный технический университет

Aleksandr-ivanov68@jandex.ru

Важную роль для решения задач навигации наземных подвижных объектов играют навигационные системы [1]. Данные системы должны представлять собой сложные системы, которая обеспечивают выполнение заданных функций несколькими различными способами, отличающимися уровнями качества функционирования. Появление отказов отдельных элементов или значительные изменения у них тех или иных рабочих параметров не должны проводить к полному вы-

ходу системы из строя, а лишь к некоторому ухудшению качества функционирования и снижению эффективности системы в целом.

К основным принципам построения следует отнести следующие:

1. Определение состава элементов системы навигации, соответствующего назначению комплекса и решаемым задачам; комплексное использование средств получения и обработки информации.

Оптимизация комплексирования измерителей при создании современных систем навигации должна проводиться с применением мультимплексорных систем для приема и обмена информацией.

2. Достижение высокого уровня автоматизации процессов обработки и управления в комплексе на основе широкого применения средств вычислительной техники и алгоритмов цифровой обработки информации.

3. Применение многоуровневой иерархической структуры на основе вычислительной системы и системы индикации, управления и контроля, в которых можно выделить не менее двух уровней иерархии обработки информации и управления.

4. Широкое использование принципа модульности аппаратных и программных средств на информационном, программном и конструктивных уровнях.

Кроме того, в состав подсистем необходимо включать:

- специализированные вычислители и микропроцессоры, осуществляющие предварительную обработку информации для подготовки ее к использованию в вычислительной системе;

- дополнительные согласующие устройства, выполняющие преобразование координат и согласование динамических диапазонов сигналов;

- коммутационные устройства, обеспечивающие перевод его информационной части в другие режимы (в том числе и некомплексные) функционирования при изменении состояния радионавигационного поля, что обеспечит требуемую живучесть комплекса и реконфигурацию структуры информационной системы комплекса под конкретную ситуацию.

Преимущества интеграции устройств, систем и вычислительных средств могут быть реализованы только в случае, если между ними будут обеспечены эффективные взаимосвязи. Наряду с многоуровневой обработкой информации и управления должна быть многоуровневая система информационного обмена, высокий уровень автоматизации, как обработки информации, так и управления.

В состав системы навигации подвижных наземных объектов предлагается включить четыре модуля для определения координат местоположения, основанных на различных физических принципах работы:

- модуль на основе геомагнитных систем;
- модуль на основе инерциальных навигационных систем;
- модуль на основе спутниковых радионавигационных систем;
- модуль на основе наземных сетевых систем.

Список литературы

1. Иванов А.В. Навигация наземных объектов / А.В. Иванов, Н.А. Иванова. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 120 с.

Ивануткин А.Г.

ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО- НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

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

Для решения задач устойчивого, непрерывного, оперативного информационного обеспечения систем управления авиацией создаются информационно-навигационные технические системы (ИНТС).

Информация является основой управления, выступая как совокупность символов, отражающих те или иные свойства определённых объектов.

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

Интеграция – понятие, означающее состояние связанности отдельных дифференцированных частей и функций системы, организма в целое, а также процесс, ведущий к такому состоянию [3].

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

В данной статье процесс интеграции ИНТС рассматривается как процесс об организации деятельности. В связи с этим необходимо рассмотреть содержание понятия «организация». В соответствии с определением организация – 1) внутренняя упорядочен-

ность, 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 рассматривается 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, можно предложить следующую «схему методологии интеграции» (характеристик интеграции): особенности, принципы, условия, нормы процесса интеграции (нормативно-правовая база), логическая структура интеграции (субъект, объект, предмет, формы, средства, методы, результат деятельности), временная структура интеграции (фазы, стадии, этапы интеграции).

Список литературы

1. Секлитова Л.А., Стрельникова Л.Л. Словарь космической философии. - М.: Армита-Русь, 2004. - 208 с.
2. Современный словарь иностранных слов. М.: Русский язык, 1993. 740 с.
3. Локшина С.М. Краткий словарь иностранных слов. М: Сов. Энциклопедия, 1966. 384 с.

Ивануткин А.Г., Егоров Д.В.

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
mazurova83@mail.ru, egorovdenis79@rambler.ru*

Под эффективностью функционирования информационно-технических систем (ИТС) в статье понимается степень выполнения присущих им задач с требуемым качеством, направленных на обеспечение своевременности, достоверности и безопасности информационного обмена.

Оценка эффективности функционирования ИТС является составной частью информационно-экономического анализа и предполагает в общем случае оценку трёх групп показателей: эффекта ($\mathcal{E}$), затрат ($\mathcal{Z}$) и времени (T). Исходя из перечисленных групп показателей, основную задачу повышения эффективности функционирования ИТС можно сформулировать следующим образом: при заданном объёме выделяемых ресурсов ($\mathcal{Z}_{mp}$) и требуемом времени достижения цели (T_{mp}), найти такой способ организации ИТС, при котором достигается наибольший конечный результат (эффект): $\mathcal{E} \rightarrow \max, \mathcal{Z} \leq \mathcal{Z}_{mp}, T \leq T_{mp}$.

Под эффективностью системы обычно понимают свойство системы соответствовать ее целевому предназначению. ИТС представляет собой сложную систему, которой присущи процессы информационного обмена, а конечным результатом ее работы является информация, полученная потребителями. Следовательно, эффективность функционирования системы РТО можно характеризовать совокупностью показателей, присущих информационному обмену. Основными из них являются своевременность, достоверность и безопасность [2].

Под своевременностью информационного обмена понимают способность информационной системы обеспечивать доставку и обработку всех видов информации между управляемыми объектами в заданные сроки. Количественной мерой этой способности является время нахождения сообщений определённого вида в информационной системе, включающее время на доставку $T_{дост}$ и обработку $T_{обр}$: $T_{пер} = T_{дост} + T_{обр}$.

С учётом этого на практике показатель своевременности часто представляют совокупностью двух показателей: своевременности доставки сообщений ($P_{св}$) и своевременности обработки информации ($P_{обр}$).

Под достоверностью информационного обмена в статье понимается способность информационной системы обеспечивать требуемую точность воспроизведения сообщений в пунктах доставки, а также сохранять эту точность при преобразовании информации. За показатель достоверности (P_d) целесообразно принять вероятность

того, что число ошибок в сообщении ($n_{ош}$) не превысит допустимое ($n_{ош.доп}$).

Под безопасностью информационного обмена в общем случае понимают способность информационной системы обеспечить скрытие факта, времени и места передачи информации, ее предназначения и содержания, а также противостоять вводу ложной информации [1, 2].

За показатель достоверности обычно принимают вероятность отсутствия ложной информации в информационной системе.

Исходя из вышеизложенного за общий показатель эффективности функционирования ИТС можно принять совместную вероятность своевременной и достоверной передачи информации:

$$\mathcal{D} = P\{T_{пер} \leq T_{пер.доп}, n_{ош} \leq n_{ош.доп}\} = P\{T_{пер} \leq T_{пер.доп} / n_{ош} \leq n_{ош.доп}\}P(n_{ош} \leq n_{ош.доп}), \quad (1)$$

где $P\{T_{пер} \leq T_{пер.доп} / n_{ош} \leq n_{ош.доп}\}$ – условная вероятность своевременной передачи информации при условии, что она передана достоверно; $P\{n_{ош} \leq n_{ош.доп}\}$ – безусловная вероятность достоверной передачи информации [2].

Список литературы

1. Колесников Г.М. Прикладные аспекты теории деятельности человека // Монография. Монино 2010. С. 73.

2. Крючков Ю.В. и др. Надёжность и эффективность в технике // Т.3: Эффективность технических систем. -М.: Машиностроение, 1988. С. 13,14.

Ивануткин А.Г., Мосин А.И., Егоров Д.В.

**МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ В ХОДЕ ИХ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

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

mazurova83@mail.ru, ilich-mai@mail.ru, egorovdenis79@rambler.ru

В ходе проектирования информационно-технических систем обеспечения государственной авиации возникает необходимость рационального их распределения по решаемым задачам. Задачи информационного и навигационного обеспечения решает развёрнутая и вновь развёртываемая система связи и радиотехнического обеспечения (РТО).

Необходимыми условиями решения задачи формирования структуры системы связи и РТО являются [2]: развитие междуна-

родной нормативной базы; развитие техники связи и РТО, способов ее применения; развёртывание системы связи и РТО в сложных погодных и климатических условиях; учёт целевого предназначения каждой подсистемы по разворачиванию 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 информационно-технических систем обеспечения авиации наибольшее практическое значение приобретает системно-целевой подход, включающий следующие последовательно используемые методы [1]: структуризация целей; метод аналогий; экспертно-аналитический; метод организационно-экономического моделирования.

Метод структуризации целей предусматривает определение совокупности целей применения системы связи и РТО авиации, включая их количественную и качественную формулировку и последующий анализ структуры с точки зрения их соответствия этим целям. Данный метод позволяет определить набор целей и подцелей, а также обеспечить уверенность, что все значительные цели или подцели распределены между подразделениями и должностями.

Метод аналогий состоит в применении организационных форм и механизмов управления, которые оправдали себя в международной практике со сходными характеристиками по отношению к формируемой системе.

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 формиро-

ванию 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.

Список литературы

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.

2. Ермишян А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях // Часть 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. Военная академия связи. - С-П, 2005. С. 407.

Исьемин Р.Л., Милованов О.Ю., Кузьмин С.Н., Дивин А.Г.
**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕАКТОРА
ДЛЯ ПРЕДПИРОЛИЗА БИОМАССЫ**

Тамбовский государственный технический университет
milowanov.o@yandex.ru, admin@ido.tstu.ru

Предпиролиз (мягкий пиролиз) или отжиг биомассы (в англоязычной литературе torrefaction) – эндотермический процесс, осуществляемый при температуре 250 – 300 °С в среде с низким содержанием кислорода, с целью улучшения теплотехнических свойств биомассы при ее применении в качестве топлива [1].

На рис. 1 в полулогарифмических координатах представлено изменение скорости убыли массы образца при предпиролизе биомассы в зависимости от температуры [2, 3].

Из рис. 1 следует, что в интервале температур, в котором обычно осуществляется процесс предпиролиза (553 – 590 °К), процесс предпиролиза идет в две стадии: на первой стадии примерно 200 с. от начала опыта скорость убыли массы достаточно большая, затем эта скорость резко падает.

Нами были произведены исследования изменения теплоемкости нескольких образцов биомассы в диапазоне температур, обычно применяемых для ее (биомассы) предпиролиза. Для определения зависимости удельной теплоемкости биомассы от температуры был использован метод определения теплофизических характеристик,

дополненный методом определения изменяющегося объема твердой фазы [4].

В работе было получено следующее выражение для определения теплоемкости пористого материала

$$c_{\text{тф}} = c_{\text{н}} \rho_{\text{н}} \frac{(Q + \Gamma_1 - 1)}{\Gamma_1} \cdot V_{\text{тф}} \quad (1)$$

где, $c_{\text{тф}}$ – объемная теплоемкость твердой фазы Дж/(м³К), $c_{\text{гф}}$ – объемная теплоемкость газовой фазы Дж/(м³К), $c_{\text{н}}$ – теплоемкость источника теплоты (нагревателя) (Дж/кг*К), $V_{\text{тф}}$ – объем твердой фазы (м³), m – масса образца (кг).

На рис. 2 – 3 представлены кривые изменения с увеличением температуры удельной теплоемкости гранул из соломы.

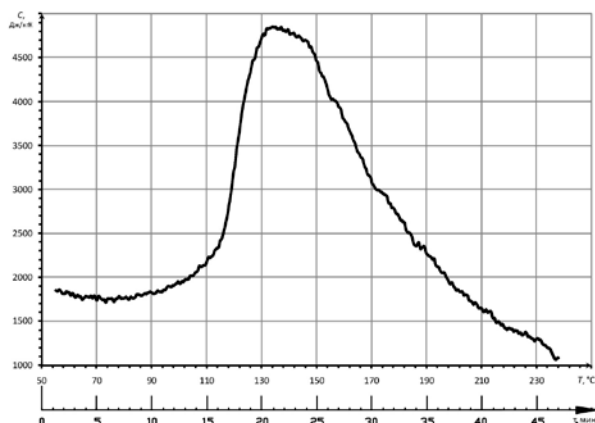


Рис. 2. Зависимость от температуры теплоемкости необработанных (сырых) исходных гранул из соломы

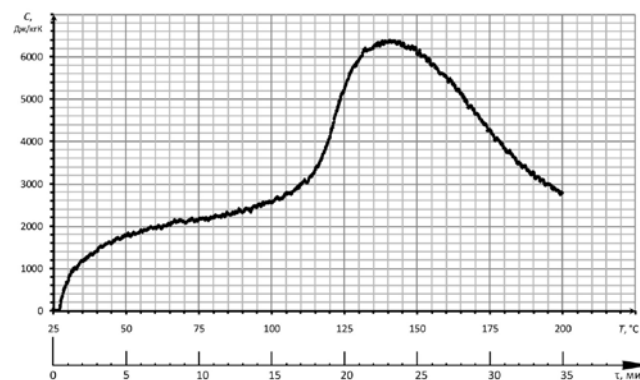


Рис. 3. Зависимость от температуры теплоемкости необработанных (сырых) гранул из подстильно-пометной массы

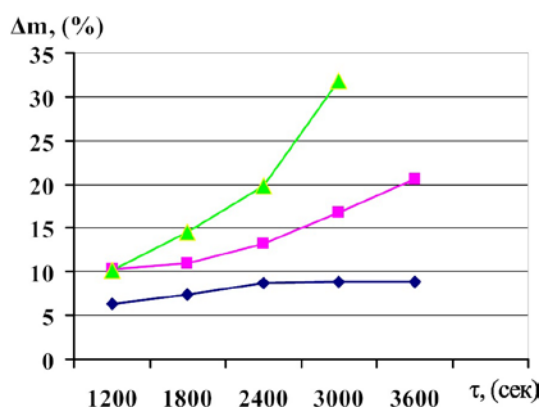


Рис.4. Изменение массы образца ППМ в зависимости от температуры и времени обработки —♦— - 200 °C; —■— - 250 °C; —▲— - 275 °C.

Как следует из рис. 2 и 3, в одном и том же интервале температур (110 – 190 °C) и в одно и то же время, прошедшее с начала опыта (через 15 минут) начинается рост (в 2,7 – 3,1 раза) удельной теплоемкости необработанной биомассы, который завершается снижением удельной теплоемкости до величины, характерной для температур, меньших 110 °C. С другой стороны, в этот же промежуток времени происходит потеря 5 – 10 % массы исследуемого образца (рисунок 4), который

может быть связан, прежде всего, испарением влаги и удалением из образца части летучих.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что на первой стадии предпиролиза биомассы необходимо не снижать, а увеличивать расход энергии для обеспечения необходимой производительности процесса.

Список литературы

1. Разработка технологической схемы и определение оптимальных параметров процесса отжига биомассы/Исьемин Р.Л., Кузьмин С.Н., Филатова Е.Ю., Михалев А.В., Вирясов Д.М., Климов Д.В.//Промышленная энергетика, 2012, № 4., С 44-46
2. Intrinsic kinetics of isothermal xylan degradation in inert atmosphere/C. Di Blasi and M. Lanzetta.//Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 1997, P 40-41.
3. Pyrolysis kinetics of wheat and corn straw/M. Lanzetta and C. Di Blasi.//Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 1998, P 44.
4. Мордасов, Д.М. Технические измерения плотности сыпучих материалов/Д.М. Мордасов, М.М. Мордасов. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. - 80 с.

Калениченко И.И., Королев А.П., Макаrchук М.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРНОГО НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОВАР-СТЕКЛО

***ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный технический
университет***

В настоящее время почти ни одна производственная и научная лаборатория не обходится без электровакуумных или каких-либо других приборов, при монтаже которых приходится впаивать в стекло самые разные детали из металлов и их сплавов, а иногда и монокристаллы металлов.

Первым сплавом, разработанным для соединения со стеклом, был ковар, состоящий из 54% Fe, 29% Ni и 17% Co. Этот сплав обладает высокой механической прочностью, коррозионной стойкостью, хорошо сваривается с металлами, поддается обработке, а главное, он образует вакуумноплотные согласованные спаи со стеклом. Окисная пленка коvara хорошо растворяется в стекле и образует прочный переходный слой от стекла к металлу. Стержни из коvara хорошо спаиваются со стеклами отечественного производства, например марки С52-1.

Трудность, которая возникает при соединении ковара со стеклом это требуемая степень согласованности коэффициентов термического расширения стекла и сплава, которая зависит от вида соединения, пластичности используемого металла, технологии отжига ковара.

Основными проблемами, которые могут возникнуть при формировании вакуумноплотного спая являются пузырьки газа и растрескивание стекла. Причинами возникновения дефектов являются неправильная резка стекла, некачественная подготовка поверхности стекла и ковара, отжиг ковара ниже или выше температур 1050°C - 1100°C , неправильный подбор режима спая в печах или неправильная температура горелки, быстрое охлаждение стекла.

Основным путем решения проблем является четкое соблюдение технологии при работе данных спаев.

На основании проведенной работы можно сделать следующий вывод, что качество сварки ковара со стеклом заключается в тщательной подготовке материалов и соблюдении температурных режимов при отжиге.

Список литературы

1. Казаков Н.Ф. Диффузионная сварка материалов М.: Машиностроение, 1976. 312 с.
2. Диффузионная сварка материалов: Справочник / Под ред. Н.Ф. Казакова М.:Машиностроение, 1981. 271 с.
3. Бачин В.А. Диффузионная сварка стекла и керамики с металлами. М.: Машиностроение, 1986. 182 с.

Князев И.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СРЕДСТВАМИ GNU OCTAVE

Тамбовский государственный технический университет

knyazivan@mail.ru

Для улучшения точностных характеристик измерительных подсистем автоматизированных систем управления воздушным движением широко применяются различные алгоритмы фильтрации радиолокационной информации. При проектировании сложных фильтров возникает трудность с оценкой точностных характеристик (как реальных, так и потенциальных), так как аналитическое их определение практически невозможно. Для проведения имитационного моделирования необходимы модели входных сигналов.

Для описания движения летательного аппарата относительно земной системы координат необходимы следующие группы уравнений:

- уравнения, описывающие движение центра масс летательного аппарата;
- уравнения, движения вокруг центра масс;
- кинематические уравнения связи.

Для моделирования изменения фазовых координат удобно пользоваться дифференциальными уравнениями. На основании дифференциальных уравнений описанных в разделе 1 составим модель движения ЛА при прохождении им траектории «большая коробочка» до начала снижения. При описании движения ЛА, движущегося по траектории «большая коробочка» до начала снижения необходимы следующие величины: путевая скорость V , угол наклона траектории θ , угол поворота траектории φ , высота y и декартовы координаты ЛА в горизонтальной плоскости x и z , угловые скорости вращения ЛА вокруг связанных осей координат, крен γ , угол рысканья ψ , тангаж Θ .

Таким образом, система уравнений, описывающая движение ЛА в ближней зоне аэродрома:

$$\left. \begin{aligned} \dot{V} &= g(n_x \cos \beta + n_z \sin \beta - \sin \theta); \\ \dot{\theta} &= \frac{g}{V}(n_x \cos \gamma + n_x \sin \beta \sin \gamma - n_z \cos \beta \sin \gamma - \cos \theta); \\ \dot{\varphi} &= -\frac{g}{V \cos \theta}(n_y \sin \gamma + n_x \sin \beta \cos \gamma - n_z \cos \beta \sin \gamma); \\ \dot{\omega}_x &= (M_x - (I_z - I_y)\omega_y \omega_z)/I_x; \\ \dot{\omega}_y &= (M_y - (I_x - I_z)\omega_z \omega_x)/I_y; \\ \dot{\omega}_z &= (M_z - (I_y - I_x)\omega_x \omega_y)/I_z; \\ \dot{x} &= V \cos \theta \cos \varphi; \\ \dot{y} &= V \sin \theta; \\ \dot{z} &= -V \cos \theta \sin \varphi; \\ \dot{\Theta} &= \omega_y \sin \gamma + \omega_z \cos \gamma; \\ \dot{\gamma} &= \omega_x - (\omega_y \cos \gamma + \omega_z \sin \gamma) \tan \theta; \\ \dot{\psi} &= \frac{(\omega_y \cos \gamma + \omega_z \sin \gamma)}{\cos \theta}; \end{aligned} \right\}$$

Произведём моделирование движения ЛА по траектории «большая коробочка» [1] при помощи GNU Octave. Результат мо-

делирования приведен на рис.1, где приведена зависимость крена и от времени.

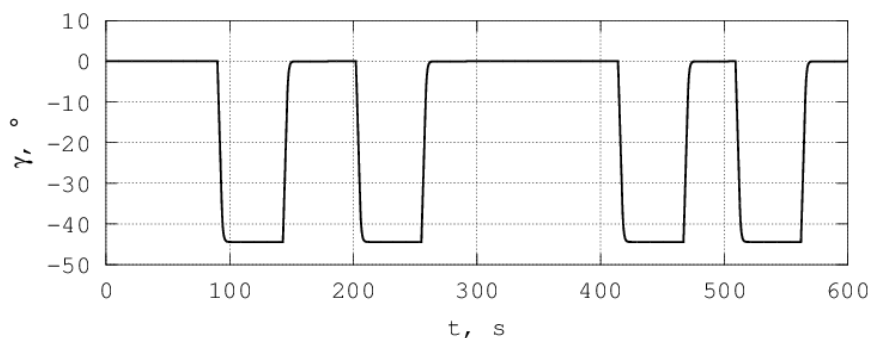


Рис.1. зависимость крена ЛА от времени.

Список литературы

1. Лобачев Ю.В., Панасюк Ю.Н., Комягин Б.П. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами. – Тамбов: ТВБАИ-УРЭ, 2008.

Князев И.В. Панасюк Ю.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Тамбовский государственный технический университет

knyazivan@mail.ru, pyunikol@rambler.ru

Для увеличения точности измерения координат применяются различные алгоритмы вторичной обработки радиолокационной информации. В основе таких алгоритмов лежат принципы и методы оптимальной линейной и нелинейной фильтрации [1]. На смену алгоритмам вторичной обработки, реализуемым в настоящее время в виде α - β и α - β - γ фильтров, приходят алгоритмы, более точно учитывающие закономерности движения летательных аппаратов – фильтры с переменными коэффициентами передачи, учитывающие пространственное положение цели и информацию бортовых датчиков. Фильтры с переменными коэффициентами характеризуются лучшей точностью и устойчивостью, что обуславливает целесообразность их применения в современных АС УВД [1].

С помощью имитационного моделирования на ЭВМ проводятся исследования реальной точности оценок фазовых координат сопровождаемого ЛА. Имитационное моделирование на ЭВМ представляет собой имитацию входных сигналов z_u и обработку этих сигналов с помощью алгоритма [2]. Имитация входного сигнала z_u представляет

собой изменение истинных фазовых координат и шум наблюдения o_u . Шум наблюдения o_u имитируется генераторами случайных чисел. Знание реальных ошибок фильтрации позволяет достоверно оценить работоспособность полученных алгоритмов фильтрации в условиях, приближенных к реальным. Реальная точность оценивается по величине СКО оценок фазовых координат.

С помощью имитационного моделирования исследуем реальную точность синтезированного алгоритма, для этого воспользуемся программой, имитирующей работу синтезированного алгоритма и программой, имитирующей входные воздействия.

Для определения СКО ограничимся 100 выборками. В качестве входного сигнала использован закон изменения дальности во время прохождения целью типового маневра захода на посадку «большая коробочка», в качестве помехи – центрированный белый шум со среднеквадратическим отклонением 200 метров. Результаты моделирования приведены на рис. 1.

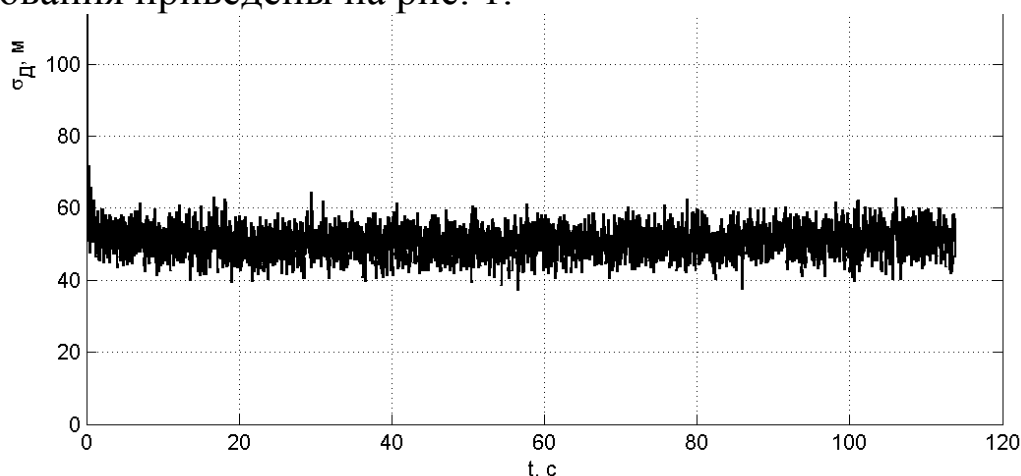


Рис.1 Зависимость реального СКО дальности от времени

Из результатов моделирования видно, что реальная точность синтезированного алгоритма не значительно отличается от потенциальной, что обусловлено соответствием модели состояния реальной динамике полета ЛА.

Результаты исследования фильтра показывают значительно лучшую точность фильтра с переменными коэффициентами, учитывающего пространственное положение цели. Это объясняется значительно лучшим соответствием моделей сложного фильтра процессу полёта летательного аппарата.

Список литературы

1. Князев, И. В. Исследование точностных характеристик алгоритма радиолокационного дальномера с учетом пространственного положения

цели/ И. В. Князев// Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития ФГБОУ ВПО "ТГТУ". - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2014. – Вып. V.

2. Лобачев Ю.В., Панасюк Ю.Н., Комягин Б.П. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами. – Тамбов: ТВВАИ-УРЭ, 2008.

Князев И.В., Панасюк Ю.Н.

**РАЗРАБОТКА ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

Тамбовский государственный технический университет
knyazivan@mail.ru, pyunikol@rambler.ru, resbn@jesby.tstu.ru

Использование в алгоритмах фильтрации дополнительной информации, получаемой посредством дискретно-адресной системы передачи информации, является одним из перспективных способов повышения точности оценки дальности в дальномерном канале АС УВД. Увеличение точности, в свою очередь позволит повысить пропускную способность систем при заданном уровне безопасности.

Учитывая вышесказанное, модели состояния и наблюдения, применяемые для синтеза алгоритма должны содержать дополнительную информацию бортовых датчиков, такие как скорость и ускорение цели, угол наклона, путевой угол, углы наклона линии визирования, а также скорости изменения этих углов:

$$z = [D \ V \ a \ V_{ц} \ a_{ц} \ \theta_{ц} \ \varphi_{ц} \ \omega_{\theta_{ц}} \ \omega_{\varphi_{ц}} \ \varepsilon_{\varepsilon} \ \omega_{\varepsilon} \ \varepsilon_{\varepsilon} \ \omega_{\varepsilon}]^T \quad (1)$$

$$z = [D_u \ V_{цu} \ \theta_{цu} \ \varphi_{цu} \ \varepsilon_{\varepsilon u} \ \varepsilon_{\varepsilon u}]^T \quad (2)$$

где D, V и a – дальность, скорость и ускорение цели по линии визирования; $V_{ц}$ и $a_{ц}$ – скорость и ускорение цели; $\theta_{ц}$ и $\omega_{\theta_{ц}}$ – угол наклона и скорость изменения угла наклона цели; $\varphi_{ц}$ и $\omega_{\varphi_{ц}}$ – путевой угол и скорость изменения путевого угла цели; $\varepsilon_{\varepsilon}$ и ω_{ε} – угол наклона линии визирования и его скорость изменения в вертикальной плоскости; $\varepsilon_{\varepsilon}$ и ω_{ε} – угол наклона линии визирования и его скорость изменения в горизонтальной плоскости.

На основании алгоритма [1] проведено имитационное моделирование на ЭВМ радиолокационного дальномера при выполнении летательным аппаратом маневра «вираж» [2]. Результаты имитационного моделирования представлены на рис.1

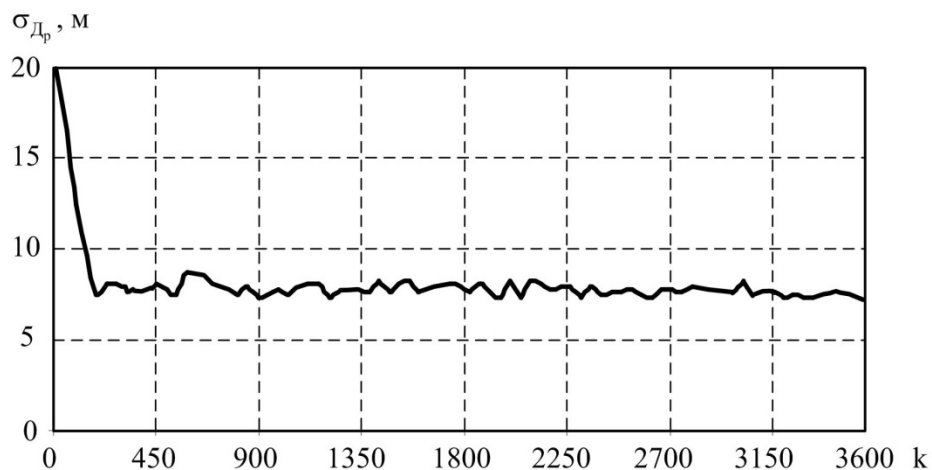


Рис. 1. Зависимость среднеквадратической ошибки измерения дальности от номера шага дискретизации

Синтезированный алгоритм функционирования дальномерного канала, основанный на моделях состояния и наблюдения, построенных с учётом дополнительной информации бортовых датчиков позволяет увеличить точность измерения дальности. Это возможно благодаря повышению точности экстраполяции ускорения цели по линии визирования. Улучшение точности позволяет более качественно выполнять задачи системы УВД по увеличению пропускной способности при заданном уровне безопасности.

Список литературы

1. Панасюк, Ю. Н. Алгоритм дальномерного канала с учётом информации бортовых датчиков воздушных судов/ Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, И. В. Князев// Радиотехника 2010 №9.
2. Лобачев Ю.В., Панасюк Ю.Н., Комягин Б.П. Обработка радиолокационной информации в системах управления полетами. – Тамбов: ТВВАИ-УРЭ, 2008.

Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Тамбовский государственный технический университет
roman.kovergin@gmail.com

Затраты любой компании, связанные с движением материальных потоков, – одна из наиболее существенных статей ее расходов, а их минимизация – перспективное направление для реализации конкурентных преимуществ. Успех коммерческой деятельности организации зависит от ее способности оперативно и оптимально реа-

гировать на изменения рыночной конъюнктуры. Процесс оптимального управления материальными потоками компании является частью концепции управления цепями поставок (УЦП) [1], благодаря которой решаются задачи планирования ее цепочек поставок в снабжении, производственной деятельности, распределении сырья и товарной продукции.

Вертикально-интегрированные нефтяные компании (ВИНК) одними из первых осознали необходимость внедрения концепции УЦП. ВИНК представляют собой сложные хозяйствующие субъекты, разделенные на составляющие по принципу выделения ключевых компетенций нефтегазового бизнеса, при этом все предприятия группы объединены по принципу вертикальной интеграции. Эффективное функционирование такой крупной и сложной структуры возможно лишь при условии кооперации и координации с учетом интеграции бизнес-процессов (БП) всех участников цепи создания стоимости.

Информационно-компьютерная поддержка является основой для внедрения концепции УЦП и состоит из информационных систем следующих классов [1]: ERP (Enterprise Resource Planning) – системы планирования ресурсов предприятия; MES (Manufacturing Execution Systems) – системы оперативного управления производством; WMS (Warehouse Management Systems) – системы управления складом; BI (Business Intelligence) – системы анализа бизнес-информации; APS (Advanced Planning Systems) – системы расширенного планирования; CRM/SRM (Customer/Supplier Relationship Management) – системы взаимодействия с поставщиками/клиентами; SCEM (Supply Chain Event Management) – системы управления событиями в цепях поставок; SCMo (Supply Chain Monitoring) – системы мониторинга цепей поставок.

Интеграция указанных систем осуществляется на базе систем класса ERP, которая выступает в качестве единой платформы для информатизации всех межфирменных и внутрифирменных взаимодействий в организации. Конкурентоспособность организации обеспечит только такая совокупность информационно-компьютерных систем, которая способна предоставить сквозную информационную поддержку базовым логистическим операциям, а также обеспечит выполнение функций управленческого учета, контроля, анализа тактических и оперативных решений о планировании и исполнении цепей поставок.

В ВИНК основой для поддержки принятия решений по оптимальному управлению материальными потоками являются системы оптимизационного планирования. Например, при проведении расчетов производственной программы и планов по распределению сырья и товарной продукции рядом российских и зарубежных нефтяных компаний используются оптимизационные системы AspenTech, Honeywell, SAP, в основе которых лежит аппарат линейного программирования (ЛП). Однако, фундаментальные недостатки используемых моделей ЛП, обусловленные детерминированным характером их параметров, ставят перед компаниями задачи по поиску действенных методов и алгоритмов, способных в рамках существующей информационной инфраструктуры повысить точность и адекватность работы применяемых оптимизационных систем.

Список литературы

1. Колесников, А.О. Организация корпоративных систем планирования цепочек поставок в вертикально интегрированных нефтяных компаниях / А.О. Колесников, В.А. Рефлов // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 1. – С.14-17.

Ковергин Р.Е., Шамкин В.Н.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК ЗА СЧЕТ СОВМЕСТНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЛОГИСТИКИ**

Тамбовский государственный технический университет

roman.kovergin@gmail.com

В отечественных и зарубежных вертикально-интегрированных нефтяных компаниях (ВИНК) в течение ряда лет в качестве инструментов поддержки принятия решений в процессах планирования работы цепочек поставок (ЦП) используются системы оптимизационного моделирования [1]. С их помощью в ВИНК работают:

– система планирования размещения сырой нефти – инструмент расчета оптимальных направлений для распределения нефти, с точки зрения экономической эффективности с учетом существующих договорных обязательств и ограничений по направлениям и объемам поставок: здесь решается принципиальная задача – осуществлять поставки на переработку или продажу;

– система планирования производства – инструмент экономико-технологического планирования нефтепереработки, позволяю-

щий сформировать оптимальный план переработки сырья с учетом технологических и логистических особенностей нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в условиях рыночного спроса на производимую продукцию;

– система планирования распределения товарных нефтепродуктов – инструмент первичного распределения всей номенклатуры производимой товарной продукции различными видами транспортировки в логистической сети, состоящей из множества географически распределенных НПЗ, узлов хранения и перевалки (порты, хранилища, терминалы), а также сети потребителей товарной продукции: здесь максимизируется целевая функция, представляющая собой суммарную выручку от продажи нефтепродуктов на узлах потребления, за вычетом всех переменных затрат, в рамках заданных ограничений в логистической сети.

Все перечисленные системы представлены отдельными математическими моделями линейного программирования (ЛП), каждая из которых может использоваться независимо от остальных в различных подразделениях ВИНК. Однако разрозненное использование моделей ЛП приводит к получению локальных оптимальных решений в пределах сферы ответственности тех структурных подразделений компании, которые их используют.

В целях достижения максимального синергетического эффекта от применения моделей ЛП в деятельности ВИНК целесообразно использовать интегрированный подход к проведению оптимизационных расчетов. Возможными направлениями для развития этого подхода являются:

– разработка и развитие алгоритмов совместного использования систем на базе единой интеграционной платформы для прямой и обратной передачи данных между системами оптимизационного планирования;

– частичное объединение моделей ЛП для формирования единой целевой функции для всей цепи поставок и соответствующих бизнес-процессов;

– синхронизация моделей планирования логистики и производства в части временных периодов для наиболее полного учета всех имеющихся технологических ограничений НПЗ.

Использование интегрированного подхода в планировании средствами компьютерного моделирования всей цепочки создания стоимости, а не отдельных ее сегментов позволит повысить эффек-

тивность процессов поддержки принятия решений в управлении ЦП, наилучшим образом согласовать и сбалансировать интересы всех участников ЦП, а также уменьшить влияние факторов неопределенности на получаемые оптимальные планы функционирования ЦП.

Список литературы

1. Иванов, Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – СПб.: Изд-во политехнич. ун-та, 2010. – 660с.

Игнатов Н.Н. Мизев П.А. Тишин П.А. Кольтюков Н.А.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Тамбовский государственный технический университет
system_52@mail.ru, mizev92@mail.ru, tischin2011@mail.ru,
rn3rfm@rambler.ru

В настоящее время очень актуально применение гибридных систем на транспорте.

При разработке таких систем возникают проблемы, например отсутствие общепризнанных и аргументированных процедур выбора основных параметров электромеханических устройств для гибридной транспортной техники, выбор типа электродвигателя и алгоритмов управления ими.

После проведения анализа представленной информации можно сделать вывод, что для удачного применения алгоритмов оптимального энергосберегающего управления к гибридным объектам необходимо найти решение следующих задач:

- разработать модель динамики электропривода, пригодную для быстрого решения задач оптимального управления электроприводом учитывая все возможные состояния функционирования;
- определить вероятные виды функций оптимального управления и условия их наличия [1,2].

Для многих практических случаев можно применить линеаризованное уравнение динамической механической характеристики асинхронного электродвигателя, что позволит записать уравнения динамики системы в удобной для анализа форме:

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

$$M - c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - M_{c1} = J_1 p \omega_1, \quad (1)$$

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

где s_k – критическое скольжение; M_k – критический момент.

Для оперативного синтеза преимущественны передаточные функции:

- при управлении напряжением статора

$$W(p) = \frac{K_1(u_1)}{T_1(u_1)p + 1}, \quad (2)$$

$$K_1(u_1) = \frac{\omega_0}{u_1} - \frac{s_k \omega_0 M_{c1}}{2M_k u_1^3},$$

где $K_1(u_1)$ - коэффициент передачи двигателя;

$$T_1(u_1) = \frac{s_k \omega_0 J_1}{2M_k u_1^2},$$

где $T_1(u_1)$ - постоянная времени; u_1 – напряжение на обмотках статора;

$$W(p) = \frac{K_2(r_2)}{T_2(r_2)p + 1}, \quad (3)$$

$$K_2(r_2) = \frac{\omega_0}{r_2} - \frac{M_c}{M_k},$$

$$T_2(r_2) = \frac{J r_2}{M_k},$$

где $K_2(r_2)$ - коэффициент передачи двигателя; $T_2(r_2)$ - постоянная времени; r_2 – сопротивления обмоток ротора.

Таким образом, для оптимального управления асинхронными электродвигателями получена модель, которая является пригодной для синтеза энергосберегающего управления.

Список литературы

1. Кольтюков Н.А. Оптимальное энергосберегающее управление смесительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов: Дис. на соиск. уч. степ. к.т.н. – Тамбов: ТГТУ, 2002. - 174 с.
2. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами: - М.: Сов. радио, 1980. – 232 с.: ил.

Коробов А.А., Глинкин Е.И.

МЕРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Тамбовский государственный технический университет

korobov91@gmail.com, glinkinei@rambler.ru

Актуальность темы заключается в том, что в процессе использования ПИД регулирования очень часто возникает вопрос анализа достоверности получаемых значений, обработки результатов непосредственных измерений и оценки погрешностей расчетов, в которых используются значения непосредственно измеряемых характеристик. Однако ручная настройка коэффициентов ПИД регулирования последовательным приближением к произвольным параметрам ненормированными случайными мерами характеризуется грубой воспроизводимостью и низкой достоверностью, исключающими автоматическое регулирование.

Цель: выявить оптимальный критерий регулирования на примере П-закона.

Задачи:

1. Провести сопоставительный анализ известных мер оценок эффективности;
2. Найти оптимальный эквивалент меры оценки;
3. Предложить критерий и алгоритм автоматического регулирования.

Самой распространённой мерой оценки считается разность между установившимся и текущим значением, что объясняется простотой её вычисления. Однако достоверность и объективность этой оценки условны из-за отсутствия оптимального эквивалента.

Относительная погрешность при стандартном критерии находится по формуле (1):

$$\varepsilon_1 = k \frac{E - U}{E} \quad (1)$$

Для доказательства или опровержения гипотезы о целесообразности использования стандартной меры оценки введём новую меру оценки, прецизионную меру.

Погрешность по прецизионному М-С критерию вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_3 = \left(\frac{E - U}{E + U} \right)^2 \quad (2)$$

Результаты компьютерного моделирования погрешности при мультипликативно-симметричном и стандартном критерии, показаны на рис. 1:

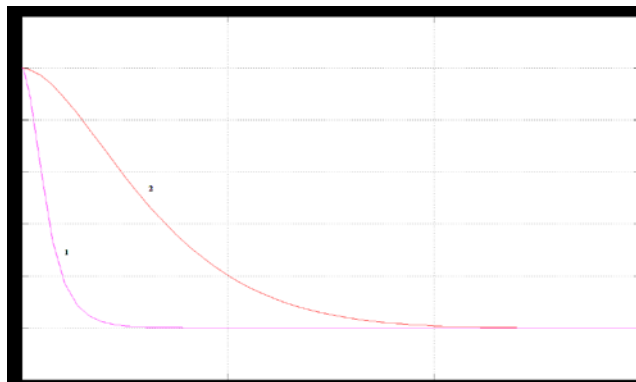


Рис.1. Погрешности регулирования: 1 – стандартный, 2 – М-С критерий

Для проведения количественного анализа зафиксируем значение $t=0.2$ и оценим значение погрешности при фиксированном времени (табл. 1).

1. Погрешность

Виды регулирования (время = 0.2)	Погрешность:
Стандартный 1	0.65
Прецизионный 2	0.05

Количественный анализ табл.1 показывает снижение погрешности регулирования с 65% для стандартного до 5% М-С критерия, причем погрешность 2 в 13 раз лучше стандарта 1.

Эффективность по точности рассчитаем из отношения относительных погрешностей стандартного и МСК критериев, что позволяет узнать, во сколько один критерий эффективнее другого:

$$E = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{0.65}{0.05} = 13;$$

Как видно из эксперимента, МСК критерий эффективнее стандартного в 13 раз, что позволяет сделать вывод о его пригодности для автоматизации процесса регулирования до оптимального нормированного эквивалента.

Выводы

1. Проведён сопоставительный анализ известных мер оценок эффективности, в результате чего найдена эффективность каждой меры.

2. Выявлен наиболее оптимальный эквивалент меры оценки – прецизионный критерий, который обладает наименьшей погрешностью и самым малым временем регулирования.

3. Предложен критерий автоматического регулирования – прецизионный критерий.

4. По графикам погрешности выявлена эффективность критериев, что позволило сделать выводы о наибольшей эффективности прецизионного критерия.

Список литературы

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

2. Патент РФ №2153697, G05B17/00, 2000, Фурунжиев Р.И. [Электронный ресурс] URL: <http://ru-patent.info/21/50-54/2153697.html>

Леонтьев Е.А., Попова Ю.В.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Тамбовский государственный технический университет

olh133@yandex.ru, popova21.04@mail.ru

Цель работы - разработка метода диагностики заболеваний ССС на ранних стадиях развития. В результате литературно-патентного поиска тематических научных работ удалось отобрать более 20 показателей гемодинамики [2], наиболее полно отображающих состояние ССС. Также была разработана форма опросного листа для специалистов-кардиологов, с помощью которой был сформирован список показателей, достаточных для выявления заболеваний на ранних стадиях развития.

Рассмотрим порядок вывода диагностической модели на примере ишемической болезни сердца (ИБС). Для этого заболевания из списка показателей отобрали восемь, набравшие наибольшие баллы, и определили коэффициенты их веса (M_i), приняв сумму баллов для восьми показателей за 100 %; при этом $\sum M_i = 1$.

Наиболее информативный показатель для диагностики ИБС – систолическое артериальное давление (САД), общий диапазон изменения которого можно подразделить на 4 поддиапазона: состояние гипофункции ССС (<100 мм рт. ст.), норма (100-139 мм рт. ст.) и 2 поддиапазона гиперфункции ССС (140-159 мм рт. ст. – призна-

ки начальной стадии заболеваний ИБС, 160 и выше – признаки развитого заболевания ИБС). Из литературных источников известны аналогичные поддиапазоны изменения других показателей гемодинамики. Таким образом, мы знаем общее пространство изменения диагностических показателей для заболевания ИБС.

Математическая модель диагностики чаще всего представляется в виде полинома. Данному случаю соответствует нелинейная модель с эффектами взаимодействия. Для определения диагностического коэффициента K необходимо уточнить задачу комплексной диагностики: не требуется определять множество состояний объекта диагностики, требуется подразделить это множество на 4 поддиапазона в соответствии с признаками ИБС, принятыми в диагностике; решение этой задачи возможно на базе линейной модели статистики объекта следующего вида:

$$K = \sum_{i=1}^8 M_i X_{iH} (1), \text{ где } i = \overline{1,8}; X_{iH} - \text{нормированные значения показателей.}$$

Нормировка осуществлялась с одновременным переносом начала координат в точку минимума показателя по формуле: $X_{iH} = (x_i - x_{i\min}) / (x_{i\max} - x_{i\min})$; $x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max}$, где x_i - текущее значение показателя.

Таким образом, для всех показателей можно записать: $0 \leq X_{iH} \leq 1$. Также для построения модели нужны общие диапазоны изменения выбранных показателей x_i для здоровых людей:

$$3,5 \geq \text{МОК} \geq 6 \text{ л/мин}$$

$$100 \leq \text{САД} \leq 139 \text{ мм рт. ст.}$$

$$60 \leq \text{ДАД} \leq 89 \text{ мм рт. ст.}$$

$$60 \leq \text{ЧСС} \leq 80 \text{ уд/мин}$$

$$70 \leq \text{УО} \leq 100 \text{ мл}$$

$$1200 \leq \text{ОПСС} \leq 1700 \text{ дин} \cdot \text{см}^{-5} \cdot \text{с}$$

$$70 \leq \text{СрАД} \leq 100 \text{ мм рт. ст.}$$

$$20 \leq B \leq 80 \text{ лет}$$

Таким образом, принимая во внимание верхние границы нормы отдельных показателей здорового человека, и на основании расчетов с использованием модели (1) можно выделить 4 поддиапазона на множестве состояний диагностического показателя K (табл. 1):

Таблица 1 - Зависимость между K и признаками ИБС

K	Признаки заболевания ИБС
$K_{\min} = 0 \div 0,2803$	Гипофункция ССС
$K_H = 0,2803 \div 0,5557$	Нет признаков заболеваний ИБС
$K_p = 0,5557 \div 0,7802$	Признаки начальной стадии заболеваний ИБС
$K_o = 0,7802 \div 1$	Признаки развитого заболевания ИБС

Определив диагностический показатель K , можно определить степень развития ИБС.

Предложенный метод диагностики ИБС является наиболее эффективным, так как основан на использовании взвешенных значений 8 показателей и по их совокупности позволяет объективно определить на ранних стадиях не только отсутствие или признаки заболевания ИБС, но и оценить предрасположенность пациента к развитию этого заболевания.

Аналогично можно получить диагностические модели для других заболеваний ССС, что подчеркивает универсальность предложенной методики.

Список литературы

1. Стратегия профилактики и контроля неинфекционных заболеваний и травматизма в Российской Федерации, Москва, 2008. – 183с.
2. Антонов А.А. Гемодинамика для клинициста. – Москва, 2004. – С. 7.

Майков И.Л., Молчанов Д.А., Торчинский В.М.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЛНОВОМ
ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ**

Объединенный институт высоких температур

Российской академии наук

dmitriy.molchanov13@gmail.com

В настоящее время доля трудноизвлекаемых запасов углеводородов в низкопроницаемых коллекторах, высоковязкой нефти, неизвлеченной нефти в отработанных месторождениях неуклонно увеличивается и составляет около 60%. Основным методом повышения нефтеотдачи в стране является заводнение. В процессе вытеснения углеводородов из пласта при принудительном заводнении происходит постепенное уменьшение проницаемости пласта вслед-

ствие образования водяной пленки на поверхности пор и водяных перемычек между соседними порами [1].

Волновое воздействие на пласт способно создать в поровом пространстве силы, значительно превышающие силы, существующие при стационарной фильтрации, что, таким образом, создает предпосылки для возможности освобождения капиллярно удерживаемой нефти [2].

Для осуществления волнового воздействия использовалось два типа волновых генераторов: вихревой генератор и генератор ударных волн. В вихревом генераторе возбуждение волн происходило благодаря пульсациям кавитационной каверны в широком диапазоне частот (от 10 до 35 кГц). В генераторе ударных волн использовалось явление гидроудара, заключающееся в быстром росте давления при резком перекрывании потока. Данная гидравлическая схема позволяла возбуждать ударные волны амплитудой до 60 атм с частотой от 0,01 до 10 Гц.

Были проведены эксперименты по изучению влияния высоко- и низкочастотного волнового воздействия на увеличение коэффициента проницаемости коллектора для извлечения капиллярно удерживаемой нефти и увеличения коэффициента нефтеотдачи. Исследование было нацелено на выявление механизмов взаимодействия волн с породой и флюидом и установление эффектов, ответственных за повышение фильтрационной способности пластов. В ходе данной работы были проведены исследования влияния на фильтрационный процесс различных параметров волнового воздействия и физических свойств углеводородов.

Был исследован процесс распространения ударных волн в пористой насыщенной жидкостью среде. Исследовалось влияние, которое оказывают физические свойства углеводородов на способность удерживаться в порах и капиллярах и сопротивляться вытеснению водой. Было определено, что это явление сильно зависит от вязкости углеводородной жидкости. С уменьшением вязкости доля удержанных в капиллярах остатков резко падает.

Были определены условия, при которых волновое (циклическое) воздействие на вмещающий пласт может вызвать разрушение межпоровых перемычек и увеличение проводимости пласта для водоуглеводородной смеси. Показано, что резонансные режимы работы обеспечивают ускорение фильтрационного процесса за счет вы-

теснения капиллярно удерживаемых углеводородов и повышения коэффициента проницаемости.

Работа выполнена при финансовой поддержке НШ-1708.2014.8.

Список литературы

1. Вяхирев Р.И. Разработка и эксплуатация газовых месторождений / Вяхирев Р.И., Гриценко А.И., Тер-Саркисов Р.М. – М.: Недра, 2002 – 880 с.
2. Директор Л.Б. Одномерная нестационарная модель двухфазной фильтрации газоконденсатной смеси / Директор Л.Б., Качалов В.В., Майков И.Л. и др.; препринт ОИВТ РАН, № 2–441. – М., 2000 – 46 с.

Макарова Е.М., Барабанов В.В., Шелохвостов В.П.
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО
СИНТЕЗА УГЛЕРОД-МЕДНОГО МОДИФИКАТОРА
ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ
Тамбовский государственный технический университет
mit@mail.nnn.tstu.ru

Существенное повышение свойств традиционных материалов связывают в настоящее время с добавками наноструктурных компонентов. В качестве таких компонентов используются ультрадисперсные системы, получаемые различным образом: химические методы, лазерная абляция, плазменное распыление и др. Предполагается увеличение свойств среды или материала за счет формирования на поверхности нанокomпонентов компенсирующих слоев с измененной структурой.

В работе поставлена цель предварительного получения такого композита (наномодификатора) из нанообъектов и сопряженных с ними слоев среды, в котором общая поверхность контакта нанообъект - среда создается в процессе их совместного плазмохимического синтеза. Реализация цели осуществляется решением задачи разработки процесса синтеза на базе установки УВН71П-1, адаптированной для совместного осаждения меди и углерода на ситалловые подложки.

В технологическом процессе укрупнено можно выделить четыре стадии.

1 Начальный блок операций(*заготовительно-наладочные работы*) состоит из подготовки катализатора и угольных электродов, изготовления резистивного испарителя, подготовки установки.

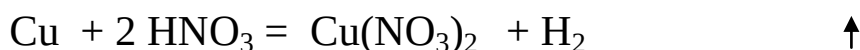
2 Следующий блок (*подготовка процесса синтеза*) включает установку электродов, резистивного испарителя, установку подложек, загрузку катализатора. Этот блок операций заканчивается созданием рабочей среды – вакуума.

3 Основная операция (*процесс синтеза*) – это последовательное напыление катализатора и напыление углерода.

4 Технологический процесс заканчивается (*окончание процесса и контроль продуктов синтеза*) извлечением из рабочего пространства подложек с последующим снятием продуктов синтеза с поверхности.

При экспериментах в качестве катализатора выбрана медь, которая в виде гранул по 0,4 грамма помещалась в резистивный молибденовый испаритель с размерами 50 x 6 x 0,5 мм. Для получения парообразного углеродного потока устанавливалось ранее разработанное устройство для создания устойчивого электродугового разряда между угольными электродами. Поверхность, на которой осуществлялся синтез углеродных нанообъектов (УНО), представляла собой ситалловые подложки размером 48x60 мм, которые располагались на подвижной карусели на расстоянии 250 мм от испарителей. При вращении карусели относительно вертикальной оси подложки последовательно проходили над испарителем катализатора и угольной дугой. Скорость испарения (осаждения) катализатора и углерода варьировался в широких пределах изменением электрических параметров и скоростью вращения карусели.

Экспериментально устанавливали режимы, при которых наблюдалась наибольшая эффективность синтеза. Это соответствует образованию на поверхности подложек тонкой пленки катализатора с островковой структурой. Испарение меди в оптимальном режиме соответствовало температуре 1200-1250⁰С (ток испарителя – 200-250 А, напряжение – 12 В), ток дуги – 300-350 А, скорость вращения карусели 10-12 об/мин. Цикл процесса определялся полным испарением катализатора из испарителя (40-45 минут), по окончании которого подложки извлекались из рабочего объема и исследовалась структура продукта синтеза. Продукты синтеза представляли собой медно-угольный слой на ситалловой подложке размером 48x60 мм. Этот слой удалялся с поверхности подложки 10% водным раствором азотной кислоты. При этом медь, как катализатор, образовывала растворимую соль $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ по реакции



Вместе с медными включениями с подложки удалялись и углеродные нанообъекты. Образовавшаяся суспензия в дальнейшем использовалась для приготовления объектов для электронной микроскопии.

Получение угольных пленок для использования ее в качестве носителя наночастиц осуществляли путем напыления углерода из угольной дуги на скол по поверхности $\langle 100 \rangle$, которая получалась расколом монокристалла поваренной соли NaCl. Для напыления использовалась установка УВР-3М с устройством для напыления из угольной дуги, толщина пленки контролировалась визуально по цвету – желто-коричневый (20-22 нм), пленка снималась подтравливанием в воде, переносилась в суспензию с исследуемыми нанообъектами. Из ванны угольные пленки извлекались под давлением медной сеткой с размером ячеек 0,2х0,2 мм.

Таким образом, предложен и реализован процесс синтеза медноугольного наномодификатора. Разработана методика подготовки объектов для исследований в электронном микроскопе.

Список литературы

1 Образцов, Д.В. Методика подготовки наноразмерных объектов в электронной микроскопии / Д.В.Образцов, А.В. Милованов, В.П. Шелохвостов // Сб.ст.магистрантов по материалам научн. Конф. 15-17 февраля.-2005. Ч. 2, вып. 1.- Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2005.- С.62-63.

Маслов И.С.

ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕЖКАДРОВЫХ РАЗНОСТЕЙ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Тамбовский государственный технический университет
klewer_tambov@mail.ru

Обнаружение и время реагирования на движение является важным критерием для живых организмов. За счет того, что движение выделяется при помощи сетчатки глаза, обусловлена быстрота реакции. Из-за необходимости реализации большого числа различных алгоритмов, сетчатка состоит из разного типа клеток, многослойна и имеет огромное множество вертикальных и горизонтальных связей. Техническое зрение для выделения и определения характеристик движения в части предварительной обработ-

ки, так же должно иметь возможность использовать набор различных алгоритмов.

Одной из важных и универсальных характеристик различных процессов – его энергия. При помощи межкадровой разности энергетических спектров возможно находить параметры движения объектов. Причиной этого является зависимость энергии конечного участка пространственной косинусоиды от ее начальной фазы. При этом положительным фактором является конечность размера кадра изображения. В других случаях разность энергетических спектров не несет информации о движущихся объектах [1].

Информацию о положении объекта и его изменении несет фазо-частотный пространственный спектр, использование которого в общем виде затруднено. Однако, возможно комплексирование фазо-частотного и энергетического пространственных спектров в действительную функцию пространственной частоты, а так же ее дальнейшее применение при разработке алгоритмов определения характеристик движения [2].

Главной особенностью предлагаемых алгоритмов является то, что в формировании каждого значения межкадровых разностей частотных характеристик принимает участие большое количество отсчетов видеосигналов изображения. Это позволяет реализовать обработку, подобно тому, как это происходит в сетчатке глаза. При этом обнуляются некоторые пиксели выходного видеосигнала в одном или обоих кадрах, а другие остаются без изменений [3].

Возможность реализации такой обработки позволяет говорить о создании и использовании рецептивных полей, подобных существующим в зрительной системе человека. При этом формируются зоны обнуленных и неизмененных пикселей. При помощи обработки видеопоследовательностей такого типа, возможна обработка при низких уровнях освещенности и при высоком уровне шума. Обнуление может производиться как по одному пикселю, так и группой объединенных пикселей.

Список литературы

1. Богословский А.В., Богословский Е.А., Жигулина И.В., Яковлев В.А.(2013) Обработка многомерных сигналов. Линейная многомерная дискретная обработка сигналов. Методы анализа и синтеза. Кн. 1 // М.: Радиотехника, 2013. 168 с.
2. Богословский А.В., Жигулина И.В. (2009) Использование фазочастотных пространственных характеристик для оценки движения // Успехи современной радиоэлектроники, 2009, №11.

3. Богословский А.В., Жигулина И.В., Копылов О.Е., Яковлев В.А. (2011) Биологически подобные алгоритмы для определения движения в системе технического зрения // Радиотехника.- 2011, № 5.

Мельник О.В.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Тамбовский Государственный Технический Университет

melfice.bft@gmail.com

Современные информационно-измерительные системы должны обеспечивать достоверные данные в своих измерениях, поэтому очень важно, чтобы они были достаточно надежны во время функционирования по назначению. Немаловажным фактором надежности информационно-измерительной системы является показатель надежности ее программного обеспечения. Создание и применение сложных технических систем в последнее время выявило множество ситуаций, при которых сбои и отказы их функционирования были обусловлены дефектами комплексов программ, что приводило к существенным экономическим потерям при их практическом использовании.

Существуют различные модели оценки надежности программного обеспечения, которые производят подсчеты надежности для различных режимов работы технических устройств [1]. Для получения наилучшего показателя вероятности безотказной работы программного обеспечения информационно-измерительных систем возможно использовать эти модели в совокупности, выбирая наиболее подходящую для конкретного режима функционирования, таких как «Функционирование по назначению», «Тестирование», «Обновление».

Для обеспечения мониторинга работы программного обеспечения информационно-измерительных систем и прочего взаимодействия между пользователем и техническим устройством была разработана соответствующая система управления, которая позволяет определять режим работы информационно-измерительной системы и подбирает необходимые модели расчета надежности программного обеспечения для каждого режима. Это позволяет получать текущие данные о состоянии информационно-измерительных систем, а также их программного обеспечения в удобном для пользователя этой информационной системы виде. Это помогает во

время предпринимать меры по внесению необходимых исправлений при обнаружении ошибок в функционировании программного обеспечения. На рисунке 1 представлен пример пользовательского интерфейса одной из функций системы управления для оценки надежности программного обеспечения информационно-измерительных систем [2].

Режим работы	Тестирование
Модель	Модель Коркорена
Число прогонов программы n	
Успешных прогонов программы n1	
Число обнаруженных ошибок n2	
Средняя наработка до отказа	
Время	

Рис. 1. Пример пользовательского интерфейса одной из функций информационной системы оценки надежности программного обеспечения информационно-измерительных систем.

Список литературы

1. Майерс Г. Надежность программного обеспечения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 356 с.
2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. «Алгоритм выбора модели для оценки надежности программного обеспечения информационно-измерительных и управляющих систем» / Зырянов Ю.Т., Мельник О.В., заявитель и правообладатель «Тамбовский Государственный Технический Университет». – №2014612972; заявл. 28.01.2014; опубл. 14.03.2014.

Мещерякова О.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ И
ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

Липецкий государственный технический университет

mesholga@mail.ru

В системах автоматизации технологических процессов и управления электроприводами при большом количестве возмущающих воздействий на объект управления возможно применение нейронных сетей в случаях, когда традиционные решения недоста-

точно эффективны. Управление автоматизированными электроприводами с использованием нейронных сетей дает хорошие результаты, например, при изменении в широком диапазоне параметров механической части и режимов работы привода, когда быстродействие и точность традиционных систем управления недостаточны.

Искусственная нейронная сеть может выполнять различные функции: управление подвижными динамическими объектами, диагностику технологического оборудования, прогнозирование ситуаций, оценку состояния и мониторинг технологических процессов. Характерными особенностями нейронных сетей являются - параллельная обработка информации всеми звеньями, что позволяет значительно ускорить процесс обработки информации; способность к обучению и обобщению накопленных знаний. Обученная на ограниченном множестве данных сеть способна обобщать полученную информацию и показывать хорошие результаты при обработке данных, не использовавшихся при ее обучении. Искусственные нейронные сети могут менять свое поведение в зависимости от внешней среды.

Под нейронными сетями подразумеваются вычислительные структуры, которые моделируют простые биологические процессы, обычно ассоциируемые с процессами человеческого мозга. Они представляют собой распределенные и параллельные системы, способные к адаптивному обучению путем анализа положительных и отрицательных воздействий. Элементарным преобразователем в данных сетях является искусственный нейрон или просто нейрон, названный так по аналогии с биологическим прототипом.

В настоящее время разработано и исследовано несколько десятков нейронных сетей, создано множество обучающих алгоритмов, каждый со своими сильными и слабыми сторонами. Базовыми, принципиально различными являются три типа нейронных сетей, соответствующие трем методам их обучения: самоорганизующиеся сети Кохонена - с обучением «без учителя», динамические сети Хопфилда - с обучением по методу последовательного подкрепления знаний, и сети прямого распространения - с обучением «с учителем». Для решения задач идентификации, моделирования, регулирования, адаптивного управления применяются сети Хопфилда, нелинейные многослойные нейросети прямого распространения с обучением по методу ВР и двухслойные нейросети с радиально – базисными функциями.

На производстве и в различных промышленных системах интеллектуальные нейросетевые контроллеры смогут распознавать потенциально опасные ситуации, уведомлять о них людей и принимать адекватные и, что самое главное, своевременные меры. Потоки данных в вычислительных сетях и сетях сотовой связи тоже будут оптимизироваться с помощью нейротехнологий.

На данный момент основные области применения нейронных сетей в промышленности: управление технологическими процессами, идентификация химических компонент, контроль качества, прогнозирование свойств, оптимальное планирование, обнаружение повреждений, прогнозирование потребления энергии. Нейросетевые технологии искусственного интеллекта находят растущее применение при разработке интеллектуальных датчиков и развитых промышленных систем обработки информации в стратегически важных отраслях производства.

Мизев П.А., Тишин П.А., Игнатов Н.Н., Кольтюков Н.А.
ОПТИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГИБРИДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.

Тамбовский государственный технический университет
mizev92@mail.ru, tischin2011@mail.ru, system_52@mail.ru,
RN3RFM@rambler.ru.

Одной из важнейших проблем человечества является экономия энергоресурсов. В связи с ростом цен на электроэнергию и топливо, усилением конкурентной борьбы между фирмами, производящими тепловые аппараты, машины с электроприводами, транспортные средства и другие энергопотребляемые изделия, а также учитывая сложность социально-экономической обстановки, актуальность задач экономии и рационального использования энергоресурсов с каждым годом возрастает. Проблема экономии топливно-энергетических ресурсов занимает важное место в тематике работ научно-исследовательских организаций, проектных и промышленных фирм всех стран мира. [1]

В соответствии с ГОСТ Р513 80–99 (Энергосбережение) в настоящее время сертификации по показателям энергетической эффективности подлежит широкий перечень электрических машин, продукции машиностроительной промышленности, транспортных средств, объектов коммунального хозяйства и др.

Теоретические исследования и практические результаты показывают, что при оптимальном управлении уменьшение затрат энергии (расхода топлива) может достигать от 10 до 40 % по сравнению с традиционно используемыми управляющими воздействиями. Кроме того, в динамических режимах, характеризующихся меньшими энергетическими затратами, снижаются механические и тепловые нагрузки, что ведет к повышению долговечности и безопасности эксплуатации объектов.

К наиболее энергоемким объектам относятся тепловые аппараты, машины с электроприводами, т.е. большинство видов технологических установок в машиностроительной, химической, металлургической, строительной и других отраслях промышленности, а также перемещающиеся объекты и транспортные средства.[2] Эффект энергосбережения при использовании оптимального управления достигается за счет следующих факторов:

- оптимальное ведение динамических режимов при всех состояниях функционирования, т.е. в случае изменения модели динамики объекта или условий (исходных данных) задачи управления оперативно (в реальном времени) находится новое решение, и реализуются энергосберегающие управляющие воздействия для существующей ситуации;
- достижение задаваемого конечного значения вектора фазовых координат точно в требуемый момент времени, который, в свою очередь, выбирается оптимальным;
- использование оптимальной стратегии реализации энергосберегающего управления (программной, позиционной или другой) для каждого состояния функционирования;
- создание локальных и бортовых систем энергосберегающего управления на базе простых и дешевых микропроцессорных устройств.

Таким образом, можно сделать вывод: что для создания систем энергосберегающего управления требуется решить комплекс теоретических задач, основными из них являются:[1]

- полный анализ задач оптимального управления для типовых моделей динамики энергоемких объектов, различных видов минимизируемых функционалов и стратегий реализации управляющих воздействий, ограничений на управления и фазовые координаты, встречающиеся в реальных условиях;

- анализ энергосберегающего управления машинами и аппаратами на множестве состояний функционирования, когда возможны изменения моделей объектов стратегий и функционалов;
- анализ энергосберегающего управления многомерными объектами;
- идентификация моделей динамических режимов, в том числе нелинейных и с временным запаздыванием по каналу управления, пригодных для использования в системах энергосберегающего управления.

Список литературы

1. Муромцев Д.Ю. Оперативный синтез энергосберегающего управления для линейных систем с запаздыванием на множестве состояний функционирования // Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1999. Вып. 4. С. 47 – 50.
2. Аджиев М.Э. Энергосберегающие технологии. М., 1990. 64 с.

Д.Ю. Муромцев, В. В. Ермолаев, А.Ю. Коток МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет
crems@crems.jesby.tstu.ru

Основные положения методики проектирования активных экспертных систем (ЭСА) применительно к режиму «активность» заключаются в следующем.

1. Формализуется типовая задача предметной области. В качестве примера приведем постановку задачи энергосберегающего управления динамическими режимами технологических установок (тепловыми аппаратами, машинами с электроприводами) и транспортных средств. Задаются модель динамики объекта управления

$$\dot{z} = f(z(t), u(t)/A, B), \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

минимизируемый функционал

$$F(u(t), z(t)) \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (2)$$

ограничения на вектор управления

$$g(u(t)) \in G_{\text{доп}}, \quad (3)$$

и траектория изменения вектора фазовых координат

$$z(\cdot) = (z(t), t \in [t_0, t_k]) \in Z(\cdot), \quad (4)$$

здесь t_0, t_k – моменты времени начало и конец временного интервала управления; A, B – массивы (матрицы) параметров модели объекта; $G_{\text{доп}}, Z(\cdot)$ – допустимые области изменения $u(t)$ и $z(\cdot)$ соответственно; F – вид функционала.

Требуется определить оптимальное управление $u^*(t)$, $t \in [t_0, t_k]$, при котором выполняются ограничения (3), (4) и функционал (2) достигает минимума, а также стратегию S реализации $u^*(t)$.

2. Вводятся множества возможных значений для каждой компоненты модели.

3. Формируется состав результатов, получаемых в каждой задаче. Для этого выполняется полный анализ соответствующей задачи оптимального управления (ЗОУ).

4. Формируется массив методов, с помощью которых могут быть получены результаты полного анализа исследуемых задач.

5. Для удобства представления пользователю результатов полного анализа задач используется когнитивное моделирование [1]. На рис. 1 приведен фрагмент когнитивной модели, содержащей возможные виды функций для двойного апериодического звена.

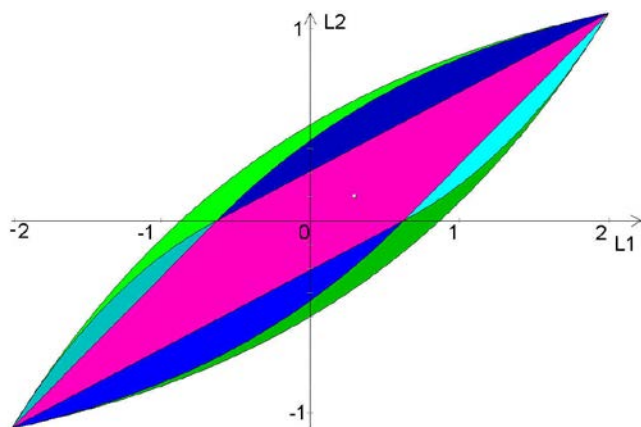


Рис.1 Когнитивная модель, отражающая результаты полного анализа ЗОУ

6. Вводятся приоритеты, определяющие очередность разработки новых фреймов БЗ.

7. Выбираются программные продукты, необходимые для реализации ЭСА в соответствии с рассмотренной методикой.

Рассмотрены основные положения методики применительно к режиму «активность» экспертных систем.

Список литературы

1. Муромцев Д.Ю., Чернышов Н.Г. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования // Автоматика и вычислительная техника. 2008. № 3. С.74 – 82.

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

Мухомых А.А.

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.

Тамбовский государственный технический университет

anton_mx@inbox.ru

В настоящее время все большую популярность приобретают распределенные клиент-серверные приложения. Они применяются в различных сферах человеческой деятельности: управление, образование, туризм, развлечения и др. Клиентская часть, как правило, реализована в виде браузерного web-приложения и/или приложений под какие-либо платформы, в том числе мобильные, такие как Android, iOS, windows phone, blackberry и др. Преимущество таких приложений состоит в том, что они позволяют обмениваться информацией между пользователями в режиме реального времени [1].

Как правило, вся информация в клиент-серверных системах агрегируется в централизованных базах данных, которые размещены на удаленном сервере. Обмен данными между клиентом и сервером осуществляется по протоколу прикладного уровня HTTP[2].

Для реализации серверной части используются такие платформы как Microsoft asp.net, php, java и другие. Одним из распространенных стилем построения архитектуры распределенного приложения является REST[3] (сокр. англ. Representational State Transfer, «передача состояния представления»). Данные в REST передаются в виде стандартных форматов таких как HTML, XML, JSON, BSON. Использование стандартных форматов данных позволяет создавать распределенные системы, клиентами которых могут быть приложения для любых платформ работающих по протоколу HTTP.

Так как данные собираются в одном месте, то возникает необходимость в получении актуальной информации для клиентского приложения о последних событиях с сервера. Существуют несколько распространенных способов получения актуальной информации с сервера. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недо-

статки по ряду показателей, наиболее важными из которых являются: сетевой трафик, энергопотребление и нагрузка на сервер.

Одним из способов клиент-серверного общения является длительный опрос (long polling). Этот подход заключается в том, что клиент посылает запрос серверу и если на сервере нет новой информации, то соединение не разрывается, а держится открытым до тех пор, пока на сервере не появится новая информация. Как только на сервере появились новые данные, он отправляет их клиенту. Данный подход позволяет экономить сетевой трафик т. к. сокращается количество открытий сетевых соединений, что очень важно для мобильных устройств т. к. расход батареи напрямую зависит от количества устанавливаемых соединений с сервером[4].

Перечисленные подходы позволяют создавать клиент-серверные программные системы с эффективным расходом энергии батареи и сетевого трафика. Рассмотренные технологии клиентской части могут быть реализованы для любой программной платформы, поддерживающей протокол HTTP.

Список литературы

1. Чедвик Дж. ASP.NET MVC 4. Разработка реальных веб-приложений с помощью ASP.NET MVC/Дж. Чедвик, Т. Снайдер, Х. Панда. - М.: Вильямс, 2013.- 432с.
2. Hypertext Transfer Protocol — HTTP/1.1 [Электронный ресурс] Электрон. дан.- Режим доступа:<http://tools.ietf.org/pdf/rfc2616.pdf> .- Загл. с экрана
3. Фландерс Дж. Введение в службы RESTful с использованием WCF [Электронный ресурс]/Дж. Фландерс.- Электрон. дан.- Режим доступа:<http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dd315413.aspx> .-Загл. с экрана
4. Работа с сетью в Android: трафик, безопасность и батарейка[Электронный ресурс] Электрон. дан.- Режим доступа:<http://habrahabr.ru/company/mailru/blog/185696/>.- Загл. с экрана

Назмутдинов И.С. Назаров Д.А.

ПОИСК МЕСТА ОТКАЗА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского
и Ю.А.Гагарина» nazmytdinov71@mail.ru*

Под техническими системами в данной работе будем понимать радиотехнические средства (РТС) обеспечения полетов авиации.

Поиск отказавшего элемента начинается с установления неисправного устройства, далее определяется неисправный блок и, затем, на уровне элементной базы выявляется неисправный элемент замены. Место возникновения отказа по результатам контроля функционирования определить довольно сложно, поэтому в данном случае система поддержки принятия решения (СППР) устанавливает совокупность тех устройств, которые исходя из имеющихся признаков возникновения отказа, могут быть причиной его возникновения. Для этого используется функционально-логическая модель РТС. Принцип работы функционально-логической модели (ФЛМ) заключается в том, что на основе структурно-функциональной схемы РТС составляются графы состояний на каждом уровне иерархии, в которых отражаются функциональные связи между элементами данного уровня. На основе графа составляется матрица смежности, строки и столбцы которой соответствуют вершинам графа (устройствам системы), а элементы матрицы соответствуют связям между устройствами. Далее по результатам автоматического функционального контроля (АФК) выбирается «подозреваемое» устройство и на основе полученной матрицы определяются совокупность устройств, оказывающих влияние на работоспособность «подозреваемого» [1].

При таком подходе задачу диагностики можно сформулировать как задачу распознавания множества классов диагнозов D_i в пространстве множества признаков U_j . Каждый класс диагнозов может содержать множество более конкретных диагнозов. Другими словами, одни и те же признаки могут характеризовать различные диагнозы. Для принятия решения в такой неоднозначной ситуации предлагается использовать байесовский подход. Для применения метода Байеса необходима априорная информация, которая может быть получена по статистическим данным из сферы эксплуатации технической системы [1].

Решение о постановке диагноза принимается исходя из условия, что данная совокупность признаков встречается чаще при диагнозе D_i , чем при других диагнозах. Процесс самообучения СППР при методе Байеса состоит в постоянном обновлении матрицы и пересчете вероятностей $P(D_i/U_j)$ и $P(D_i)$ при поступлении новой информации об отказах. Для этого в БД СППР необходимо хранить также информацию об отказах устройств (блоков), подвергаемых диагностике по различным признакам N, N_i, N_{ij} .

Таким образом, при использовании диагностической модели «признак-диагноз» устанавливается последовательность проведения проверок по выявлению отказавшего типового элемента замены. Локализация отказавшего типового элемента замены проводится на основе полученной последовательности с использованием диагностической модели элементной базы. Диагностическая модель элементной базы составляется путем активизации фреймов, содержащих описание элементов блока. Через слоты «связь в сети» создается сеть фреймов согласно принципиальной схеме блока.

Список литературы

1. 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.

Образцова Е.Ю., Образцов Д.В.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДНИКЕЛЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА

Тамбовский государственный технический университет
nikif83@mail.ru

Стремление к развитию нанотехнологий и снижению себестоимости наноматериалов привело к быстрому росту научного, промышленного, а также коммерческого интереса к применению энергосберегающих технологий их получения. В настоящее время широко развивается производство углеродных наноматериалов на карбидообразующих катализаторах (оксиды никеля, кобальта, железа и др.).

Существующие распространенные способы получения ультрамикродисперсных порошков оксидов металлов – гомогенным и гетерогенным золь-гель метод, методом «мокрого» сжигания и метод взрыва металлической проволоки характеризуется низкой производительностью, сложностью технологического оборудования и большими затратами электроэнергии на единицу продукции, а также химических реактивов на их последующую очистку.

Недостатки рассмотренных методов требуют разработки энергосберегающего способа получения ультрамикродисперсных порошков оксидов металлов. Этим требованиям отвечает электрохимический синтез на переменном синусоидальном токе, который осуществляется без применения дорогостоящего оборудования и реактивов [1].

Пропускание симметричного переменного синусоидального тока через никелевые электроды в щелочном растворе, приводит к их интенсивному разрушению и образованию ультрамикродисперсного порошка оксида никеля. Экспериментально установлено [2], что ростом концентрации и плотности тока скорость разрушения никеля (образования порошка оксида никеля) увеличивается. Максимальная скорость образования порошка наблюдается в 17 М растворе NaOH при плотности тока $2,5 \text{ А/см}^2$, температуре 343 К, частоте тока 20 Гц и частоте ультразвукового воздействия 100 кГц при плотности энергии звуковой волны, приведенной к электродам равной $0,4...0,5 \text{ Вт/см}^2$. При данных технологических параметрах процесса получения оксида никеля достигается его максимальная энергоэффективность.

Разработанный способ и замкнутая технологическая схема синтеза ультрамикродисперсного порошка оксида никеля на переменном синусоидальном токе позволяет повысить энергосбережение производства катализатора для синтеза углеродных наноматериалов и уменьшить их себестоимость, по сравнению с существующим традиционным способом, получения катализаторов методами золь-гель, «мокрого» сжигания и значительным снижением затрат на утилизацию отходов производства.

Список литературы

1. Никифорова, Е.Ю. Закономерности электрохимического поведения металлов при наложении переменного тока / Е.Ю. Никифорова, А.Б. Килимник // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009 – Т. 15, № 3. – С. 604 – 615.

2. Никифорова, Е. Ю. Электрохимическое разрушение никеля в щелочных растворах под действием переменного тока // Е. Ю. Никифорова, А. Б. Килимник // Коррозия: материалы, защита. – 2011. – № 3. – 27 – 31.

3. Способ получения ультрамикродисперсного порошка оксида никеля: Патент на изобретение № 2428495, Российская Федерация: Никифорова Е.Ю, Килимник А.Б.; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т., МПК7 С 22 В 23/00(2006.01), С 25 5/02 (2006.01). Приоритет от 09.03.2010. Положительное решение 10.09.2011

Павлов В.И., Мельник Ю.Б., Муромцева И.Я., Коток А.Ю.
МОДЕЛЬ ЭТАЛОННОГО ЭРГАТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ
ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАННОГО ТИПА ОПЕРАТОРСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Тамбовский государственный технический университет

vpavl@mail.ru

Наиболее «узким местом» в организации автоматизированного управления является «пропускная способность» эргатического элемента (ЭЭ), вынужденного на отдельных временных интервалах осуществлять деятельность в условиях неопределенности внешней среды. Возникновение неопределенностей внешней среды в телекоммуникационных системах обусловлено, например, действием естественных и организованных помех, приводящих как к скачкообразным, так и постепенным негативным изменениям характеристик объектов и процессов, в управлении которыми задействован ЭЭ.

В связи с тем, что в современных ЭТС основной и наиболее сложной функцией, возлагаемой на человека, является оперативное принятие необходимых решений, которые часто осуществляются в условиях неопределенности, то целесообразно выделить наиболее существенные факторы, влияющие на эффективность принятия решений.

В настоящее время наиболее развитым является подход, при котором разработка и внедрение моделей и алгоритмов, обеспечивающих объективное, качественное и быстрое построение эталона специалиста, осуществляется с учетом опыта и квалификации экспертов [1]. Целесообразным вариантом построения эталона ЭЭ ЭТС будет тот, при котором отбор претендентов на формирование эталона будет основан на результатах решения ими, в том числе, задач с различными вариантами имитации прогнозируемой ситуационной обстановки.

Учесть необходимые требования к индивидуальным особенностям психики ЭЭ и осуществить предварительный профессиональный отбор представляется возможным с помощью соционического подхода [2]. Используя метод моделирования, соционика позволяет достаточно адекватно представить реакцию человека на любую информацию, поступающую из внешней среды.

Предлагается следующий вариант построения эталона ЭЭ ЭТС:

- 1. Разработка модели профессиональной деятельности ЭЭ в соответствии с выполняемыми функциями;*
- 2. Выявление наиболее важных психических качеств ЭЭ, влияющих на развитие навыков и умений решения нестандартных задач;*
- 3. Выполнение тестовых заданий ЭЭ с фиксацией результатов;*
- 4. Отбор группы ЭЭ, наиболее успешно справившихся с тестовыми заданиями – прототип «эталонного эргатического элемента»;*
- 5. Тестирование психических качеств прототипа «эталонного ЭЭ» по известным методикам. В качестве основных психических качеств выступают: мышление, внимание, память и воображение;*
- 6. Ранжирование качеств и составление психического портрета «эталонного ЭЭ».*

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-08-00352-а.

Список литературы

1. Назаренко Н.А. Модели и алгоритмы определения набора профессионально важных качеств специалиста и батареи диагностических методик для оценки степени их проявления / Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Санкт-Петербург – 2008. Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).
2. Иванов Д.А., Иванов А.А. Соционика и проблемы безопасности полетов. // Соционика, ментология и психология личности № 5, 1996.

Потлов А.Ю., Проскурин С.Г.

МИГРАЦИЯ ФОТОНОВ В СРЕДАХ С ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Тамбовский государственный технический университет

zerner@yandex.ru, spros@tamb.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]. Однако, использование полученной информации возможно только в случае решения задачи распространения излучения применительно к конкретной ткани. Поскольку точного решения она не имеет (из-за высокой концентрации рассеивающих частиц, отличающихся при этом формой, размерами, местоположением и т.п.), актуальным является изучение за-

кономерностей прохождения излучения через модельные объекты, которые упрощённо описывают биологические ткани.

В данной работе предлагается анализ закономерностей миграции нормированного максимума фотонной плотности (НМФП) в однородном и различных неоднородных сильно рассеивающих объектах, имитирующих биологические ткани.

Для имитации биологических тканей используется модель капли – единичного импульса излучения с заданным количеством фотонов, попадающего в объект около поверхности и диффундирующего внутри него [1-3]. Она базируется на численном решении уравнения переноса излучения (УПИ) в диффузионном приближении с граничным условием третьего рода (Робина). Анализ результатов моделирования для сферических объектов позволил выявить следующие закономерности поведения НМФП:

1. В любых однородных случаях в не зависимости от значений коэффициентов поглощения и рассеяния НМФП движется в геометрический центр объекта.

2. В случае наличия поглощающей неоднородности НМФП движется в точку симметричную геометрическому центру этой неоднородности относительно центра сферического объекта. Причем с ростом коэффициента поглощения неоднородности и её размера скорость движения НМФП возрастает.

3. В случае наличия рассеивающей неоднородности НМФП движется в её геометрический центр. Причем с ростом коэффициента рассеяния неоднородности и её размера скорость движения НМФП также возрастает.

4. В случае наличия комбинации рассеивающей и поглощающей неоднородностей НМФП движется в соответствии с закономерностями 2 и 3.

Закономерности поведения НМФП в цилиндрических и конических объектах во многом сходны. Разница лишь в том, что для сферического объекта позиция источника излучения на границе объекта не имеет значения, а для цилиндрических и конических – имеет.

Список литературы

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 Electron. – 2014. – Vol. 44. – №2. – pp. 174–181.
2. Proskurin S.G. Using late arriving photons for diffuse optical tomography of biological objects // Quantum Electron. – 2011. – Vol. 41 (5). – p. 402–406.

3. Proskurin S.G., Potlov A.Yu. Early- and late-arriving photons in diffuse optical tomography // Photonics & Lasers in Medicine. – 2013. – Vol.2. – Iss.2. – pp. 139-146, doi:10.1515 /plm-2013-0003

Павлов В.И., Мельник Ю.Б., Муромцева И.Я., Коток А.Ю.

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ЭРГАТИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТОМ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Тамбовский государственный технический университет

vpavl@mail.ru

Возникновение неопределенностей при функционировании информационно-измерительных систем (ИИС) обусловлено, например, действием естественных и организованных помех, приводящих как к скачкообразным, так и постепенным негативным изменениям характеристик объектов и процессов, в управлении которыми задействован эргатический элемент (ЭЭ). Кроме того, к различного вида неопределенностям приводят отказы, в том числе постепенные, аппаратной и программной частей информационных систем.

Возможно также появление скрытых неопределенностей, выражающихся в несоответствии изменения компонентов векторов фазовых координат объектов их действующим моделям. Появление данных неопределенностей является следствием аномальности измерений, выполняемых ИИС.

Разработан вариант системы поддержки принятия решений (СППР), в котором учтено то, что генерирование подсказки должно осуществляться в реальном масштабе времени, подсказка должна быть ориентирована на ЭЭ психический портрет которого близок к «эталонному ЭЭ», а соответствующие процедурные модели являются интуитивно понятными и согласованными с автоматическим вариантом коррекции ССПР. Разработанная структурная схема взаимодействия ЭЭ и СППР показана на рисунке.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-08-00352-а.

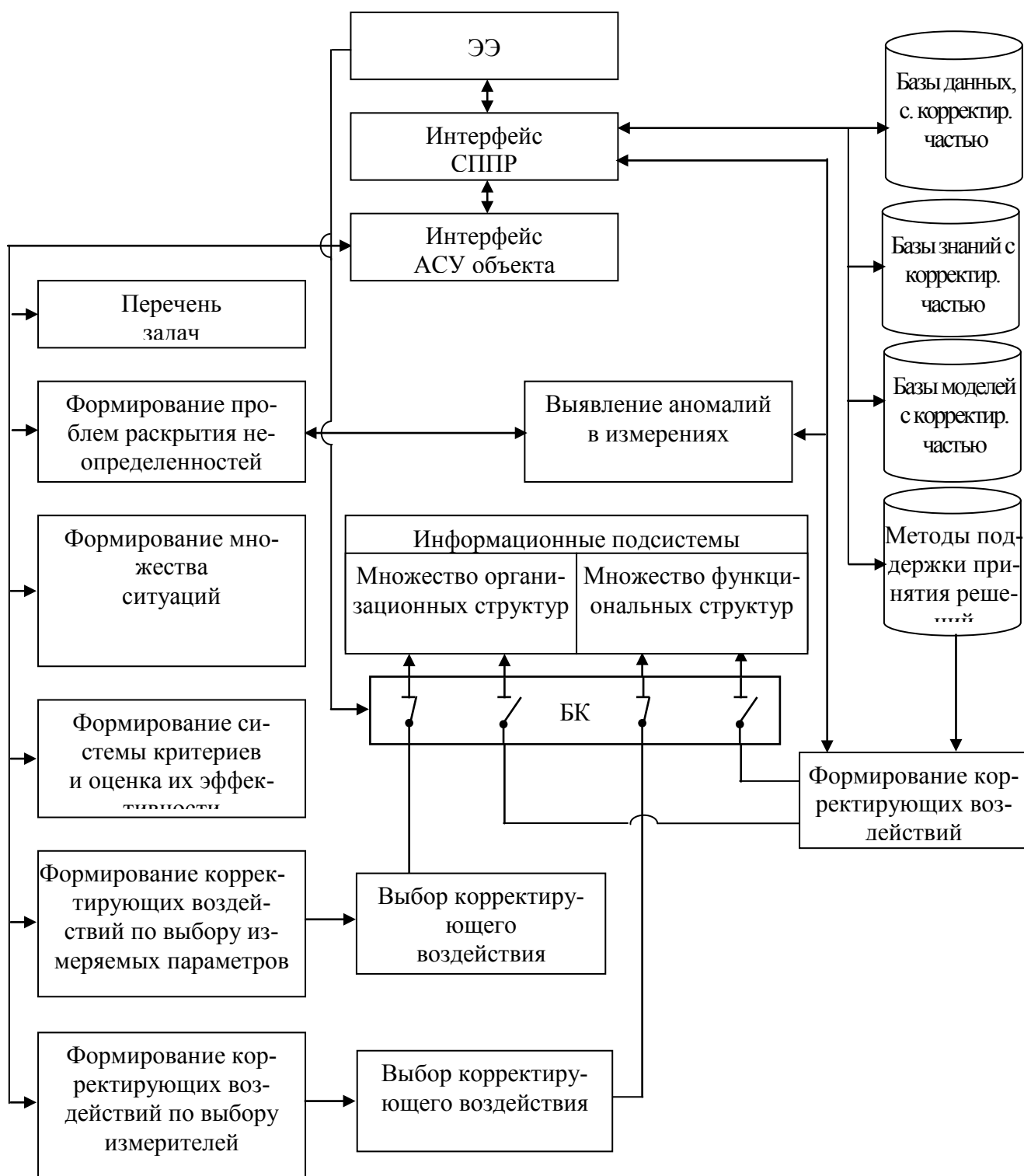


Рис. 1 Структурная схема взаимодействия ЭЭ с системой поддержки принятия решений

Павлов В.И., Мельник Ю.Б., Муромцева И.Я., Коток А.Ю.
ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭРГАТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Тамбовский государственный технический университет

vpavl@mail.ru

Обоснование критериев эффективности функционирования эргатического элемента (ЭЭ) в условиях неопределенности рассматривается на примере функционирования ЭЭ, осуществляющего корректирующие воздействия на информационно-измерительные и управляющие подсистемы (ИИУП), задействованные при управлении объектом (процессом). ИИУП предназначены с одной стороны для получения текущей информации о фазовых координатах управляемых объектов в контролируемом пространстве, а с другой – для выработки управляющих воздействий. Современные ИИУП способны функционировать в автоматическом режиме. Однако, в связи с возможным появлением аномалий в измерениях и, как следствие, неопределенностей в распознавании ситуационной обстановки, неизбежным является автоматизированное функционирование с использованием эвристических способностей ЭЭ для раскрытия неопределенностей. Поэтому критерии эффективности функционирования эрготехнической составляющей ИИУП представляют собой критерии, характеризующие как помехоустойчивость и точность определения компонент векторов фазовых координат объектов информационными подсистемами, так и критерии, характеризующие эффективность корректирующих воздействий ЭЭ на ИИУП.

Традиционно под эффективностью операторской деятельности понимается пропускная способность (быстродействие) – количество обслуживаемых заявок в единицу времени и безошибочность (помехоустойчивость) – способность оператора принимать правильные решения в условиях действия неблагоприятных психологических факторов. К неблагоприятным факторам относятся: новизна ситуационной обстановки, внезапное появление аномалий в измерениях, дефицит времени на принятие решения, высокая интеллектуальная сложность разрешения возникающих неопределенностей, высокий темп действий и необходимость совмещения нескольких видов деятельности.

Разработан вариант автоматизированной коррекции ИИУП, который предполагает использование подсказки со стороны системы поддержки принятия решений (СППР) ЭЭ при формировании корректирующих воздействий [1]. При этом ЭЭ в случае необходимости корректирует определенную часть баз данных, моделей и знаний СППР. Очевидно, что корректировка СППР и выдача ею подсказки при принятии того или иного решения должны осуществляться в реальном масштабе времени, то есть подсказка должна быть актуальной. Таким образом, к традиционным критериям оценки эффективности деятельности ЭЭ добавляются критерии оценки эффективности СППР. Обязательной составной частью СППР вне зависимости от предметной области будет подсистема автоматического распознавания ситуационной обстановки. Основными критериями эффективности алгоритмического обеспечения подсистемы автоматического распознавания ситуационной обстановки будут: вероятность правильного распознавания складывающейся ситуации из всей совокупности возможных ситуаций при их случайном изменении; время, затрачиваемое на распознавание текущей ситуации.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 12-08-00352-а.

Список литературы

1. Мельник Ю.Б. Интеллектуальная поддержка принятия решений оператором многопозиционной РЛС // Вестник Тамбовского ВВАИУРЭ (ВИ). – 2007. - № 2. – С. 36-41.

Подколзина Л.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕКОМПОЗИЦИИ В УГЛОВОМ КАНАЛЕ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Тамбовский государственный технический университет

Orpo4ki_Lubo4ka@mail.ru

Для определения координат местоположения, параметров движения наземного объекта 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 подвижных наземных объектов (ПНО), определяющие курс, крен и тангаж ПНО. Данные алгоритмы требуют больших вычислительных затрат.

В целях уменьшения вычислительных затрат был применен принцип декомпозиции вектора состояния.

Структурная схема обработки информации в угловом канале, разработанная с использованием декомпозиции вектора состояния представлена на рис. 1.

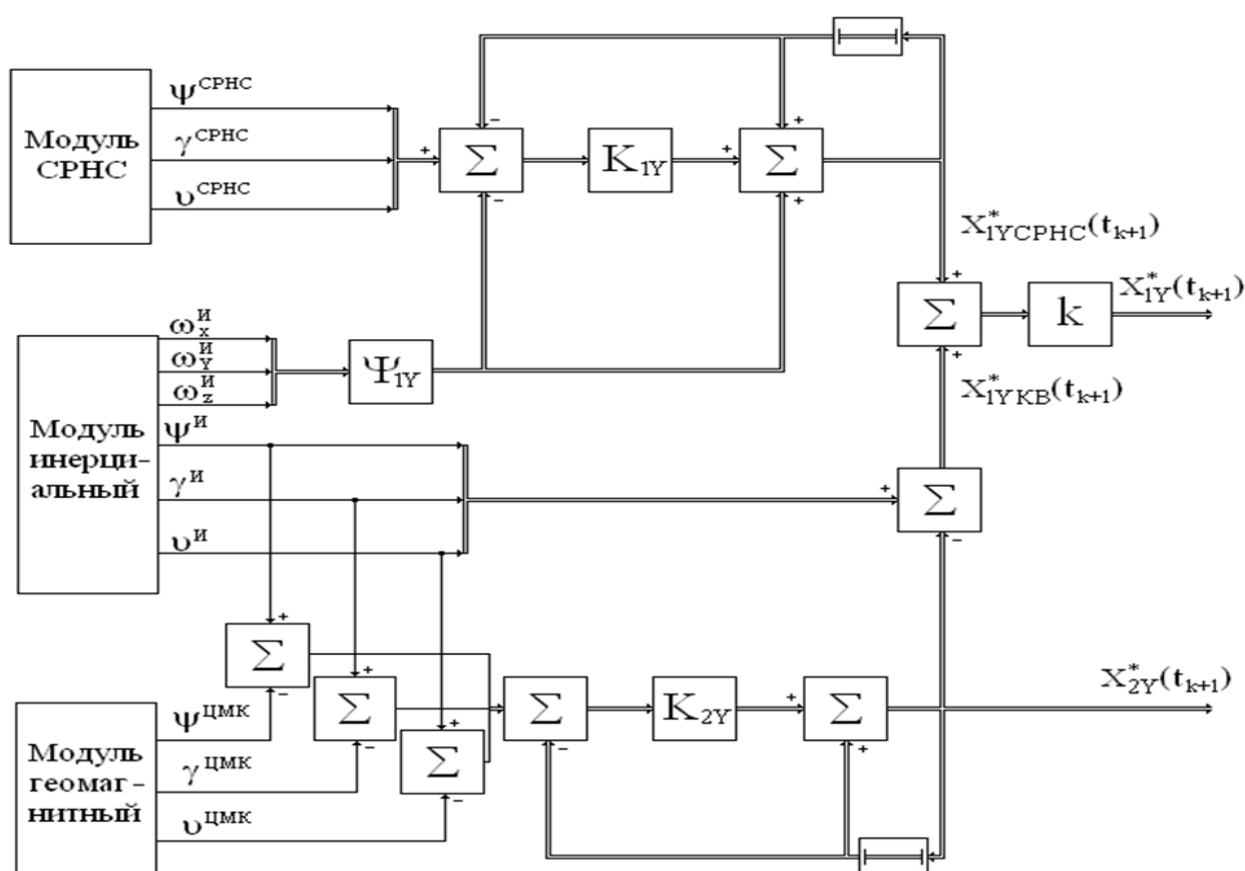


Рис. 1 Структурная схема обработки информации в угловом канале

В состав схемы входят сумматоры, усилители и линии задержки. На вход схемы поступают сигналы с выходов инерциального модуля, модуля на основе спутниковых радионавигационных систем и модуля на основе геомагнитных систем. Схема имеет два канала формирования оценок пространственного положения осей ПНО.

Был проведен расчет вычислительных затрат необходимых для реализации алгоритма, полученного на основе применения принципа декомпозиции вектора состояния. Расчет показал, для

выполнения алгоритма требуется: 282 операции умножения и 285 операций сложения. Разработанный алгоритм позволяет уменьшить количество операций умножения в 7 раз и количество операций сложения в 6,5 раз.

Список литературы

2.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.

3.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.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00523 А

Промтов М.А., Алешин А.В., Степанов А.Ю.

РАСЧЁТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА

Тамбовский государственный технический университет

mahp@tambov.ru

Роторные импульсные аппараты (РИА) относятся к гидродинамическим преобразователям механической энергии в энергию пульсаций потока жидкости. Расчёт гидродинамических параметров РИА основан на уравнении Бернулли, записанном в нестационарной форме:

$$l \cdot \frac{dV}{dt} + \lambda(t) \cdot \frac{l \cdot V^2}{2 \cdot d_s} + \xi(t) \cdot \frac{V^2}{2} + \frac{B(t) \cdot v \cdot V}{2 \cdot d_s} = \frac{\Delta P}{\rho},$$

где: $l = l_c + \delta + l_p$ - суммарная длина канала статора, зазора и канала ротора (эквивалентная длинна), м; δ - величина зазора между ротором и статором, м; $V(t)$ - средняя по сечению канала статора скорость потока жидкости, м/с; $\lambda(t)$ - коэффициент гидравлического сопротивления трения; d_s - эквивалентный диаметр канала статора, м; $l_{c,p}$ - длина канала ротора, статора, м; $\xi(t)$ - суммарный коэффициент местного гидравлического сопротивления; $B(t)$ - коэффициент гидравлического сопротивления, учитывающий потери напора, линейно зависящие от скорости потока; v - коэффициент кинематической вязкости жидкости, м/с²; $\Delta P = P_p - P_c$ - общий перепад дав-

ления между полостью ротора и камерой статора, Па; P_p - давление в полости ротора, Па; P_c - давление в камере статора, Па; ρ - плотность жидкости, кг/м³.

Численное решение уравнения Бернулли позволяет определить зависимости dV/dt , $V(t)$, по которым можно определить значения кинематических и динамических параметров потока жидкости, необходимые для расчета энергии импульса давления, генерируемого в канал статора, а также интенсивности акустического излучения.

Интенсивность акустического излучения рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{E_{\text{и}}}{t_1 \cdot S_c} = \frac{\rho \cdot S}{2 \cdot \pi \cdot c \cdot t_1} \int_0^{t_1} \left(\frac{dV}{dt} \right) dt.$$

Удельная энергия импульса давления определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{и}}}{t_2 \cdot v \cdot \rho} = \frac{S^2}{2 \cdot \pi \cdot c \cdot t_2 \cdot v} \int_0^{t_1} \left(\frac{dV}{dt} \right)^2 dt,$$

где: $v = S \cdot \int_0^{t_1} (V(t)) dt$ - объем жидкости, входящей в канал статора при его совмещении с каналом ротора, м³; $E_{\text{и}}$ - энергия импульса давления; c - скорость звука в жидкости, м/с; S - площадь поперечного сечения канала статора, м²; t_1 - время генерирования импульса давления, с; t_2 - время нахождения объема жидкости в канале статора, с.

На рис.1. представлена зависимость удельной энергии импульса давления (ε) и интенсивности акустического излучения (I) от зазора между ротором и статором - δ и скорости перекрытия каналов РИА - ωR_p .

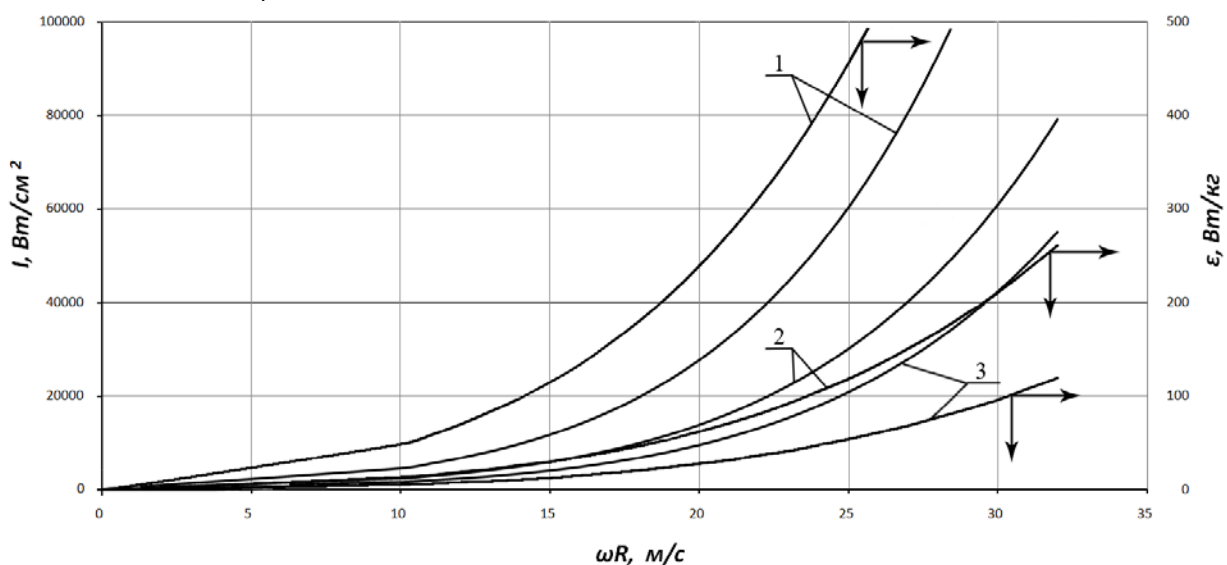


Рис.1. Зависимость удельной энергии импульса давления и интенсивности акустического излучения от δ и ωR_p . 1 - при $\delta = 0,0001$ м; 2 - при $\delta = 0,0002$ м; 3 - при $\delta = 0,0003$ м.

Анализируя зависимости на рис.1, можно сделать вывод, что чем больше значение скорости ωR_p и меньше величина зазора δ , тем выше параметры энергетических характеристик, определяющих эффективность работы РИА. В то же время, при увеличении параметров энергетических характеристик возрастает величина энергии, необходимой для работы РИА. Для выбора оптимальных значений энергетических характеристик необходимо выполнение оптимизирующих расчетов с противоречивыми критериями.

Пушница К.А.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕ-
НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КИСЛО-
РОДНО-КОНВЕРТЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Липецкий государственный технический университет

kostpa@mail.ru

Для исследования коммутационных перенапряжений в системе электроснабжения кислородно-конвертерного производства необходима адекватная имитационная модель, отражающая основные процессы, возникающие при срабатывании коммутационного аппарата. Основными приемниками электрической энергии кислородно-конвертерного производства являются асинхронные двигатели и нагрузки комплектных трансформаторных подстанций. Так как асинхронный двигатель обладает существенно меньшим запасом электрической прочности изоляции, чем трансформатор, то в дальнейшем именно он выступал в качестве объекта исследования. Для построения имитационной модели системы использовался пакет Matlab.

При построении моделей элементов электрической системы учитывались их активные, индуктивные и емкостные сопротивления. Для кабельных линий учитывалось распределение сопротивлений по длине линии и зависимость активного сопротивления от частоты – так называемый скин-эффект. Для электродвигателя дополнительно применялись емкости между фазами, а также между фазами и землей. Учитывалось затухание магнитного потока в стали на частоте свободных колебаний. Затухание значений напряжения и тока в кабельной линии и двигателе на высоких частотах моделировалось подключением при соответствующих режимах сопротивления, величина которого выбиралась пропорционально величине затухания на частоте свободных колебаний. Ос-

циллограммы рассматриваемых процессов, полученных на модели, приведены на рис.1.

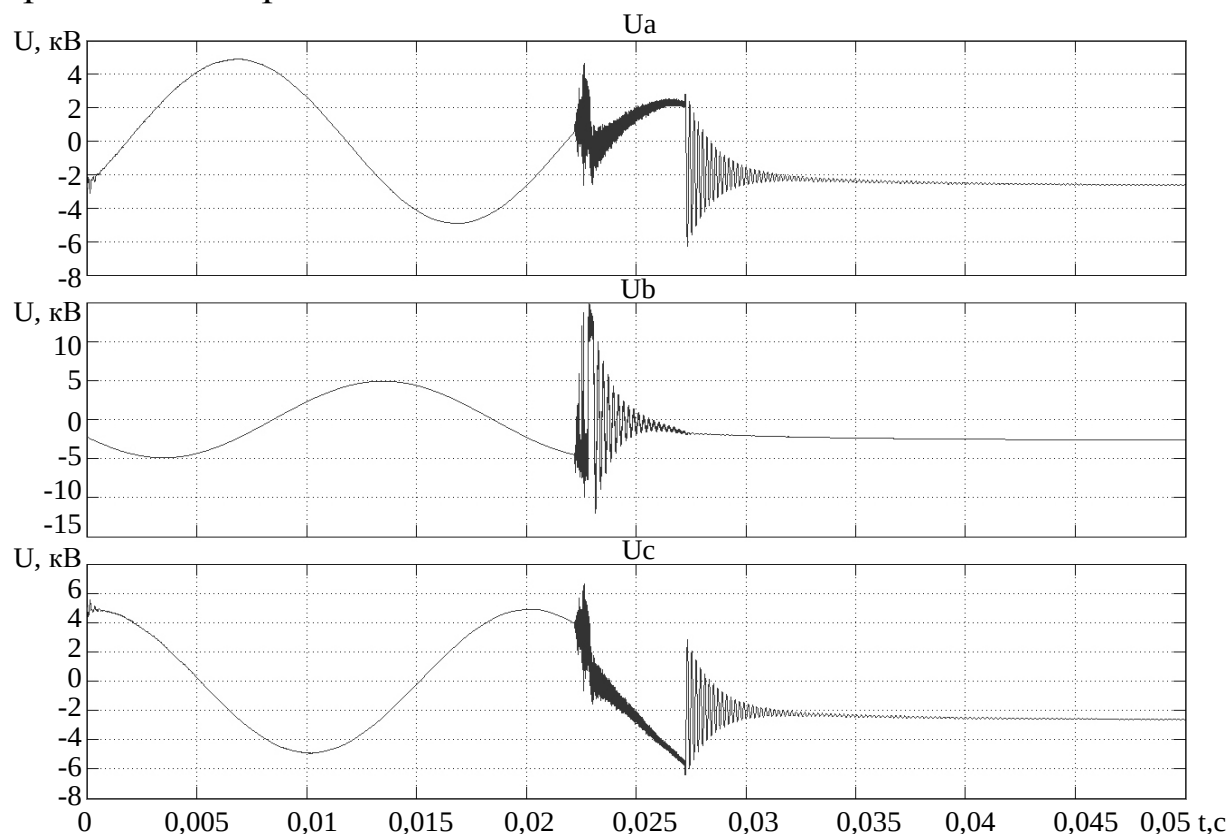


Рис.1. Изменение напряжения в точке после выключателя ($P=320$ кВт, кабель 25м)

С помощью разработанной имитационной модели было исследовано влияние различных факторов на процесс перенапряжений. Это позволяет спроектировать рациональную систему электроснабжения в отношении защиты от коммутационных перенапряжений.

Список литературы

1. Евдокунин Г.А. Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения (технические преимущества и эксплуатационные характеристики)/ Г.А. Евдокунин, Г. Тилер. - СПб.: Издательство Сизова М.П., 2002. - 148 с.
2. Качесов, В.Е. Перенапряжения при коммутации вакуумными выключателями двигательной нагрузки и их мониторинг / В.Е. Качесов, С.С. Шевченко, С.А. Борисов // Ограничение перенапряжений и режимы заземления нейтрали сетей 6-35 кВ: Труды Третьей Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск, 2004. – С.90 – 96.

Ронжин Д. И.
ДОКУМЕНТАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ООО «ЭТАЛОН»

Тамбовский государственный технический университет
hector.tmb@gmail.com

Актуальность автоматизации документооборота ныне не вызывает сомнения, т.к. повышается эффективность внутренних и внешних бизнес-процессов, сокращаются различные издержки, связанные с логистикой документов и штатом сотрудников.

Несмотря на большое количество разработанных информационных систем документооборота, процедура оценки повреждений автомобильного транспорта до сих пор осуществляется вручную.

Нами предпринята попытка разработать и внедрить документационную информационную систему для ООО «Эталон», позволяющую принимать заявки от клиентов этой фирмы, распределять их обработку в различные отделы, занимающиеся оценкой повреждений автомобилей, и вести внутренний документооборот.

В процессе проектирования и разработки решены следующие задачи:

- 1) изучен внутренний документооборот организации;
- 2) описаны исполнители в документационной деятельности и необходимые реквизиты типовой заявки;
- 3) проанализированы варианты движения заявок от клиента к исполнителю и внутри отделов организации;
- 4) определен круг полномочий пользователей ИС и действия, которые они могут совершать с заявкой;
- 5) разработана техническая документация;
- 6) разработана информационная система;

Информационная система разработана по принципу внедрения зависимостей (Dependency injection). Она включает множество не связанных друг с другом модулей и ядро программы, которое связывает все модули в ИС через программные интерфейсы. Это позволяет производить автоматическое тестирование системы на наличие ошибок и использовать модули системы при дальнейшем расширении функционала ИС [1].

Интерфейс представлен в виде web-приложения и размещен в сети Internet.

Основные модули ИС:

1. Пользователи ИС — в модуле содержатся методы для создания, редактирования профилей пользователей и действия, которые могут совершать пользователи в зависимости от состояния заявки, роли пользователей в структуре ИС (директор, начальник отдела, работник отдела, клиент). Используется принцип управления доступом на основе ролей (Role Based Access Control) для гибкого связывания пользователей и действий, которые они могут выполнять в ИС [2].

2. Заявки — методы для создания, редактирования, удаления заявок и действия с заявками (определения сумм ущерба, добавления документов, утверждения заявок, история заявок и т. д.)

3. Анализ и распределение заявок — анализирует содержание заявки и распределяет на исполнение ответственному работнику.

4. Статистика — выводит на экран статистику по количеству заявок и результаты оценки экспертов.

Разработанная документационная информационная система внедрена на ООО «Эталон» и активно используется. Применен ряд технологий и шаблонов, среди которых внедрение зависимости, управление доступа на основе ролей и др. В дальнейшем планируется введение нового функционала, позволяющего анализировать работу экспертов и формировать базу знаний в области автомобильной экспертизы. Это позволит повысить уровень экспертизы и уменьшить срок обработки заявки.

Список литературы

1. Макаров, А. С. Уї. Сборник рецептов/А. С. Макаров - СПб. :ДМК пресс, 2013. -372с.: ил.

2. Вендров, А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем/А. М. Вендров - 2-е изд., -М.: Финансы и статистика, 2006. - 544с.: ил.

Рыжов А.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПО ПОЛЕТНЫМ ДАННЫМ

Военный авиационный инженерный университет, Воронеж

Существенное значение для оценки реальных возможностей локационных систем наблюдения (ЛСН) имеет исследование их функционирования в реальных условиях. Реальный полет самолета

описать довольно сложно и, тем более, моделировать, основываясь только на его статистических характеристиках. Наиболее точные данные и достоверная проверка качества функционирования ЛСН могут быть получены только при проверке алгоритма на самолете в реальном полете с имитацией воздушного боя.

Часто используемые модели движения летательных аппаратов в виде детерминированных отрезков прямых и кривых линий обладают общим недостатком: они не отражают всех особенностей движения реального объекта. Мало того, в местах стыковки разных кривых возникают резкие выбросы высших производных изменяющихся во времени координат, чего в реальности не наблюдается. Следовательно, траектория движения летательного аппарата может казаться гладкой, но при этом существуют резкие выбросы ошибок следящих систем в местах стыковки кривых.

Применяя различные способы сглаживания очень трудно задать то сочетание величин высших производных, которое характеризует реальную траекторию, ибо оно чаще всего не известно заранее.

Решить все эти проблемы удастся, если задавать движение цели на основе данных о параметрах полета, которые регистрировались бортовыми средствами объективного контроля (СОК) самолета. СОК контролируют величины вертикальной n_y , продольной n_x , поперечной n_z перегрузок, воздушной скорости V , барометрической высоты H , угла наклона траектории к горизонту θ , угла отклонения вектора скорости в горизонтальной плоскости ψ , крена γ и др.

В модели использовались параметры, необходимые для расчета ортодромических координат самолета – цели. Далее полученные координаты могут быть пересчитаны, например, в полярную систему координат (дальность, азимут), так как РЛС работает именно с ней.

После расшифровывания результатов параметры полета представляются цифровыми массивами.

Моделирование траектории движения самолета в ортодромической системе координат производился на основе системы уравнений пространственного движения самолета вида:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= g(n_x \cos \beta + n_z \sin \beta - \sin \theta); \\ \frac{d\theta}{dt} &= \frac{g}{V}(n_y \cos \gamma + n_x \sin \beta \sin \gamma - n_z \cos \beta \sin \gamma - \cos \theta); \\ \frac{d\varphi}{dt} &= -\frac{g}{V}(n_y \sin \gamma - n_x \sin \beta \cos \gamma + n_z \cos \beta \cos \gamma). \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= V \cos \theta \cos \varphi; \\ \frac{dy}{dt} &= V \sin \theta; \\ \frac{dz}{dt} &= -V \cos \theta \sin \varphi. \end{aligned} \right\}$$

где $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ - пространственные координаты самолета, $V(t)$ - продольная скорость самолета, $\theta(t)$ - угол наклона траектории к горизонту, $\gamma(t)$ - угол крена, $\varphi(t)$ - угол отклонения вектора скорости в горизонтальной плоскости, $\beta(t)$ - скольжения, g - ускорение свободного падения, $n_x(t)$ - продольная перегрузка, $n_y(t)$ - вертикальная перегрузка, $n_z(t)$ - горизонтальная перегрузка.

Вышеприведенные уравнения являются неоднородной системой дифференциальных уравнений относительно неизвестных функций при заданных управляющих функциях $\gamma(t)$, $n_x(t)$, $n_y(t)$, $n_z(t)$, $\beta(t)$.

Далее можно произвести пересчет траектории в полярную систему координат. Тогда дальность до цели может быть определена на основе выражения

$$D(k) = \sqrt{x^2(k) + y^2(k) + z^2(k)},$$

скорость сближения

$$V_{сб}(k+1) = \frac{D(k+1) - D(k)}{\Delta T},$$

угловая скорость линии визирования

$$\omega(k+1) = \frac{\arctg\left(\frac{x(k+1)}{z(k+1)}\right) - \arctg\left(\frac{x(k)}{z(k)}\right)}{\Delta T},$$

где ΔT - период дискретизации.

Следует учитывать, что такое преобразование вносит дополнительную погрешность. Результирующая величина погрешности рассчитывалась по формуле

$$\delta_p = \sqrt{\delta_{дв}^2 + \delta_{ПК}^2 + \delta_H^2},$$

где $\delta_{дв}$ - погрешность решения дифференциальных уравнений, $\delta_{ПК}$ - погрешность пересчета координат, δ_H - суммарная погрешность натурной части. Результирующая погрешность определения траектории полета цели составляет величину - 9%.

Таким образом, разработанная методика создания модели для испытаний ЛС позволяет повысить достоверность оценки характеристик и сократить сроки и стоимость испытаний радиоэлектронных систем.

Рябов А.В., Пресняков М.Ю.

АДАПТИВНЫЕ РАДИОЛИНИИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ СЛОЖЕНИЕМ МОЩНОСТИ ПЕРЕДАТЧИКОВ

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

Несмотря на очевидные достоинства декаметровой (ДКМ) радиосвязи, ее качество существенно снижается вследствие стохастичности радиоканала, обусловленной, в основном, замираниями сигналов при ионосферном распространении и высоким уровнем станционных помех [1]. В этих условиях одновременное обеспечение устойчивости связи, электромагнитной совместимости (ЭМС) и энергетической эффективности (ЭЭ) радиолиний является противоречивой задачей оптимизации, решение которой возможно только на основе адаптивного управления структурой и алгоритмами функционирования радиолиний, параметрами ее элементов [1].

Обеспечение устойчивости ДКМ радиосвязи связано с обеспечением превышения отношением сигнал/шум q на входе приемника радиолинии требуемого значения $q_{\text{тр}}$ при котором обеспечивается заданная вероятность правильного приема $P(q \geq q_{\text{тр}})$. Этого можно добиться либо увеличением отношения сигнал/шум на входе приемника, либо минимизацией требуемого значения $q_{\text{тр}}$.

Увеличение отношения q на входе приемника может быть обеспечено либо увеличением уровня излучаемой мощности, что приведет к снижению ЭМС и ЭЭ, либо увеличением коэффициента усиления антенн [1].

Минимизации требуемого значения $q_{\text{тр}}$ можно добиться увеличением коэффициента усиления антенн при комплексном использовании ретрансляции сигналов, разнесенного приема, компенсации помех. При этом, появляется возможно адаптивно снизить уровень излучаемой мощности, а, следовательно, повысить ЭМС и ЭЭ [1].

Таким образом, повышение эффективности ДКМ радиолиний предлагается на основе адаптивного управления диаграммой направленности антенн. Реализация такого управления возможна в адаптивных фазированных антенных решетках (АФАР) [1, 2]. Однако создание таких антенных систем затруднительно из-за больших геометрических размеров и площадок для их развертывания [1].

Решение указанной проблемы предлагается на основе рассмотренного в [2] метода пространственного сложения мощности передатчиков ДКМ радиостанций, структурно объединяемых в АФАР для ретрансляции сигналов. В процессе ретрансляции обеспечивается выбор свободных радиостанций и синхронизация их передатчиков для синфазного сложения ретранслируемых сигналов в точке приема. Совокупность таких ретрансляторов физически представляет АФАР ДКМ диапазона с распределенными в пространстве излучателями [2]. Выбор количества и пространственного расположения ретрансляторов осуществляется таким образом, чтобы сформировать узкую диаграмму направленности, самофокусирующуюся в направлении точки приема и обеспечить уровень отношения сигнал/шум в точке приема, достаточный для обеспечения устойчивой связи [2]. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность адаптивного управления энергетическим ресурсом ДКМ радиолиний для повышения ЭМС и энергетической эффективности ДКМ радиолиний.

Список литературы

1. Рябов А.В., Федюнин П.А. и др. Управление мощностью передающих устройств автоматизированных линий декаметровой радиосвязи. Монография. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 140 с.
2. Рябов А.В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков декаметрового диапазона // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический, и учебно - методический журнал. – М: Наука и технологии, 2012. № 9. – С. 22-28.

Рябов А.В., Федюнин П.А

ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ДЕКАМЕТРОВОЙ 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, fpa1@yandex.ru*

Основной особенностью декаметровой (ДКМ) радиосвязи является многолучевой характер распространения радиоволн при ионосферном распространении и связанные с ним замирания сигналов в точке приема. В этих условиях обеспечение устойчивой радиосвязи основывается, в основном, на увеличении уровня излучаемой мощности [1]. Из уравнения передачи [1] следует, что альтернативой увеличения излучаемой мощности является использование высоконаправ-

ленных антенн с узкой диаграммой направленности. Однако, в ДКМ диапазоне их создание сталкивается с известными трудностями. При этом увеличение уровня излучаемой мощности при использовании слабонаправленных антенн существенно снижает энергетическую эффективность ДКМ радиолиний.

В настоящее время повышение устойчивости ДКМ радиосвязи основывается на создании автоматизированных радиолиний с адаптивным управлением параметрическим, алгоритмическим и структурным ресурсом [1]. Наибольший интерес представляют методы, основанные на ретрансляции сигналов, разнесенном приеме, компенсации помех, использовании помехоустойчивых сигнально-кодовых конструкций. Данные методы позволяют снизить воздействие помех на приемный тракт, а, следовательно, повысить отношение сигнал/помеха в точке приема. Это создает предпосылки для пропорционального снижения уровня излучаемой мощности, а, следовательно, для более эффективного использования энергетического ресурса радиолиний.

Таким образом, актуальной задачей является реализация адаптивного управления уровнем излучаемой мощности с учетом состояния радиоканала.

Реализация адаптивного по мощности канала ДКМ радиосвязи возможна на основе комплексного подхода, минимизирующего недостатки известных способов управления мощностью. Для его обеспечения к передатчику должен быть предъявлен ряд требований [1], основными из которых являются модульный принцип построения оконечного усилителя мощности передатчика; возможность ступенчатой перестройки мощности путем коммутации усилительных модулей; реализация плавной регулировки мощности в рамках дискретного шага регулировкой уровня напряжения возбуждения усилителя; реализация устройства оценки состояния радиоканала, расчета требуемого уровня мощности и выработки управляющих сигналов на его изменение (устройства управления). При этом, основным недостатком известных методов управления мощностью является снижение коэффициента полезного действия (КПД), а, следовательно, и надежности усилительных приборов [1].

Устранение этого недостатка возможно путем адаптивного управлением потребляемой мощностью. При этом, уровень питающих напряжений, подаваемых на усилительные приборы оконечного каскада должен пропорционально изменяться при изменении выходной

мощности. При реализации такого управления, для выпрямительного устройства необходимо формирование управляющего воздействия одновременно с управляющими сигналами на изменение мощности. Это позволит обеспечить высокий КПД усилителя во всем диапазоне уровней излучаемой мощности.

Таким образом, реализация адаптивного управления уровнем излучаемой мощности в рамках комплексного применения методов многопараметрической, структурной и алгоритмической адаптации, открывает возможности наряду с обеспечением устойчивости, повысить энергетическую эффективность ДКМ радиолиний.

Список литературы

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

Рябышенков А.С.

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.

*Национальный исследовательский университет
“Московский институт электронной техники”
RYABYSHENKOV@mail.ru*

Повышение энергоэффективности функционирования систем воздухоподготовки для производства изделий микро – и наноэлектроники подразумевает разработку и практическую реализацию системы кондиционирования и фильтрации воздуха в чистых помещениях (ЧП), отличительной особенностью таких систем является тепло-влажностная обработка и многоступенчатая фильтрация воздуха, обеспечивающая прецизионную его доводку в соответствии с заданным классом чистого помещения.

Центральный кондиционер (ЦК) в общей схеме воздухоподготовки чистых помещений для производства изделий микро – и наноэлектроники предназначен для тепло-влажностной обработки поступающего наружного воздуха и подачи его в ЧП. Тепло-влажностная обработка воздуха в ЦК включает в себя следующие этапы : очистку наружного воздуха, нагрев, охлаждение, увлажнение, осушение, систему шумопоглощение, автоматическое регулирование параметров воздуха, а также подачу подготовленного воз-

духа к конкретному ЧП в соответствии с заданным классом чистоты по ГОСТ Р ИСО 14644 “Чистые помещения и связанные с ними контрольные среды”.

В настоящее время центральные кондиционеры, предназначенные для установления и поддержания необходимых метеорологических параметров в ЧП высоких классов обеспечивают строгие требования по точности поддержания температуры, влажности и чистоты воздуха. Анализ литературных источников показал, что мировые производители ЦК / фирмы

“STULZ”, “DAIKIN”, “EMERSON”, “CLIMAVENETA”, “UNFLAIR”, “NORDVENT” / при функционировании кондиционеров при температуре наружного воздуха от $+50^{\circ}\text{C}$ до -60°C достигли следующих показателей, а именно: точность поддержания температуры $\pm 1^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $\pm 5\%$. При этом надо иметь в виду, что производство изделий микро- и наноэлектроники с топологическим размером менее 90мм предполагает соблюдение более жестких требований к параметрам внутрипроизводственной среды. Поэтому для достижения данной цели необходимо предусмотреть в общей схеме воздухоподготовки установку дополнительной системы доводки параметров воздуха (фанкойлы и др.).

Все центральные кондиционеры можно разбить на три основных вида:

- 1) Прямоточные ЦК (производит подачу и обработку наружного воздуха);
- 2) ЦК с рециркуляцией воздушного потока (происходит смешивание наружного и рециркуляционного воздуха, поступающего из ЧП с последующей его очисткой (в соотношении 1:10);
- 3) ЦК с теплоутилизацией (использование теплоты отведенного воздуха).

Необходимо иметь в виду следующий факт, что при производстве изделий микро- и наноэлектроники используется большое количество различных технологических энергоносителей (газов, кислот, щелочей и т. п.) и из-за попадания загрязненного воздуха в общую систему кондиционирования и фильтрации воздуха целесообразнее всего использовать прямоточные центральные кондиционеры, т.е. в определенных случаях отказываться от рециркуляции воздуха в ЧП.

Таким образом, задача повышения эффективности функционирования систем кондиционирования воздуха в ЧП представляет

собой сложную технико-экологическую проблему, решение которой зависит от множества различных факторов.

Список литературы

1. Ананьев В.А. , Балужева А.Н. , Мурашко В.П. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Евроклимат, 2008. – 504

Рябышенков А.С.

**СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ
СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ
ВОЗДУХА В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

ryabyshenkov@mail.ru

Использование чистых помещений (ЧП) в высокотехнологических производствах должно однозначно отвечать соответствующим требованиям по своему назначению, надежности, качеству и безопасности. Производство изделий микро- и нанoeлектроники с топологическим размером элементов менее 90 нм предполагает строгое соблюдение параметров внутрипроизводственной среды в ЧП (температура, влажность, кратность воздухообмена, чистота воздуха и др.). Так, согласно технологическим требованиям и стандарт ГОСТ ИСО 14644-1-2002 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды» в чистых помещениях класса 1 ИСО необходимо контролировать частицы размером 0,1 мкм с концентраций 10 частиц в 1 м³, точность поддержания температуры $\pm 0,5$ °С, относительной влажности ± 3 %, скорость воздуха 0,45 м/с, кратность воздухообмена 200 раз/час. Как с экономической, так и с технической стороны, поддержание параметров внутрипроизводственной среды в таких жестких пределах - дорогостоящее мероприятие. Поэтому, при проектировании и эксплуатации ЧП необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- 1) Тщательный анализ исходных технологических требований к классу ЧП (чем выше класс, тем выше затраты на эксплуатацию).
- 2) Использование по возможности локальных чистых зон в общем объеме ЧП.
- 3) Иметь постоянный открытый контакт между проектировщиком, поставщиком и пользователем чистого помещения.
- 4) Надежность и удобство при эксплуатации системы кондиционирования и фильтрации воздуха (СКФВ).

- 5) Минимизация эксплуатационных затрат на обслуживание ЧПП;
- 6) Повышение энергоэффективности СКВФ.
- 7) Обеспечение безопасности и комфорта персонала.

Если предположить, что количество вредностей при проведении технологических процессов производства изделий микро- и нанoeлектроники отсутствует, т.е. система доводки и обработки воздуха в общей СКФВ полностью выполняет свою функцию (рис.1). Максимальную экономию энергозатрат СКФВ можно добиться за счет рециркуляции воздуха (РК). При этом минимизация приточного наружного воздуха снижает затраты энергии на подогрев, охлаждение, увлажнение и осушение.

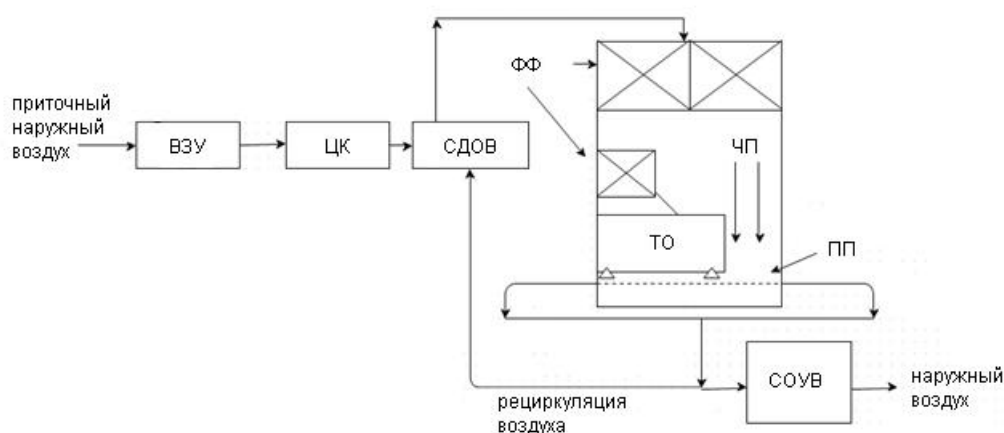


Рис.1 Система кондиционирования и фильтрации воздуха:

ВЗУ – воздухозаборное устройство; ЦК – центральный кондиционер; СДОВ – система доводки и обработки воздуха; ФФ – финишные фильтры; ЧП – собственно чистое помещение; ПП – перфорированный пол; ТО – технологическое оборудование; СОУВ – система обработки и удаления воздуха.

Использование рециркуляции воздуха в ЧП высоких классов (1 ИСО соотношение приточного наружного воздуха и РК $\sim 1:10$) не только экономит энергозатраты на СКФВ, но и значительно увеличивают срок службы финишных фильтров.

Как было сказано выше, затраты на эксплуатацию чистых помещений напрямую зависят от уровня чистоты помещения (класса ЧП). Следовательно, можно предложить ряд способов, которые могли бы значительно снизить расходы на энергию и эксплуатацию чистых помещений, а именно:

- 1) Снижение расхода воздуха в СКФВ в нерабочее время.
- 2) Оптимальное соотношение приточного наружного и рециркуляционного воздуха в ЧП.

- 3) Использование отводимого тепла СКФВ.
- 4) Выбор высокоэффективных элементов СКФВ (воздуховоды, вентиляторы, финишные фильтры и др.).
- 5) Применение автоматической системы контроля параметров СКФВ.

Список литературы

1. Ларионов Н.М. Рябышенков А.С. Суханов В.С. Оценка температурного режима производственного помещения при переменной тепловой нагрузке «Энергосбережение и водоподготовка» №1, М., 2011
2. Чистые помещения. Под ред. А.Е. Федотова. М. АСИНКОМ, 1998.-320.

Рязанов И.Г., Аль-Баяти М.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Тамбовский государственный технический университет
chief.ryazanoff2012@yandex.ru

Современные энергоэффективные системы состоят из множества функциональных элементов, усложняющих возможность оперативного ремонта и технического обслуживания (ТО) данных систем. Для снижения затрат на поддержание работоспособности систем применяют комплексы контроля и прогнозирования технического состояния системы, основанных на методах обслуживания по фактическому состоянию.

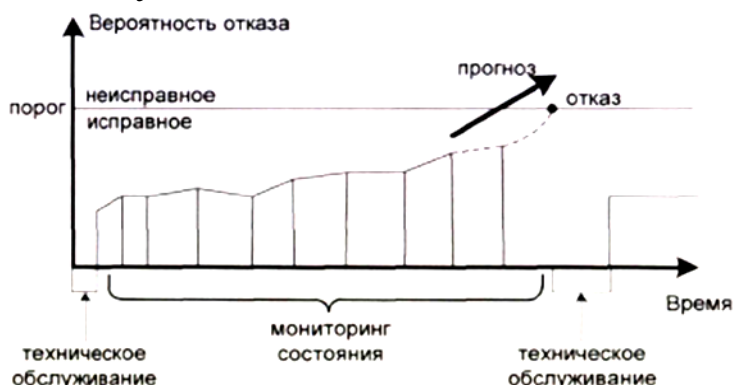


Рис. 1 Схема обслуживания оборудования по техническому состоянию.

Проведение технического обслуживания в этом случае производится только при необходимости в связи с наступлением высокой вероятности отказа системы. Тем самым не нарушается работа исправного механизма из-за вмешательства человека.

Целью технического обслуживания по фактическому состоянию является повышение надежности и снижение эксплуатационных расходов, при этом назначают необходимые работы по ТО в зависимости от фактического технического состояния конкретного объекта и предполагаемого изменения его состояния в процессе эксплуатации.

Реализация данного способа обслуживания возможна благодаря применению методов вероятностного прогнозирования, реализуемых при помощи байесовских сетей (БС) и скрытых марковских моделей (СММ).

Структура БС определяется ориентированным графом, не имеющим направленных циклов. Вершины графа соответствуют переменным (случайным величинам). Дуги соединяют вершины, представляющие переменные, находящиеся в причинно-следственных взаимоотношениях, и направлены от родительских вершин к дочерним.

Распределение вероятностей с помощью БС представляется в виде:

$$P(w_1, \dots, w_d) = \prod_{i=1}^d P(w_i | pa(w_i)), \quad (1)$$

где $pa(w_i)$ - совокупность родительских переменных для переменной w_i , d - количество переменных, равное числу вершин графа БС. Таким образом, учет информации о причинно-следственных связях между отдельными переменными позволяет обеспечить более компактное, чем в общем случае, представление совместного распределения.

В исследовании надежности изделий, содержащих электронные компоненты, теория марковских процессов получила весьма широкое применение, поскольку появляется возможность введения произвольной функции распределения времени наработки на отказ и времени восстановления [1, 2].

Один из развивающихся способов моделирования заключается в использовании динамических байесовских сетей (ДБС). Динамическая байесовская сеть может быть представлена как пара $\{B_1, B_2\}$, где B_1 — байесовская сеть, задающая априорное распределение $P(w(1))$; B_2 — байесовская сеть, состоящая из двух слоев и определяющая вероятности переходов

$$P(w(n) | w(n-1)) = \prod_{i=1}^d P(w_i(n) | Pa(w_i(n))) \quad (2)$$

Здесь $w = [w_1, \dots, w_R]^T$ — вектор случайных величин, используемых для описания стохастической системы; $Pa(w_i(n))$ — множество родительских переменных для i -й переменной.

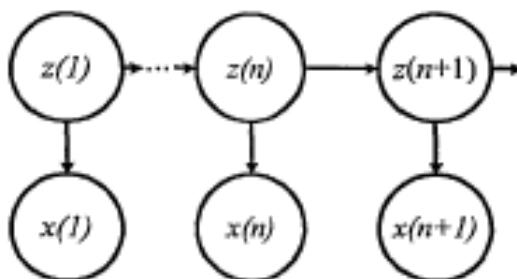


Рис. 2 Графическая модель СММ

Список литературы

1. Ball, N.T. Using historical data and product metrics for early estimation of software failures / N.T. Ball, B. Murphy // Proceedings of the International symposium on software reliability engineering (ISSRE'06). — Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2006. - P.62 - 74.
2. Bratnik, G. Probabilistic expert systems, modeling breakdown procedures / G. Bratnik, A. Kusz, A. Marciniak // Operational dependability of machines'2000: proceedings of the International conference - Prague: Czech university of Agriculture in Prague, 2000. - P. 10-14.

Селиванова З.М, Хоан Т.А.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Тамбовский государственный технический университет

selivanova@mail.jesby.tstu.ru

Проблемы энергосбережения являются актуальными при разработке и эксплуатации информационно – измерительных систем (ИИС) неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств (ТФС) материалов. При контроле ТФС материалов на производстве важно не только получение качественных материалов, но и решение задачи сокращения энергозатрат в ИИС в результате уменьшения токопотребления электронных компонентов ИИС. Предлагаются два направления обеспечения энергосбережения в ИИС: применение компонентов ИИС (измерительного зонда (ИЗ), нормирующего усилителя (НУ), аналого-цифрового преобразователя (НУ), микро-

контроллера (МК), жидкокристаллического индикатора (ЖКИ), блока питания (БП)) с меньшим потреблением тока; отключение ИИС от электрической сети в период паузы при проведении циклических измерений на производстве. При этом решается задача оптимизации сокращения энергопотребления компонентами ИИС при обеспечении точности измерения и алгоритма функционирования ИИС.

На стадии проектирования ИИС определяется аналитическая зависимость энергопотребления структурных компонентов системы

$$W_{\text{ИИС}}(t) = W_i(t) \pm \Delta W_i(t),$$

где $W_i(t)$ - потребление энергии компонентами системы, $i \in \{\text{ИЗ, НУ, АЦП, МК, ЖКИ, БП}\}$; ΔW_i - установленное потребление электроэнергии компонентами ИИС.

Для определения оптимального значения энергопотребления ИИС вводится критерий оптимальности, комплексно учитывающий потери мощности компонентов ИИС и точности контроля ТФС материалов

$$F(E_{\text{ИИС}}, t) = [v_1, \Pi_M(t, M, D) + v_2, \Pi_T(t, M)] \rightarrow \min_{t, M}$$

где $E_{\text{ИИС}}$ – энергосбережение в ИИС, t – время, v_1, v_2 – весовые коэффициенты, Π_M - потери мощности компонентов ИИС, Π_T - потери точности контроля, M - методы определения энергосбережения ИИС, D - воздействующие факторы на ИИС.

Получена зависимость энергосбережения $E_{\text{ИИС}}$ при анализе потребляемой мощности используемых компонентов ИИС, приведенная на рис. 1.

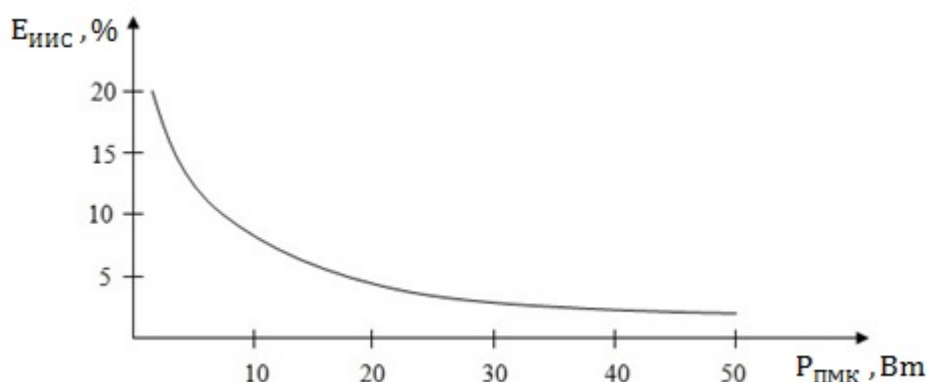


Рис.1. Зависимость энергосбережения ИИС от потребляемой мощности компонентов системы $W_{\text{ИИС}} = f(P_{\text{ПМК}})$

Оценка энергосбережения ИИС НК ТФС выполнена с использованием критерия энергоэффективности системы:

$$K_3 = f(M, W_i, \Delta W_i).$$

Достоверность энергосбережения в ИИС до 20% подтверждена результатами экспериментальных исследований при эксплуатации ИИС НК ТФС материалов.

Список литературы

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. $E_{иис}$ $E_{иис}$

Скоморохов П.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДНО-ФАЗНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РЕЗКОПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

Липецкий государственный технический университет
pavelskomorokhov@mail.ru

На сегодняшний день стремительное развитие технологий и модернизация производства приводит к перегруженности распределительных сетей электрических систем предприятий металлургической отрасли, что, в свою очередь, приводит к значительному влиянию резкопеременных нагрузок на режим системы. Для таких мощных производственных агрегатов, как прокатные станы и дуговые сталеплавильные печи, это явление достаточно критично в плане энергетической эффективности и качества выпускаемой продукции. Функционирование таких нагрузок в ограниченной по мощности системе приводит к значительному ухудшению качества электроэнергии. Возникающие при их работе колебания, отклонения провалы напряжений, перенапряжения, а также высшие гармоники, приводят к сбоям в работе электрооборудования, систем автоматики и защиты, что ведет к значительному экономическому ущербу от недопуска предприятием продукции и повышенного расхода электроэнергии [1].

Разберем подробнее реализацию технологии компенсации. Система состоит из семи блоков (рис. 1). Блок «1» является блоком вывода графической информации о токе и напряжении фазы сети. Он задает эталонную синусоиду напряжения, к которой необходимо стремиться при функционировании такой системы. Одним из ос-

новных блоков является «Fourier» - блок «3». Его функция состоит в том, что он берет информацию о форме и числовых значениях кривой напряжения на нагрузке и раскладывает ее в ряд Фурье, выделяя необходимые нам амплитуду и фазу напряжения. Далее с помощью дополнительных блоков «4» и «5» создаются исходные данные для генерации компенсирующей кривой напряжения, которая будет представлять собой по сути графическую и числовую разницу между эталонной кривой и кривой на нагрузке. Сгенерированная в блоке «6» компенсирующая кривая отображается в осциллографе «7», а поступает в источник FACTS с программируемой функцией задачи кривой напряжения, который, в свою очередь отдает ее в сеть, компенсируя амплитудно-фазные искажения в сети.

Практическая реализация данной технологии для систем питающих дуговые сталеплавильные печи и высокомошные прокатные станы позволит резко повысить качество электрической энергии и эффективность производственного процесса, что приведет к повышению технико-экономических показателей предприятия

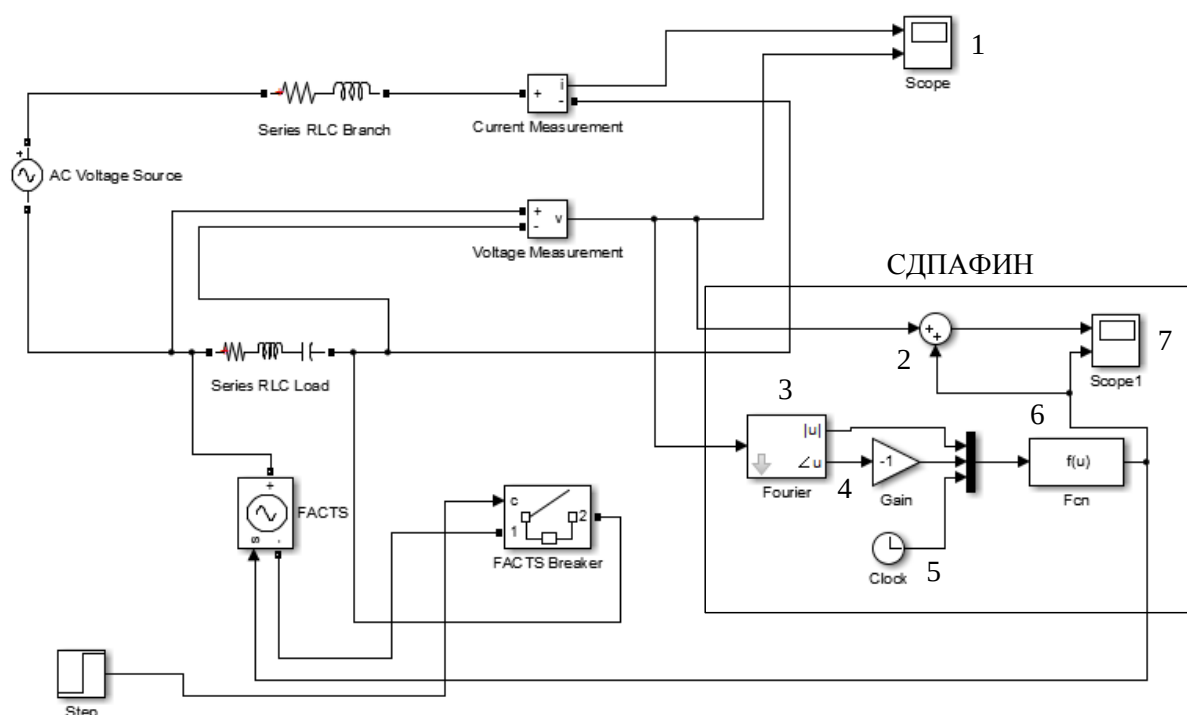


Рис.1. Принципиальная схема СДПАФИН

Список литературы

1. Зацепин Е.П. Особенности функционирования электротехнического комплекса «дуговая сталеплавильная печь – система электроснабжения» // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2012. – №1 – С.18 - 22.

2. Electrical analysis of the steel melting arc furnace / Celada Juan S. // Iron and Steel Engineer. -1993. - 70, №5. - С.35-39.

3. Зацепина, В. И. Анализ провалов напряжения в системах электро-снабжения [Текст] / В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Научный журнал. – 2009 г. –№1 – С. 387–390.

Стародубец А.М.

3D- КОНСТРУИРОВАНИЕ

Национальный исследовательский ядерный университет

«Московский инженерно- физический институт»

alanirelya@yandex.ru

Технологические возможности микро- и нанoeлектроники позволяют воплотить стремление к миниатюризации устройств. В настоящее время различные страны пытаются широко развивать 3D- конструирование, которое в значительной мере способствует экономии места на печатных платах и, как следствие, уменьшению стоимости устройств.

3D- конструирование очень широкое понятие охватывающее, как конструктивные особенности сборки кристаллов, например систем в корпусе, так и сам объемный корпус, примером которого является 3D-MID.

3D-MID представляют собой 3D- основания из литого высоко-температурного термопласта, на котором выполнены 3D-проводники. Основные области применения 3D-MID – это автоэлектроника и устройства и системы телекоммуникаций. Кроме того, они используются в медицинской, компьютерной и бытовой технике.

3D-MID обеспечивает очень высокую гибкость проектирования за счет возможности интеграции электронных, механических и оптических элементов, широких возможностей относительно формы устройства, миниатюризации. Среди других преимуществ этой технологии стоит отметить меньшее число входящих в состав элементов, повышенную надежность, меньшую материалоемкость.

Система в корпусе (СвК) – это комбинация нескольких активных электронных компонентов различной функциональности, собранная в единый модуль, которая обеспечивает реализацию разных функций, обычно выполняемых системой или подсистемой. Система в корпусе может иметь в своем составе пассивные компоненты, МЭМС, оптиче-

ские компоненты и другие корпуса и устройства. Добавим, что акцент сделан не на число транзисторов на одном кристалле, а число различных функций, которые можно объединить вместе.

Кристаллы, применяемые в СвК, могут быть расположены как в планарном монтаже, так и в 3D-сборках на общей подложке.

Под 3D-сборкой понимают расположение кристаллов друг над другом с созданием вертикальных соединений между кристаллами. Преимущества, обеспечиваемые 3D-интеграцией, включают в себя уменьшение размеров системы, сокращение длины межсоединений благодаря замене длинных горизонтальных связей на короткие вертикальные и снижение энергопотребления. Однако 3D-сборке присущи такие недостатки, как высокая сложность проектирования и высокая стоимость. Существуют следующие технологии 3D-интегрированных структур:

- Кристалл на кристалл: отдельные кристаллы совмещаются и соединяются друг с другом.
- Кристалл на пластину: пластины с кристаллами одного уровня разделяются, и кристаллы совмещаются и соединяются с пластиной другого уровня, после чего происходит разделение этой пластины.
- Пластина на пластину: пластины совмещаются и соединяются друг с другом, после чего разделяются.

При стыковке до 8-10 кристаллов современная технология позволяет сборку с высотой прядка 1,2 мм, но требования миниатюризации уже ставят требование к высоте в 1-0,8 мм. Производители обещают, что через 10 лет количество кристаллов в одной сборке увеличится в 2 раза.

Список литературы

1. <http://www.tech-e.ru/index.php>— Технологии в электронной промышленности.

Стасенко К.С., Селиванова З.М.

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
КОНТРОЛЯ ДОМИНИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ ВАТ**

Тамбовский государственный технический университет

kostasenko@yandex.ru

В настоящее время на предприятиях, производящих теплоизоляционные материалы, существует проблема экономии энергетических ресурсов в процессе их производства при определении теплофизических свойств теплоизоляционных материалов, информационно-измерительными системами (ИИС) [1]. Технологический процесс производства минераловатных плит очень сложен и включает следующие операции: подготовка исходного сырья; составление сырьевой смеси нужного минерального, фракционного состава и влажности; получение расплава смеси; получение минераловатного волокна (обработка, распределение, получение формы волокна); контроль режимных параметров; производство изделий из минераловатного волокна; формирование минераловатных плит с заданной теплопроводностью λ [2].

Анализ процесса производства показывает, что решающее влияние на качество продукции и энергозатраты оказывают следующие процессы — это поддержание требуемой температуры окружающей среды (T_{OC}) и относительной влажности (V_{OC}) в помещении, плавка компонентов (C), получение волокна в центрифуге ($S_{ц}$), термообработка (T). С точки зрения энергоэффективности использование частотно-регулируемого привода для управления частотой вращения вентиляторов в устройстве климат-контроля при поддержании необходимого уровня T_{OC} и V_{OC} . Аналогично, высокую эффективность с точки зрения экономии энергоресурсов, можно получить с применением регулируемого привода для турбин центрифуги ($S_{ц}$ до 7000 об/мин). Подобный путь оптимизации процесса производства позволит увеличить КПД двигателя в момент малых нагрузок до 50%, что приведёт к экономии энергии до 10%. Для ускоренного проведения физико-химических процессов для получения компонентов (C и T) при плавке и термообработке используются печи с применением парового нагрева, что сопровождается существенным уровнем нагрева (до 1500°C) и повышенном давлении. Повысить энергоэффектив-

ность процесса термообработки и плавки компонентов можно путём замены парового нагрева электрическим нагревом, а также внедрением автоматизированных систем управления процессом термообработки и плавки (более точная регулировка процесса нарастания температуры и давления в печи).

Функциональную зависимость, учитывающую затраты энергии на всех стадиях производства, можно представить в виде аналитической модели:

$$W_{EП} = f(W_{вс}, W_C, W_{Cд}, W_{C_{св}}, W_{V_{oc}}, W_{T_{oc}}, W_{S_{ц}}, W_T), \quad (1)$$

где $W_{EП}$ – затраты энергии при производстве минват; $W_{вс}$ – затраты энергии при получении сырья требуемой влажности, фракционного и химического состава; W_C – затраты энергии при получении компонентов требуемой концентрации (C); $W_{Cд}$ – затраты энергии при получении модифицирующих добавок нужной концентрации ($C_{д}$); $W_{C_{св}}$ – затраты энергии при достижении требуемой концентрации связующего компонента ($C_{св}$); $W_{V_{oc}}$ – затраты энергии при поддержании необходимой влажности окружающей среды; $W_{T_{oc}}$ – энергозатраты при поддержании температуры окружающей среды; W_T – затраты энергии при термообработке; $W_{S_{ц}}$ – затраты энергии при получении волокна в центрифуге.

Вышеописанные способы сокращения затрат энергии позволяют в итоге получить энергосбережение порядка 30%.

Список литературы

1. Селиванова, З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система мониторинга режимных параметров технологического процесса производства минераловатных плит / З.М. Селиванова, К.С. Стасенко // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т.19. – № 1. – С. 52 -60.
2. Розно, М.И. Пора заняться техпроцессом. / М.И. Розно, Л.В. Шинко. - Н. Новгород: Центр "Приоритет", 2004. С. – 39.

Сысоев А.Н., Перелыгин Р.Н., Бартеньев С.Б.

**УПРАВЛЕНИЕ В УГЛОМЕСТНОЙ ПЛОСКОСТИ ДН
КФАР ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА**

Тамбовский государственный технический университет
ua3rad@mail.ru, spybywire@gmail.com

Существующие системы мобильной радиосвязи КВ диапазона используют набор передающих слабонаправленных антенн [1]. Так

как энергетический потенциал радиолинии: $M = \frac{P_1 \cdot \eta_1 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot \eta_2}{P_{2\min}}$ -

определяется мощностью передающего устройства (P_1), чувствительностью приемника ($P_{2\min}$), то малые значения коэффициента усиления приемной и передающих антенн (G_1 и G_2) требуют его достижения за счет увеличения мощности передающего устройства. Это в свою очередь определяет ограничения на мощность, габаритные и весовые параметры возимого электроагрегата. Кроме того, такие антенны не отвечают современным требованиям по скрытности излучения, электромагнитной совместимости и экологии.

Перспективным направлением совершенствования систем радиосвязи является применение кольцевых фазированных антенных решеток (КФАР) [2]. Они должны иметь требуемые значения коэффициентов усиления и перекрытия по частоте. Наряду с возможностью электронного управления диаграммой направленности (ДН) в азимутальной плоскости, однокольцевые КФАР не позволяют производить управление ДН в вертикальной плоскости. Однако для осуществления радиосвязи пространственной волной желательно иметь такую возможность. Она диктуется особенностями распространения радиоволн данного диапазона. Углы вхождения в ионосферу определяют необходимый энергетический потенциал радиолинии, величину и количество скачков. Наряду с выбором оптимальной для данных условий несущей частоты это и характеризует радиотрассу. При этом угол вхождения для величины скачка в 2000 км составляет примерно 15...20°, а для меньших размеров - порядка 30...45°. Например, динамика углов возвышения ДН для трассы 2500 км.

Широко применяемые ромбические антенны не позволяют изменять положение ДН в угломестной плоскости и не обеспечивают требуемого коэффициента энергетических потерь радиотрассы.

Принципиально изменение углового положения ДН можно получить при использовании двух антенн, расположенных на разных высотах над земной поверхностью и запитываемых с разным фазовым сдвигом.

С целью улучшения направленных свойств в азимутальной плоскости целесообразно построение дуговой фазированной антенной решетки, состоящей, например, из четырех таких антенн. Конструкция ее представлена на рис. 1.

Управление ДН осуществляется только фазовым сдвигом в излучателях, расположенных ближе к мачтовому устройству. Вид ДН и значения входных сопротивлений приведены соответственно на рис. 2 [3].

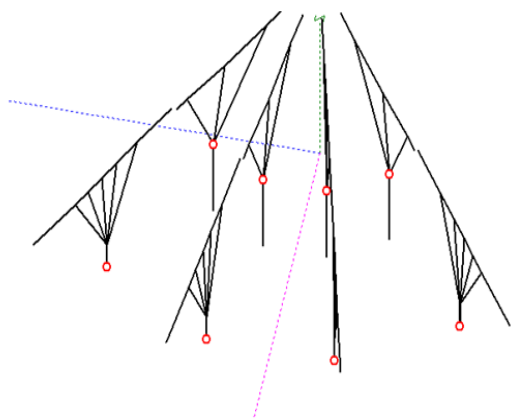


Рис. 1

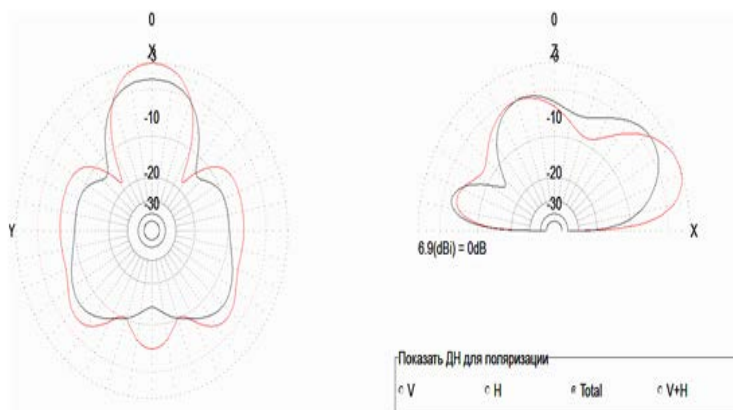


Рис. 2

Результаты моделирования такой антенны убедительно показывают возможность управления биссектрисой ДН в угломестной плоскости в пределах от $22,8^\circ$ до $35,1^\circ$. Ширина ДН в азимутальной плоскости составляет 40° при значительном подавлении заднего и боковых направлений.

Список литературы

1. *Игнатов В. В., Бабков В. Ю.* Обоснование основных технических параметров техники радиосвязи.- Л.: ВАС, 1990, 112с.
2. *Беседин А.Б., Жуков В.М., Харин А.Ф.* Принципы построения фазированных антенных решеток корпоративных сетей подвижной коротковолновой радиосвязи // Радиотехника. 2006. № 5. С. 102-105.
3. *Гончаренко И.В.* Антенны КВ и УКВ. Компьютерное моделирование. ММАН. М.: ИП РадиоСофт. 2004. 128 с.

Тишин П.А., Мизев П.А., Игнатов Н.Н., Кольтюков Н.А.
ОПТИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ
ОБЪЕКТАМИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Тамбовский государственный технический университет
tischin2011@mail.ru, mizev92@mail.ru, system_52@mail.ru,
RN3RFM@rambler.ru

Класс энергопотребляемых объектов, используемых в машиностроении, включает различные виды тепловых аппаратов, машин с электроприводами и двигающихся устройств. Миллионы этих машин функционируют на промышленных предприятиях, в сферах обслуживания и жизнеобеспечения населения. Как объекты управления они имеют свои особенности, которые необходимо учитывать в задачах энергосберегающего управления. На многих машиностроительных предприятиях более 5 % всей потребляемой мощности расходуется на работу электроприводов. С позиции задач оптимального управления в рассматриваемом классе объектов можно выделить машины с одним электроприводом, многоприводные машины, аппараты с нагревательными элементами и электроприводом, перемещающиеся объекты, использующие один источник энергии, и гибридные объекты, использующие различные источники энергии. К машинам с одним электроприводом относятся различного рода смесители, насосы, вентиляционные установки и т.д.

В этих машинах с помощью электропривода осуществляется движение рабочих органов производственного механизма. Машины с одним электроприводом делятся на машины с групповым приводом и однодвигательным приводом. В первом случае один электродвигатель приводит в движение группу производственных машин, во втором – каждая производственная машина приводится в движение отдельным, связанным только с ней электродвигателем.

В машинах с несколькими приводами каждый рабочий орган приводится в движение отдельным электродвигателем. Характерным для многодвигательного привода является наличие того или иного вида связи между отдельными электродвигателями.

Системы автоматического управления электроприводами выполняют следующие функции: 1) автоматический разгон, торможение и реверсирование, а также поддержание постоянства угловой скорости (частоты вращения) электродвигателей при изменениях нагрузки с невысокой точностью, ограниченной жесткостью харак-

теристик; 2) автоматическое задание и поддержание заданной угловой скорости двигателя или другой переменной с высокой точностью в статике и динамике; 3) слежение за вводимыми в систему электропривода сигналами; 4) программное автоматическое управление машинами и механизмами; 5) автоматическое управление промышленными механизмами и комплексами машин, обеспечивающее автоматический выбор целесообразных режимов работы; 6) автоматическое управление комплексами машин и механизмов, объединенных общим технологическим процессом.

В технологических установках применяются электродвигатели (ЭД) постоянного и переменного тока. ЭД постоянного тока, в свою очередь, делятся на ЭД с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением, а ЭД переменного тока – на ЭД асинхронного типа с фазным ротором, с короткозамкнутым ротором и ЭД синхронного типа. Исходя из выше сказанного следует сделать вывод: 1) задача оптимального управления объектами с электроприводами является весьма актуальной. 2) анализ литературных источников показывает применение алгоритмов оптимального управления позволяет снизить затраты электроэнергии на 5-15%.

Список литературы

1. Теоретические основы энергосберегающего управления динамическими режимами установок производственно-технического назначения: монография / В.Г. Матвейкин, Д.Ю. Муромцев. – М.: "Издательство Машиностроение-1.

Тюрин И.В.¹

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Тамбовский государственный технический университет
tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru

В последнее время все чаще стало говориться о необходимости широкого использования альтернативных возобновляемых источников энергии, позволяющих повысить экологичность и экономичность энергообъектов и сократить затраты традиционных видов топлива. Все более широкое распространение стали получать солнечные водонагревательные установки, причем исследования,

например [1], показывают, что и в средних широтах также целесообразно использовать солнечную энергию.

Проектирование гелиосистем начинается с получения достоверных значений интенсивности потока солнечной радиации, поступающей на поверхность, расположенную под некоторым углом к этому потоку. К настоящему времени сложилась методика получения расчетных значений поступления солнечной радиации, основанная на использовании справочных данных [2, 3]. К наиболее значимым недостаткам указанных справочников следует отнести неудобную форму представления показателей, малое число пунктов наблюдения, использование только наземных средств измерения, ограниченные временные сроки наблюдений, отсутствие свежей информации, что не позволяет с достаточной точностью определить поступление солнечной радиации на поверхность конкретной местности в произвольный момент времени. Указанные недостатки возможно преодолеть, используя компьютерное моделирование поступления потока солнечной радиации на произвольно ориентированную лучепоглощающую поверхность с использованием аналитических моделей [4]. На рынке программных продуктов представлено множество различных САЕ-систем, однако существенным препятствием к широкому применению имитационного моделирования является проверка адекватности полученной модели из-за сложности получения надежных экспериментальных данных. Компьютерное моделирование основано на использовании аналитически полученной зависимости интенсивности солнечной радиации от времени суток или года на произвольно ориентированную поверхность в виде

$$I = I_m \cdot \cos i ,$$

где I_m – плотность потока прямой солнечной радиации на расположенную перпендикулярно направлению солнечных лучей земную поверхность при массе атмосферы m , Вт/м²; i – угол падения солнечных лучей на заданную поверхность.

С практической точки зрения аналитические модели мало пригодны из-за относительно низкой точности, обусловленной сложностью получения достоверных значений величины I_m , зависящей от множества различных взаимосвязанных физических факторов и параметров атмосферы, влияющих на поглощение и отражение солнечной радиации, изменения которых носят сложный нелинейный характер. Поэтому погрешность при моделировании может до-

стигать 30%. Повышение точности моделирования представляет не только чисто научный интерес, а имеет прямое практическое значение, например, при расчетах эффективной площади солнечного коллектора и срока окупаемости гелиосистемы.

В настоящее время существуют климатологические и метеорологические электронные базы данных, разработанные американскими и европейскими специалистами, в которых представлена информация по солнечной радиации, полученная по наземным и спутниковым наблюдениям. Наиболее удобным является ресурс Atmospheric Science Data Center, размещенный в сети Internet по адресу <http://eosweb.larc.nasa.gov>, на котором можно получить доступ к базе данных, содержащей информацию для проектирования гелиосистем с описаниями методов измерений и представления параметров, полученную по наблюдениям со спутников NASA за 22 года (с июля 1983 по июнь 2005 гг.). Для получения данных по конкретному наземному пункту необходимо лишь ввести его географические координаты.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для повышения точности модели интенсивности солнечной радиации на произвольно ориентированную поверхность удобно применять метод совместного использования имеющихся достоверных экспериментальных данных для отдельных моментов времени и результатов компьютерного моделирования для оставшейся временной области.

Список литературы

1. Попель О.С. Эффективность применения солнечных водонагревателей в климатических условиях средней полосы России. // Энергосбережение. 2001. № 1.
2. Справочник по климату СССР. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. — Л.: Гидрометеиздат, 1966.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер.3. Многолетние данные. Ч. 1. Вып. 13. Солнечная радиация и солнечное сияние. — Л.: Гидрометеиздат, 1990.
4. Тюрин И.В. О повышении эффективности двухконтурных солнечных водонагревательных установок. // Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 3. С. 29-32.

Тюрин И.В.¹

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ
НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ
В УСЛОВИЯХ Г. ТАМБОВА**

Тамбовский государственный технический университет

tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru

Инженерное проектирование гелиосистем горячего водоснабжения начинается с получения достоверных значений интенсивности потока солнечной радиации, поступающей на поверхность, расположенную под некоторым углом к этому потоку. Для моделирования интенсивности солнечной радиации на произвольно ориентированную поверхность удобно применять метод совместного использования имеющихся достоверных экспериментальных данных для отдельных моментов времени и результатов компьютерного моделирования для оставшейся временной области [1].

В качестве примера рассмотрим использование предложенного метода для решения задачи идентификации модели потока солнечной радиации на горизонтальную поверхность в условиях г. Тамбова ($52,43^0$ северной широты). В общем виде модель можно записать

$$\frac{I(t)}{dt} = I_0 K_m \cos \left[\frac{i(t)}{dt} \right], \quad (1)$$

где I_0 – плотность потока солнечной энергии у верхней границы атмосферы на поверхность, расположенную перпендикулярно направлению солнечных лучей (солнечная постоянная); K_m – коэффициент, учитывающий ослабление прямого солнечного излучения при прохождении через слой атмосферы массой m , i – угол падения солнечных лучей на заданную поверхность.

Методика расчета косинуса угла падения солнечных лучей на произвольно ориентированную поверхность подробно изложена в ряде изданий, например в [5]. Значения коэффициента K_m модели (1) определялись поисковым методом, результаты, полученные с использованием модели, сравнивались с данными со спутников NASA.

На рис. 1 показаны 3D-графики изменения среднечасовой солнечной радиации на горизонтальную поверхность по месяцам, а на рис. 2 – трехмерная картина изменения среднечасовой интенсивности солнечной радиации для среднего расчетного дня месяца в течении года, полученное с использованием модели (1). Предложенный

метод идентификации позволяет применять компьютерное моделирование с повышенной точностью для тех пространственно-временных участков, где в силу тех или причин отсутствуют достоверные значения интенсивности солнечной радиации. Разработанный метод пригоден для любого географического пункта наблюдения.

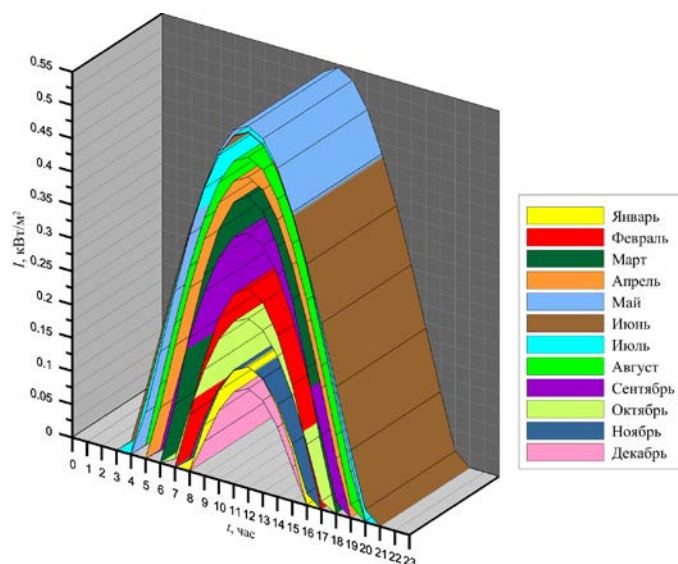


Рис. 1. Среднечасовые значения солнечной радиации по месяцам для г. Тамбова

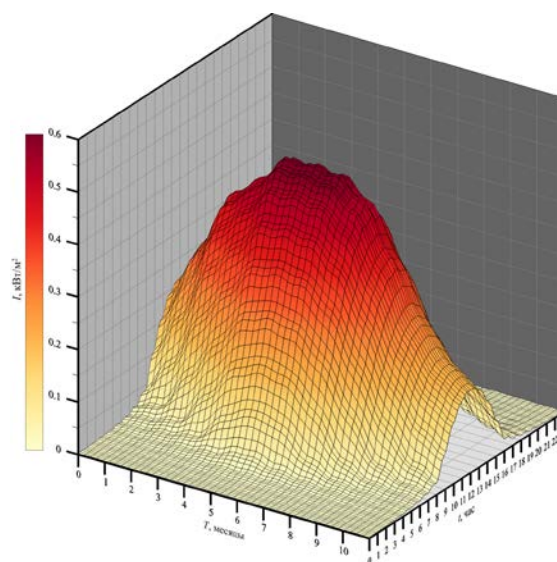


Рис. 2. Модель изменения солнечной радиации в течение года для г. Тамбова

Список литературы

1. Тюрин И.В. О повышении эффективности двухконтурных солнечных водонагревательных установок. // Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 3. С. 29-32.

Фролова М.С., Фролов С.В.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЛЕЧЕБНО-
ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Тамбовский государственный технический университет
sergej.frolov@gmail.com

Техническое оснащение лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) медицинской техники (МТ) является сложной задачей.

Основная сложность заключается в необходимости обработки большого объема данных. Для облегчения процесса выбора ИМТ необходимо создание системы, позволяющей работать с большими объемами информации и извлекать из них полезные сведения.

Методы решения проблем, возникающих на стадиях и этапах процесса принятия решений о выборе оптимального ИМТ, могут быть реализованы в виде соответствующего математического аппарата в специальных информационных системах — системах поддержки принятия решений (СППР). Под СППР выбора оптимальной модели МТ будем понимать диалоговую автоматизированную информационную систему, в которой совместно с базами данных используются алгоритмы принятия решений и интерактивное компьютерное моделирование.

Предлагается архитектура СППР выбора оптимальной модели МТ для ЛПУ (рис. 1). Предложенная СППР есть человеко-машинная система, где важной составляющей является интерфейс пользователя. Пользователями системы являются менеджеры, отвечающие за техническое оснащение ЛПУ и врачи, которые применяют МТ в своей работе. База данных МТ включает модели видов МТ. База данных МТ требует регулярного обновления. В базе данных ТЗ на МТ для пользователя хранятся технические задания на виды МТ, которые составлялись с учетом совместных требований врачей и менеджеров по МТ. В этих базах данных и в блоках СППР обработка данных ведется на основе информационных моделей. Интерфейс пользователя разработан по информационным моделям МТ на основе объектно-ориентированной декомпозиции. Блок трансформации информационных моделей в соответствии позволяет информацию от интерфейса пользователя преобразовывать в информацию, которая используется в СППР для обработки и получения результатов. Блоки редактирования базы данных МТ и технического задания (ТЗ) на МТ для пользователя обеспечивают согласование интерфейса пользователя с СУБД MySQL.

На основе информации полученной от баз данных МТ и ТЗ на МТ для пользователя проводится в блоке решения задачи оптимизации построение области Парето оптимальных моделей МТ. Блок выбора моделей МТ из области Парето обеспечивает пользователям СППР определение наиболее приемлемых моделей МТ.

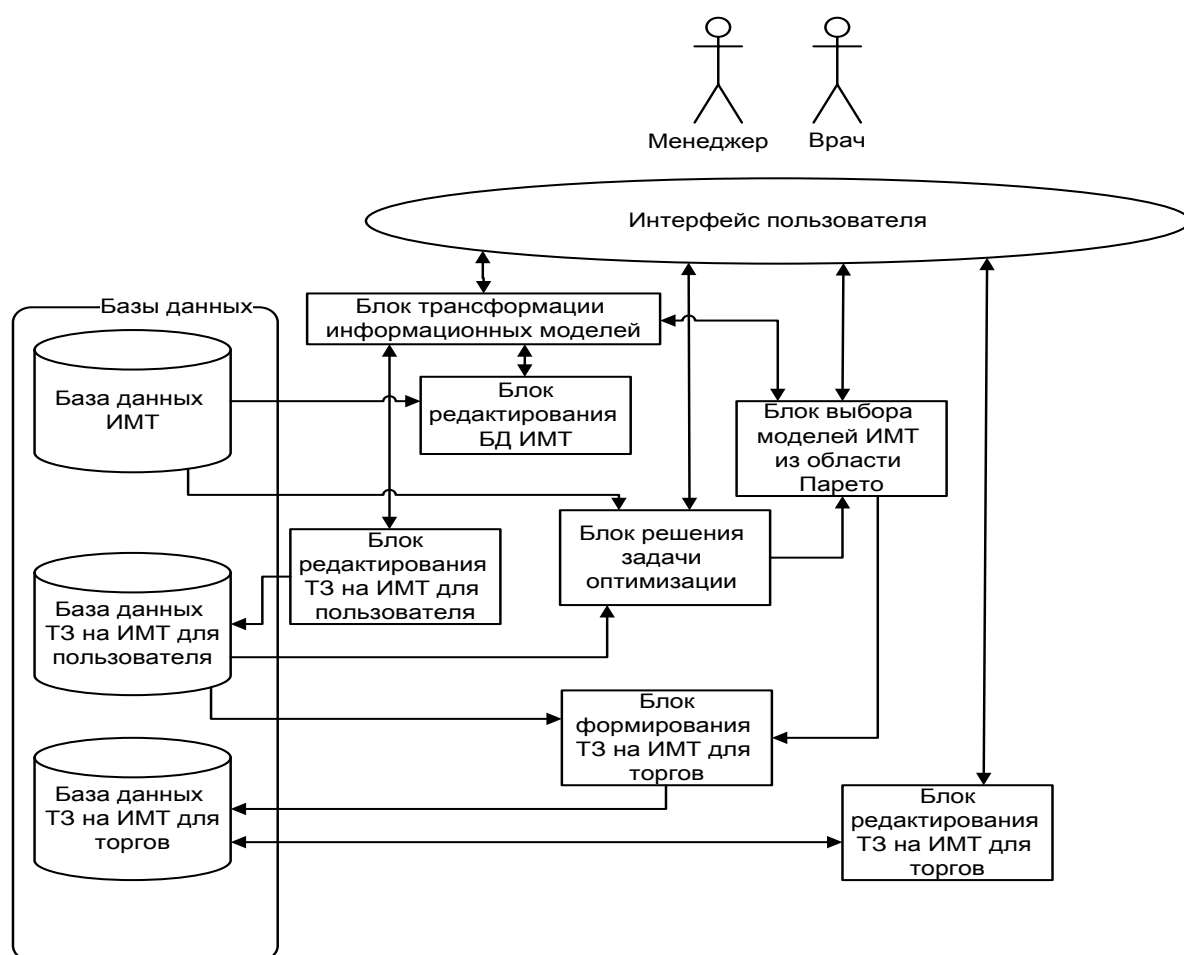


Рис. 1. - Архитектура СППР выбора оптимальной модели МТ для ЛПУ

Внедрение СППР будет способствовать решению некоторых проблем, возникающих при оснащении ЛПУ, позволит обеспечить оптимальное оснащение и переоснащение ЛПУ МТ. Результатом внедрения может стать экономия более эффективная трата финансовых средств и улучшение качества врачебной помощи.

Фролов С.В. Синдеев С.В.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет
sergej.frolov@gmail.com, ssindeev@yandex.ru

В настоящее время можно выделить следующие технологии высокопроизводительных вычислений применяемые для проектирования сложных технических систем: OpenMP, OpenMPI.

Технология OpenMP предназначена для распараллеливания вычисления исходной технической задачи на несколько потоков на многопроцессорной (многоядерной) системе с общей памятью. При этом выделяется главный поток, который создает множество подчиненных потоков, между которыми происходит распределение задачи. К достоинствам технологии следует отнести простоту написания параллельных программ для сложных технических вычислений, достигаемую за счет добавления специальных директив компилятора в уже написанную последовательную версию программы на языке C/C++ или Fortran. Помимо этого использование общей памяти между работающими потоками позволяет достичь максимального прироста производительности при обмене данными между потоками. Однако данная технология имеет существенный недостаток – работа в системах с общей памятью предполагает наличие гораздо меньшего количества одновременно работающих вычислителей, чем в системах с распределенной памятью, вследствие чего коэффициент ускорения параллельных программ, написанных с применением технологии OpenMP был невелик.

Для устранения этой проблемы компанией Intel в 2012 году была выпущена серия сопроцессоров под названием Xeon Phi, построенных на архитектуре Intel MIC. Сопроцессор представляет собой внешний модуль, содержащий более 60 ядер x86 и подключающийся к материнской плате по интерфейсу PCI-Express, благодаря чему достигается высокая скорость обмена данными между центральным процессором и сопроцессором Xeon Phi. При этом технология OpenMP полностью берет на себя работу по управлению сопроцессором, благодаря чему вносить дополнительных изменений в ход программы не нужно.

В отличие от архитектур с общей памятью, программы для проектирования сложных технических систем на архитектурах с распределенной памятью программируются с использованием технологии OpenMPI. В архитектурах с распределенной памятью параллельно работающие потоки могут находиться на нескольких удаленных компьютерах, объединенных высокоскоростным интерфейсом. Такая группа компьютеров образует вычислительный кластер. Из-за того, что работающие вычислительные потоки не имеют общей разделяемой памяти, для передачи данных друг другу требуется пересылка данных между компьютерами по специальному интерфейсу, например InfiniBand, что существенно уменьшает коэф-

фициент ускорения работы при интенсивном обмене данными между вычислительными потоками. Однако системы с распределенной памятью имеют гораздо большее количество вычислителей в своем составе по сравнению с системами с общей памятью, что дает возможность увеличить скорость выполнения сложного технического расчета в сотни и тысячи раз.

Разработка и поддержка работы собственного вычислительного кластера представляет собой значительную финансовую проблему. Стоит отметить, что наиболее экономичным способом применения высокопроизводительных кластеров для расчета сложных технических задач является использование удаленного доступа к уже работающему суперкомпьютеру. Так на кафедре «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» успешно применялись высокопроизводительные вычисления на суперкомпьютере «Ломоносов» НИВЦ МГУ им. М.В. Ломоносова [1] при расчете трехмерных задач гидродинамики.

Список литературы:

1. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А., Соболев С.И., Антонов А.С., Брызгалов П.А., Никитенко Д.А., Стефанов К.С., Воеводин Вад.В. Практика суперкомпьютера "Ломоносов" // Открытые системы. - Москва: Издательский дом "Открытые системы", N 7, 2012. С. 36-39.

Чернышова Т.И., Каменская М.А.

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ
СОСТОЯНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

Тамбовский государственный технический университет

art_mari@rambler.ru

Постоянная модификация измерительной аппаратуры, повышение ее точности и более широкое применение электронных измерительных средств (ЭИС) в различных технических системах диктуют требования высокой метрологической надежности (МН), которая определяется характером и темпом изменения нормируемых метрологических характеристик (МХ) исследуемых ЭИС в течение эксплуатации.

Разработана информационно-аналитическая система (ИАС), позволяющая производить оценку и прогнозирование состояния нормируемых МХ проектируемых ЭИС и дающая практические ре-

комендации по их эксплуатации. Обычно применяются два базовых подхода к решению проблемы оценки и прогнозирования состояния МХ ЭИС. Первый из них состоит в проведении достаточно продолжительных испытаний ЭИС на стабильность, совпадающих по времени со всем сроком эксплуатации ЭИС. Стоимость таких испытаний существенно возрастает, а их продолжительность значительно выше сроков, отводимых для проектирования ЭИС. Созданная ИАС реализует базирующийся на построении математических моделей изменения во времени метрологических характеристик проектируемых ЭИС подход, в котором используется аппарат теоретико-вероятностного прогнозирования. В основе этого подхода лежит моделирование нестационарных случайных процессов изменения во времени метрологических характеристик ЭИС [1]. Для реализации ИАС необходимо использование базы данных значений номиналов элементов ЭИС, а также математических моделей изменения во времени элементной базы, составляющей ЭИС. Интерфейс системы позволяет добавлять новые данные, незаложенные ранее. ИАС обеспечивает выбор оптимального математического описания изменения во времени МХ и вывод результатов моделирования в табличной форме с построением соответствующих графических зависимостей. При этом производится учет их возможных видов, полученных для функций изменения во времени математического ожидания МХ $M_s(t)$ и функций, характеризующих изменение во времени границ отклонения возможных значений МХ от среднего $\psi_{\pm\sigma}(t) = M_s(t) \pm 3\sigma_s(t)$, где $S(t)$ – метрологическая характеристика t – время эксплуатации. Результаты моделирования записываются в файлы, имеющие в качестве названий имена соответствующих математических моделей.

Результаты моделирования могут использоваться для метрологического обеспечения ЭИС. Разработанная ИАС дает возможность производить обоснованный выбор величины межповерочных интервалов, расчет требуемого количества измерений МХ на момент следующей поверки. ИАС дает численную оценку показателей качества прогнозирования таких, как достоверность и эффективность. В работе ИАС применяются аналитические зависимости для оценки показателей качества, расчет которых позволяет оценить целесообразность использования принятого вида математической модели изменения во времени МХ ЭИС. Численная оценка

каждого из показателей дает возможность определить степень ответственности результатов прогноза и целесообразность проведенного прогнозирования в целом.

Список литературы

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.

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Тамбовский государственный технический университет

energo@nnn.tstu.ru, vvt_89@mail.ru

Информационно-измерительные системы (ИИС) используются в научных и производственных процессах. Одной их главных задач является обеспечение их высокой метрологической надежности (МН), показатели которой определяются на стадии проектирования ИИС и поддерживаются на стадии эксплуатации, реализуемой эффективностью метрологического обслуживания. МН определяется характером и темпом изменения нормируемых метрологических характеристик (МХ) аналоговых блоков (АБ) ИИС. Для оценки МН проектируемых ИИС разработана информационная технология, в основу которой положен метод аналитико-вероятностного прогнозирования [1]. Рассматриваемый метод реализуется с применением математических моделей (ММ) нестационарных случайных процессов изменения во времени МХ АБ ИИС. Такие ММ строятся в результате проведения статистического моделирования значений МХ по данным об изменении параметров элементной базы в процессе предстоящей эксплуатации. В результате проведенных исследований выявлено, что внешние влияющие воздействия оказывают негативное влияние на МН измерительных средств путем ускорения процесса старения элементной базы АБ ИИС [1]. Наибольшее влияние на АБ ИИС оказывают температура, влажность, давление и радиация окружающей среды.

В качестве априорной информации для оценки МН АБ ИИС рассматриваемым методом используются ММ, описывающие процессы изменения во времени параметров элементной базы АБ.

Предложена обобщенная ММ элементной базы, определяющая изменения во времени параметров элементов с учетом внешних дестабилизирующих факторов, используемая в процедуре статистического моделирования МХ АБ ИИС. Для проведения процедуры статистического моделирования необходима ММ МХ, закон распределения параметров элементов, сведения о нестабильности элементной базы АБ и влиянии внешних воздействий на скорость старения элементов.

Для формирования данных о значениях МХ в моменты времени предстоящей эксплуатации проектируемого АБ моделируется значение параметра каждого элемента, учитывающее внешние факторы и процессы старения, и строится модель МХ АБ ИИС, рассчитывая последовательно значения МХ с учетом условий эксплуатации. В результате создается массив значений параметров закона распределения МХ, позволяющий построить ММ изменения во времени МХ АБ ИИС. Такая модель представляется в виде многофакторной зависимости и используется для определения значений показателя МН при различных комбинациях дестабилизирующих факторов. При вариации влияющих факторов формируется база данных, позволяющая прогнозировать значение показателя МН, исходя из времени и условий предстоящей эксплуатации АБ ИИС.

Таким образом, учет в ММ параметров элементов при оценке МН проектируемых АБ ИИС при предполагаемых условиях эксплуатации отражает их существенное влияние на МН. Анализ полученных результатов по оценке МН при проектировании АБ ИИС позволит сформировать базу данных, содержащую априорные значения дестабилизирующих факторов, а также законы изменения МХ в зависимости от изменения внешних воздействий.

Список литературы

1. Мищенко, С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М. : Машиностроение, 2001. – 218 с.

Чурилин А.В.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АБРАЗИВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССА
ИМПРЕГНИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА**

Тамбовский государственный технический университет

umz2014@yandex.ru

Для повышения эксплуатационных свойств абразивных инструментов (АИ) и энергоэффективности процесса абразивной обработки, широко применяют процессы импрегнирования АИ, т.е. заполнение пор специальными веществами.

Способы импрегнирования корундового абразивного инструмента составами на основе водных дисперсий сополимеров включают следующие основные операции: пропитку и сушку [1, 2].

Исследования операций пропитки и сушки абразивных корундовых кругов марок 25AF100L6V, 25AF90L6V, 25AF60L6V, 25AF54L6V, 25AF48L6V (ГОСТ Р 52781-2007) с различной пористостью импрегнатором, представляющим собой дисперсию сополимера этилакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида (40% масс.) в водной среде (Эмукрил М) показали, что пропитывать можно как под вакуумом, так и при атмосферном давлении. Время пропитки составляет 1 - 3 мин и зависит от температуры и пористости АИ. С увеличением температуры окружающей среды и импрегнатора увеличивается время пропитки. При этом наблюдается рост краевого угла смачивания импрегнатором керамической связки АИ и увеличение коэффициента поверхностного натяжения дисперсии [1].

Результаты испытаний импрегнированных АИ представлены в таблице 1.

Таблица 1

№	Абразивный круг, количество импрегнатора	Коэффициент шлифования, К	R _a , мкм	Прижоги
1	Круг 25AF60L6V	1,12–1,15	1,25	Отдельные штрихи
2	Круг 25AF54L6V	1,4–1,45	1,4	Отдельные штрихи
3	Круг 25AF60L6V; импрегнатор: Эмукрил М, 5% асс.	1,8–1,95	0,9	Отсутствуют
4	Круг 25AF54L6V; импрегнатор: Эмукрил М 6% асс.	2–2,1	0,8	Отсутствуют

Сушка импрегнированных АИ характеризуются значительным внутридиффузионным сопротивлением ($Bi_m = (1 \div 15) \cdot 10^3$) [2 – 4]. Скорость процесса массопереноса при конвективной сушке АИ лимитируется в основном диффузионными свойствами АИ [2].

K – коэффициент шлифования: $K = Q_m / Q_a$ где Q_m – объем снятого металла, $мм^3$; Q_a – объем изношенной части круга (с учета расхода круга на правку).

Увеличение значения коэффициента K приводит к увеличению продолжительности шлифования этим инструментом, что в условиях крупносерийного и массового производства дает значительный экономический эффект. Повышается качество обработки по параметру шероховатости. Отсутствие прижогов способствует уменьшению брака. Контактная температура при шлифовании без смазочно-охлаждающей жидкости импрегнированными кругами снизилась на 10÷20% по сравнению со стандартным АИ.

Список литературы

1. Чурилин А.В. Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов пропитки и сушки абразивного инструмента: дисс... канд. техн. наук. – Тамбов., 2004. – 223 с.
2. Сушка импрегнированных абразивных инструментов / С.П. Рудобашта, В.М. Дмитриев, Н.П. Жуков, А.В. Чурилин // Промышленная теплотехника. – Киев, 2004. № 5, Т.26, С.45 – 53.
3. Чурилин А.В. Исследование кинетики сушки шлифовальных кругов в целях повышения энергоэффективности процесса // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2013. Т. 19. №4 С. 821 – 825.
4. Чурилин А.В. Импрегнирование инструмента с целью повышения энергоэффективности абразивной обработки / А.В. Чурилин, Н.П. Жуков // Достижения вузовской науки. 2013. №6. С. 127 – 131.

Шпиганович А.Н., Бойчевский А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА КОНДЕНСАТОРАХ ФИЛЬТРА ТИРИСТОРНО-ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАМВАЙНЫМИ ВАГОНАМИ

Липецкий государственный технический университет
kaf-eo@stu.lipetsk.ru

Одной из актуальнейших задач успешного использования тиристорно-импульсных систем управления (ТИСУ) в городском

трамвайном пассажирском транспорте является обеспечение ТИСУ эффективной и быстродействующей защитой от коммутационных перенапряжений.

Исследование указанного вида перенапряжений проведем по схеме замещения (рис. 1), позволяющей оценить их максимальный уровень в наиболее неблагоприятной ситуации (с точки зрения появления перенапряжений наибольших кратностей). В тяговой сети работает только один трамвайный вагон, у которого в момент начала перенапряжения пантограф подключен к контактному проводу тяговой сети, а силовая цепь ТИСУ отключена от его фильтра (конденсатор фильтра C_ϕ находится в заряженном состоянии – $u_c(0)=E$, $i_c(0)=E$).

В этой схеме трамвайная тяговая сеть представлена в виде: последовательно соединенных источника E с напряжением, равным напряжению на шинах тяговой преобразовательной подстанции; эквивалентного сопротивления тяговой сети R_Σ , состоящего в общем случае из суммы эквивалентного сопротивления преобразовательного трансформатора и системы первичного питания $R_{\text{тп}}$, сопротивления тяговой сети R_c , включающего в себя сопротивление питающего и отсасывающего кабелей R_k , сопротивление контактного провода R_Π и сопротивление рельсовой цепи в переходном режиме с учетом стыков, вихревых токов и шунтирующего влияния почвы выработки R_p ; эквивалентной индуктивности тяговой сети в переходном режиме L_Σ , состоящей из внешней индуктивности L_Π , обусловленной потокоцеплением вне сечений контактного провода и рельсов, и внутренней индуктивности L_p , обусловленной потокоцеплением внутри рельсов.

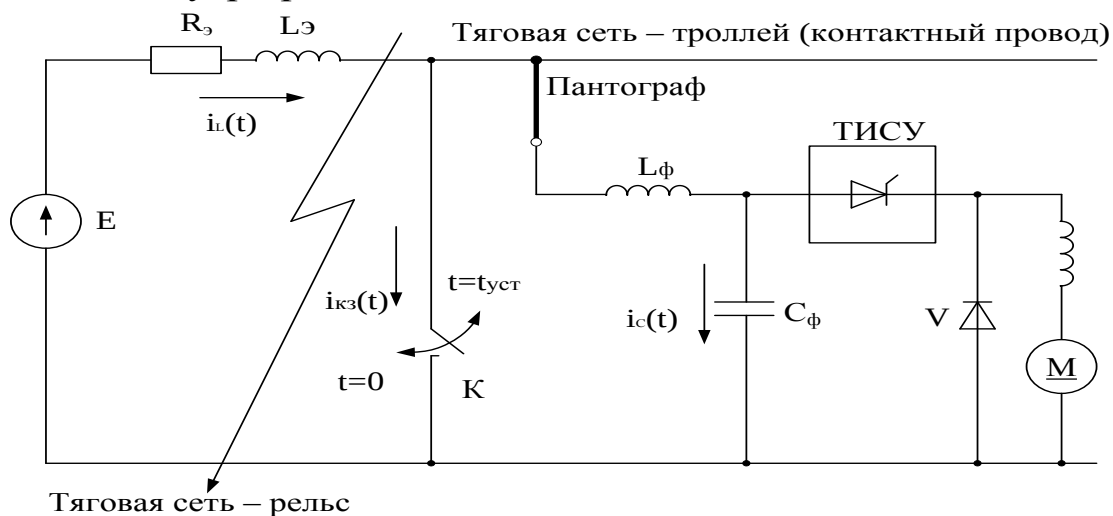


Рис. 1. Схема к исследованию напряжений на конденсаторе фильтра ТИСУ трамвайного вагона при аварийных режимах

На основании проведенных исследований получены следующие результаты:

- Перенапряжения достигает по кратности 3,64 единиц.
- Длительность достижения ими максимальных кратностей лежит в пределах от 11,1 мс до 12,2 мс.
- Энергия, запасаемая в индуктивности тяговой сети, составляет тысячи джоулей и носит распределенный характер.
- Время достижения током короткого замыкания значений токов уставки не превышает 3,5 мс.

Особенности данного вида коммутационных перенапряжений могут приводить к выходу из строя трамвайно-троллейбусного транспорта, снабженного ТИСУ. Поэтому необходима разработка устройства по их ограничению до безопасного уровня.

Список литературы

1. Тарнижевский М.В. Проектирование устройств электроснабжения трамвая и троллейбуса / М.В. Тарнижевский, Д.К. Томлянович. – М.: Транспорт, 1986. – 376 с.
2. Слепцов М.А. Основы электрического транспорта: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.А. Слепцов, Г.П. Долаберидзе, А.В. Прокопович. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 464 с.
3. Справочник по электроснабжению железных дорог: Т 1 / под ред. К.М. Маркварда. – М.: Транспорт, 1980. – 256 с.
4. Косой Ю.М. Трамвайный путь: учебное пособие / Ю.М Косой. – Н.Новгород: Изд-во «Литература», 2000. – 282 с.

Яшин Е.Н. Дорохова Т.Ю.

ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Тамбовский государственный технический университет
gassy@ya.ru, tandor20@rambler.ru*

Внедрение в высшее образование РФ двухуровневого образования и компетентностный подход в оценке качества образования, заставляет существенно перестраивать методологию обучения, содержание лекций и лабораторных работ. Студент должен не только иметь понятия о сущности решаемых вопросов при проектировании технической системы, но и обладать рядом навыков, непосредственно сопряженных с опытом их применения в практической деятельности. Поэтому при обучении проектирования технических систем актуальным является использование комплексного подхода, направ-

ленного на развитие познавательного интереса и, соответственно, активную, самостоятельную и инициативную позицию обучаемого.

Для достижения поставленных целей формируются стенды технических систем по управлению реальными объектами. Студенты делятся на подгруппы, в количестве человек, достаточном для декомпозиции исходной задачи на ряд простых подзадач, а количество лабораторных составляет в объеме, позволяющей каждому студенту выполнить все типы подзадач. Наблюдение за эффективностью выполнения студентом различных типов заданий позволяет не только сделать выводы о способности к конкретному виду проектной деятельности, но и оценить возможности его ответственности при работе в команде.

Лабораторные стенды для решения поставленных задач состоят из промышленного контроллера и ряда, соединенных с ним, модулей ввода-вывода. Модули ввода-вывода, в свою очередь, управляют сенсорной частью технической системы. В типовой технической системе можно выделить аппаратную, математическую и программную задачи проектирования.

Предлагается формировать группы из трех-четырех человек для решения поставленных задач. Задача аппаратного (технического) обеспечения состоит в формировании состава и структуры системы управления, включая организацию связи и описание необходимых переменных (тегов) для наблюдения и управления объектом. Подзадача математической части состоит в получении модели объекта и синтеза регулятора, по заданным критериям эффективности управления. Выходными данными этого этапа являются параметры регулятора и закон управления объектом.

Программная часть делится на программное обеспечение контроллеров (встраиваемое) и программное обеспечение системы диспетчерского контроля и управления. Обе части подготавливаются с использованием специализированных САПР. Встраиваемое ПО реализует разработанные математические методы управления на аппаратных ресурсах и схемах. ПО системы диспетчерского контроля визуализирует данные об объекте и функции управления в удобном виде на экране ПК, а также обеспечивает запись и хранение необходимых состояний объекта в базе данных.

Предлагаемая методика используется на примере объекта нагрева воды в баке. Для идентификации модели объекта и синтеза регулятора используется «Экспертная система энергосберегающего

управления», используя которую формируется области решений в пространстве синтезирующих переменных, связанных с изменением состоянием объекта по критерию минимума затраченной энергии. Программное обеспечение контроллеров подготавливается в графической среде проектирования IsaGRAF, а интерфейс диспетчерского контроля в SCADA системе КРУГ 2000.

Ввиду того, что все подзадачи связаны между собой, методическая часть обеспечивает развитие всех этапов проектирования итерационно, с проверкой эффективности на каждом этапе. Студентам в группе приходится сотрудничать между собой для достижения поставленных целей, а понимание специфики каждой подзадачи, повышает согласованность группы.

Орлов А.Ю., Орлова Н.В.

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ

Тамбовский государственный технический университет

Тепловая сушка является теплопотребляющим теплотехническим процессом, в результате осуществления которого получают товарную или промежуточную продукцию. Вопросы экономии тепла при тепловой сушке являются частью общей задачи повышения эффективности и должны рассматриваться с учетом комплекса факторов, определяющих эту эффективность.

Сушильные установки (СУ) относятся к теплотехнологическим установкам, так как представляют собой устройства, в которых процессы переноса теплоты и массы обеспечивают изменение технологических свойств обрабатываемого материала. Обычно они входят в состав более сложных систем [1].

Из анализа тепловых балансов конвективных сушильных установок следует, что наибольшие потери теплоты обуславливаются отходящим сушильным агентом и потерями теплоты в окружающую среду. Таким образом, становятся очевидными принципиальные пути повышения тепловой экономичности конвективных сушильных установок: снижение потерь теплоты с уходящим сушильным агентом (или рациональное использование этого вида вторичных энергетических ресурсов) и в окружающую среду конструкциями установок. Очевидно, что перспективным направлением в экономии топлива и энергии при обезвоживании влажных материалов в конвективных СУ является не рациональное использование

теплоты уходящего сушильного агента в различного рода утилизационных установках, а всемерное сокращение этого вида потерь. Последнее в первую очередь достигается за счет рециркуляции части отработавшего сушильного агента, что сокращает расходы уходящего сушильного агента в десятки раз. Однако рециркуляция приводит к повышению влагосодержания сушильного агента, что, как будет показано ниже, с одной стороны, способствует повышению тепловой экономичности, а с другой – уменьшает движущие силы процесса массообмена и, следовательно, может вызывать увеличение продолжительности сушки или габаритов установки.

Существуют две возможности организации рециркуляции в установках, использующих в качестве сушильного агента воздух [2]:

- 1) часть отработавшего воздуха, возвращается в зону перед подогревателем так, что весь сушильный агент (свежий и отработавший воздух) подогревается до температуры на входе в сушилку;
- 2) часть отработавшего воздуха подается в зону после подогревателя, смешивается с нагретым свежим воздухом и далее подается непосредственно на сушку.

Наиболее распространена первая схема хотя и требующая подогрева всего сушильного агента, но до более низких температур, чем во второй схеме.

По результатам проведенных исследований [3] и на основании сопоставительного анализа энергоресурсосберегающих схем была разработана схема высокотемпературной сушки пигментов с вихревой трубой (рис. 1).

Исходной является схема с распылительной сушилкой ($\varnothing 5500$, $H = 9000$ мм, температура на входе 230°C), с газовой топкой, с замкнутой циркуляцией продуктов сгорания (расход $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и с колонной для промывки газов и удаления из них избыточных паров влаги. При этом стоки с промывки составляют $50 \text{ м}^3/\text{ч}$. При сильном загрязнении стоков их требуется закачивать в подземные горизонты, с двух производств всего около $1 \text{ млн м}^3/\text{год}$.

Были поставлены следующие основные задачи энергосбережения, ресурсосбережения и улучшения экологии: снижение расходов воды, природного газа, уменьшение количества промышленных стоков, закачиваемых в подземные горизонты.

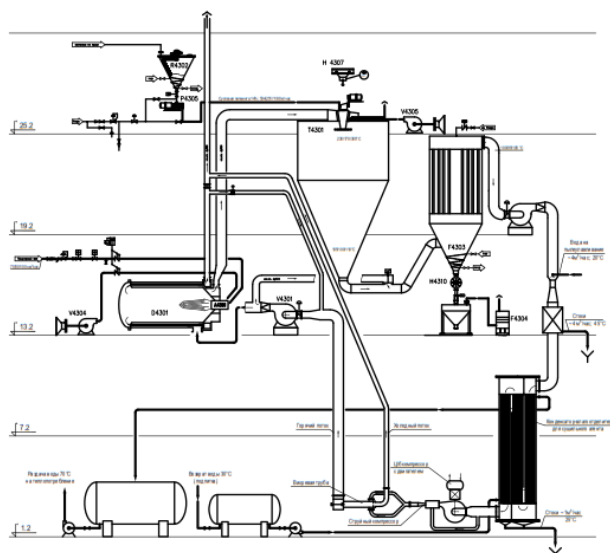


Рис. 1 «Схема распылительной сушки пигментов с вихревой трубой и поверхностным пылеуловителем

Сложность объясняется тем, что в данном случае имеется одновременное сочетание: загрязненности, взрывоопасности, высоких температур и значительных расходов газов; трудности теплоутилизации низкотемпературного тепла в цеховых условиях, высокого соотношения конъюнктурных цен на электроэнергию и на природный газ; необходимости применения при использовании парокompрессионных схем высокотемпературных компрессоров и хладагентов, а при использовании

вихревых труб – экономичных способов предварительного сжатия газов для закрутки.

Решение всех этих вопросов связано, прежде всего, с разработкой новых, надежных конструктивных решений и их экспериментальной проверкой.

Улучшение общих энергетических показателей связано с возможностью использования относительно низкопотенциального тепла (на уровне 60-70 и до 80-90 °C) для других технологических, хозяйственных и прочих потребностей цеха. Это вызывается тем, что тепло конденсации водяных паров, содержащихся в газах после топки и сушки, значительно больше теплосодержания газов. Поэтому в цикле циркуляции продуктов сгорания непосредственно в сушильной схеме возможно использовать только до 20-25 % общего трансформируемого тепла.

В базовой схеме сушки в цехе утилизация тепла, выбрасываемого с охлаждающей водой и отходящими газами, не предусматривается. Это не соответствует современному уровню и тенденциям развития энергосберегающего сушильного оборудования, однако объясняется вышеупомянутыми объективными причинами и трудностями.

В модернизированной схеме для вихревого теплоутилизующего разогрева возвращаемых газов используется вихревая труба, работающая на циркулирующем сушильном газе после 2-ступенчатой газоочистки; при этом закрученный высокоскоростной

поток газа делится на холодный поток, направляемый на выброс, и на горячий разогретый поток газа, возвращаемый в цикл.

Список литературы

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Kemp, I.C. Drying Software: Past, Present, and Future / Ian C. Kemp // DRT, 2007, Vol. 26, No.7, pp.1249-1263 (27 Ref.)

СЕКЦИЯ 2

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

Алексеева Е.А., Стерлигов В.А.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ:
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Липецкий государственный технический университет

Alekseev375@yandex.ru

Традиционным для Российской Федерации является снабжение потребителей тепловой энергией от ТЭЦ по магистральным теплопроводам. Централизованное теплоснабжение, как известно, обладает рядом достоинств. Но в условиях перехода к новым хозяйственным механизмам, известной экономической нестабильности и слабости межрегиональных, межведомственных связей, многие из достоинств системы централизованного теплоснабжения оборачиваются недостатками. Главным из которых является протяженность теплотрасс и их изношенность. [1]

На этом фоне всё увереннее позиции децентрализованного теплоснабжения, использование которого позволяет лучше адаптировать систему теплоснабжения к условиям потребления теплоты конкретного, обслуживаемого ею объекта.

В настоящее время около 40% населения нашей страны, проживающего не только в сельской местности, но и в небольших городах и поселениях городского типа, все еще пользуется печным отоплением на твердом и газообразном топливе, спроектированном и построенном в 50-е годы. При этом сжигается огромное количество топлив с низким коэффициентом полезного действия. [2]. Ярким примером, иллюстрирующим данную ситуацию, служит город Елец Липецкой области. В городе в послевоенный период возводились многоквартирные одно- и двухэтажные дома с печным отоплением на твердом топливе. С развитием газоснабжения городов в 1960-1972-е годы начали переводить печи на сжигание природного газа, устанавливая газовые грелки в кирпичные печи.

Перевод существующих отопительных печей с твердого топлива на газ создавал значительные удобства для населения, а также позволял автоматически регулировать тепловой режим помещения. Однако газовое топливо имеет два основных недостатка: взрывоопасность газоздушных смесей и токсичность

самого газа (особенно продуктов неполного сгорания). [3]

В настоящее время, в связи с отсутствием надлежащей эксплуатации данных отопительных систем, возникают перебои и от-

казы в работе, которые нередко приводят к несчастным случаям. Присоединение малоэтажных домов к центральному теплоснабжению в большинстве случаев технически сложно или зачастую экономически нецелесообразно. Кроме этого, для многих городов с центральной исторической частью установка традиционного отопления может привести к изменению внутреннего облика зданий, нарушению интерьеров.

С точки зрения технологических возможностей и экологической чистоты идеальным энергоносителем для отопления зданий любого назначения является электроэнергия, безоговорочно превосходящая по этим свойствам топливные энергоносители. В последнее время отопление помещений здания за счет преобразования электрической энергии в тепловую рассматривается как альтернативный или вспомогательный вариант центрального отопления. Все это отражает актуальность задачи для совершенствования и разработки более масштабного применения электричества в отопительных системах, особенно в зданиях, которые в настоящее время имеют печное газовое отопление.

Применение в строительстве энергетически рациональных градостроительных, объёмно - планировочных и конструктивных решений, а так же переход на новые нормы по теплоизоляции зданий и сооружений позволят сократить затраты на электроотопление и сделает это направление экономически оправданным во многих областях жизнедеятельности человека.

Список литературы

1. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу. Официальная информация Минэнерго РФ. М., 2001.
2. Ливчак И. Ф. Квартирное водяное отопление. М., Изд-во МКХ РСФСР, 1950.
3. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учеб. для вузов. - М.: Стройиздат., 1991. 735

Арзамасцев А.Г., Ярцев А.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ

Липецкий Государственный Технический Университет

yartsevlekha@mail.ru

В настоящее время работа ряда энергетических установок характеризуется переходом на все более высокие температуры рабочего тела, что предъявляет повышенные требования к эффективности работы систем охлаждения. Выбор в качестве охладителя двухфазного потока, имеющего разность температур на границе раздела фаз и обладающего возможностью фазового перехода, позволяет существенно увеличить интенсивность процессов теплообмена. Но существующие в данной области экспериментальные и теоретические исследования не позволяют провести обобщающий анализ зависимости коэффициента теплоотдачи от параметров двухфазного потока.

Рассмотрим теплообмен при течении двухфазного тонкодисперсного потока в высокотемпературном цилиндрическом канале. Поток характеризуется влажностью d (масса жидкости, отнесенная к массе содержащего ее газа), средним диаметром капель d_k , давлением P , скоростью потока w_0 .

При описании теплообмена были приняты следующие допущения: температура поверхности превышает температуру Лейденфроста, то есть полностью исключен непосредственный контакт охлаждаемой поверхности с жидкокапельной компонентой потока [1]; скорость скольжения фаз при любом внезапном изменении скорости одной из них очень быстро стремится к нулю [2]; была использована гомогенная модель течения, суть которой состоит в замене реальной двухфазной среды гидродинамически гомогенной сплошной средой (смесью), имеющей средние эквивалентные параметры [2]; расчеты проводились только для конвективного теплообмена; капли рассматривались как внутренние отрицательные источники тепла; до начала формирования парового подслоя реализуется квазистационарный режим теплопроводности, при котором диаметр и температура капель приняты постоянными.

При ламинарном стабилизированном течении тонкодисперсного двухфазного потока в высокотемпературном цилиндрическом канале задана температура поверхности в начале участка стабили-

зации, плотность теплового потока полагается постоянной $q_c = const$, при этом само значение q_c неизвестно.

Особенностью теплообмена при течении в канале является наличие начального термического участка, на котором происходит стабилизация температурного поля, и участка стабилизированного течения.

При нахождении распределения температур по радиусу канала использовались те же принципы, что и для однофазного газового потока, дополненные учетом влияния жидкой фазы.

Используя предложенное для двухфазного потока распределение температур для случая, когда длина существования квазистационарного режима больше длины начального термического участка, получено критериальное уравнение по определению коэффициента теплоотдачи:

$$Nu = \frac{2,66 + 10,66 \cdot Fo}{1 + 5,33 \cdot Fo} \cdot (1 + \varepsilon),$$

$$\text{где } \varepsilon = \frac{\alpha_\kappa}{\alpha_z} = \frac{-i \cdot b \cdot R_{mp} \cdot J_1(i \cdot b \cdot R_{mp}) \cdot (1 + 5,33 \cdot Fo)}{J_0(i \cdot b \cdot R_{mp}) \cdot (1,33 + 5,33 \cdot Fo)} - \text{коэффициент, равный}$$

отношению теплового потока к капельной фазе к тепловому потоку к газовой фазе.

Для случая, когда длина квазистационарного режима меньше начального теплового участка, коэффициент теплоотдачи будет находиться по формуле:

$$\alpha_{\text{двухф}} = \frac{1,33 \cdot \lambda_z}{R_{mp}} \cdot \left(\frac{l_{н.м.}}{x} \right)^{0,5} + \lambda_z \cdot b \cdot \frac{-i \cdot J_1(i \cdot b \cdot R_{mp})}{J_0(i \cdot b \cdot R_{mp})}.$$

При турбулентном течении двухфазного потока в высокотемпературном цилиндрическом канале тепло от стенки к ядру потока передается через находящийся у поверхности вязкий ламинарный чисто газовый подслой. Тепловой поток теплопроводностью через тепловой подслой q_n на его внешней границе будет отводиться турбулентным переносом газовой фазы q_τ и тепловым потоком к капельной компоненте q_κ , то есть: $q_n = q_\tau + q_\kappa$.

Критериальное уравнение для нахождения коэффициента теплоотдачи при течении двухфазного потока будет иметь вид:

$$Nu_{\text{двухф}} = Nu_z \cdot \beta = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot \beta,$$

где β – коэффициент интенсификации теплообмена:

$$\beta = \frac{1 + \varepsilon}{1 + 0,76 \cdot \text{Re}^{-0,1} \cdot \varepsilon} \quad [3]; \quad \varepsilon = \frac{q_k}{q_m} = 43,47 \cdot b \cdot d_{mp} \cdot \frac{\text{Re}_d^{0,2} - 0,76 \cdot \text{Re}_d^{0,1}}{\text{Re}_d}$$
 – отношение теплового потока к жидкой фазе к тепловому потоку при турбулентном переносе.

Таким образом, изложенные в работе критериальные уравнения дают возможность расчета и анализа теплообмена между высоко нагретой поверхностью и двухфазным потоком, позволяют вычислить необходимые значения параметров потока, обеспечивающие требуемый коэффициент теплоотдачи, и могут быть использованы при разработке систем охлаждения высокотемпературных поверхностей.

Список литературы

1. Исаченко В. П., Кушнырев В. И. Струйное охлаждение / В. И. Кушнырев, В. П. Исаченко. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 216 с.
2. Губарев В. Я. Условия применимости гомогенной модели течения двухфазных потоков газожидкостных потоков: Механика и процессы управления / В. Я. Губарев // Труды XXXIII Уральского семинара, 2003. – с.80-87.
3. Губарев В. Я. Теплообмен при турбулентном течении газожидкостного потока в высокотемпературном цилиндрическом канале / В. Я. Губарев, А. Г. Арзамасцев // Вестник ТГТУ, 2012.-Т 18, №3 – с.609-614.

Баева М.Н.*, Ильин Р.А.**

МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ ТОПЛИВА НА ТЕПЛОВУЮ И ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

**Астраханский государственный технический университет*

***Лаборатория нетрадиционной энергетики Саратовского
научного центра РАН (при Астраханском государственном
техническом университете)*

kaften.astu@mail.ru

Снижение удельных расходов условного топлива (УРУТ) на отпуск электрической и тепловой энергии обеспечивает экономию затрат на производство энергии и повышает конкурентоспособность тепловых электростанций на рынке электроэнергии. Определение себестоимости электрической и тепловой энергии, производимой в отдельных специализированных теплоэнергетических установках не вызывает сложностей, поскольку расчет расхода топлива поддается простому учету. Проблема возникает при определении реальных топливных затрат на каждый вид энергии, производимый в

комбинированном теплофикационном цикле, что обусловлено не только термодинамической и физической особенностью данного цикла, но и механизмом формирования тарифов на энергоносители, учитывающим коммерческие интересы производителей и потребителей энергии. А устанавливаемые тарифы, к сожалению, не всегда являются экономически реальными, как, например, при перекрестном субсидировании промышленного и коммунального теплового потребления, когда платят за энергию, получаемую от централизованных источников, в несколько раз дороже ее себестоимости.

При централизованной плановой экономике (до 1996 г.) в электроэнергетике применялся физический метод распределения затрат топлива [1]. За период с 1985 по 1995 г. отпуск тепла снизился на 164 млн. Гкал, или на 23 %, что вызвало необходимость перехода отрасли на действующий в настоящее время метод раздельного производства энергии [2].

Начиная с 1996 г. этот метод стал применяться в качестве официально признанного в электроэнергетике. При государственном регулировании деятельности в области тепло- и электроснабжения метод раздельного производства был адекватен социально-экономическим условиям 1995 г.

Текущее экономическое положение электроэнергетической отрасли диктует необходимость применения метода распределения затрат топлива на тепло и электроэнергию, адекватного нашему времени, встает вопрос об оценке актуальности применяемых методов и разработке новых подходов.

Предлагается переход на физический метод распределения затрат топлива с одновременным выделением УРУТ на выработку электроэнергии для собственных нужд и последующим включением их в состав топлива, относимого на отпуск электроэнергии. Расчет УРУТ на тепло для ТЭЦ будет аналогичен расчету УРУТ для КУ, где затраты электроэнергии на собственные нужды не учитываются, а являются отдельной статьей при формировании тарифов. Теплоэлектроцентрали получают возможность конкурировать на ОРЭМ (оптовый рынок электроэнергии и мощности) и одновременно будут заинтересованы в привлечении тепловых потребителей, т.е. увеличивать долю теплофикационной выработки.

В современных рыночных отношениях необходимо искать и переходить на новые методы распределения затрат топлива. Методика должна: - обеспечивать конкурентоспособность обоих видов продук-

ции (электроэнергия и тепло); - стимулировать поддержание и развитие комбинированного производства выработки; - обеспечивать простоту и прозрачность расчетов; - стимулировать производителей к непрерывному совершенствованию технологического процесса.

Список литературы

1. РД 34.08.552-93. «Методические указания по составлению отчета электростанций и акционерного общества энергетики и теплофикации о тепловой экономичности оборудования», 1993. 124 с.

2. РД 34.08.552-95. «Методические указания по составлению отчета электростанций и акционерного общества энергетики и теплофикации о тепловой экономичности оборудования», 1998. 15 с.

Головчун С.Н. *, Ильин Р.А. **

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ГРАДИРЕН АСТРАХАНСКОЙ ПГУ-110

**Астраханский государственный технический университет*

***Лаборатория нетрадиционной энергетики Саратовского
научного центра РАН (при Астраханском государственном
техническом университете)*

kaften.astu@mail.ru

В настоящее время градирни Астраханской парогазовой установки мощностью 110 МВт (ПГУ-110) в зимнее время подвергаются обледенению. Это приводит к уменьшению проточной части для прохождения охлаждающего воздуха, вследствие чего ухудшается охлаждение циркуляционной воды. Из-за роста температуры циркуляционной воды происходит ухудшение вакуума в конденсаторе паровой турбины и происходит потеря электрической нагрузки на генераторе [1]. Для удаления ледяных наростов периодически применяется физическая сила оперативного персонала. Метод «отбивания» градирен имеет низкую эффективность и ведет к их преждевременному физическому износу. Периодичность «отбивки» зависит от температуры в зимний период, но в среднем составляет 3-4 часа, за это время обратная вода успевает нагреваться.

На градирни при помощи циркуляционных насосов подается обратная вода, которая в зимнее время имеет температуру порядка 40 °С. Предлагается по периметру обмерзающих конструкций наварить систему из труб, по которой будет подаваться теплая вода. Вода будет от-

бираться из линии подачи на форсунки градирни, проходить по трубам системы предотвращения обледенения и попадать в бассейн градирни.

Таким образом, сама обратная вода будет отогревать градирню. Система требует только монтажа трубопроводов и установки запорной арматуры для отключения в теплый период. Не требуется никаких дополнительных затрат кроме стоимости труб и арматуры. Работа системы исключит периодическое повышение температуры обратной воды и падение электрической нагрузки на генераторе паровой турбины.

Эмпирически были получены следующие данные: в зимнее время при отрицательной температуре окружающей среды каждые 3-4 часа происходит обледенение градирни и повышение обратной воды на 2-3 °С; за это время вакуум в конденсаторе ухудшается на 1-1,2 кПа; электрическая нагрузка на генераторе паровой турбины снижается на 0,2 МВт.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в среднем каждый час теряется 0,1 МВт. Соответственно каждые сутки теряется $24 \text{ час} \times 0,1 \text{ МВт} = 2,4 \text{ МВт}$. В г. Астрахани зимы бывают различные по температурным режимам, но даже если один месяц из всей зимы держатся отрицательные температуры, то за сезон получается $31 \text{ день} \cdot 2,4 \text{ МВт} = 74,4 \text{ МВт}$.

Рассчитаем прямые потери от недобора нагрузки:

$74,4 \text{ МВт} \cdot 1300 \text{ руб/МВт} = 96720 \text{ руб за год}$.

Для монтажа система предотвращения обледенения градирен Астраханской ПГУ-110, учитывая параметры градирни, потребуются 360 погонных метров стальных труб диаметром 40 мм и 12 сварных стальных шаровых кранов того же диаметра. Среднерыночная стоимость погонного метра трубы 230 руб, а кранов – 1050 руб.

Получаем затраты на систему:

трубы – $230 \text{ руб/м} \cdot 360 \text{ м} = 82800 \text{ руб}$;

краны – $12 \text{ шт} \cdot 1050 \text{ руб/шт} = 12600 \text{ руб}$.

Итого: 95400 руб.

Срок окупаемости предложения: $95400 \text{ руб} / 96720 \text{ руб} = 1 \text{ год}$.

Список литературы

1. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебн. пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. 2-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 584 с.

Дресвянкин В.С., Кравцов А.Г., Андреев В.В.
АНАЛИТИЧЕСКИЕ АППРОКСИМАЦИИ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУХОГО ВОЗДУХА
В ИДЕАЛЬНО-ГАЗОВОМ СОСТОЯНИИ
Национальный минерально-сырьевой университет “Горный”,
Санкт-Петербург
teplot_energiy@spmi.ru

В исследовательских, проектных и учебных программных разработках для выполнения теплотехнических, гидрогазодинамических расчетов теплоэнергетического оборудования и систем, а также процессов и циклов теплосиловых двигателей на ПЭВМ, в которых в качестве теплоносителя (рабочего тела) рассматривается сухой воздух, необходимо использование ряда его теплофизических свойств, как правило, представленных в табличной или графической форме. К таким свойствам воздуха относится ряд удельных характеристик: изохорная и изобарная теплоемкости, внутренняя энергия и энтальпия, а также коэффициенты переноса: теплопроводность, температуропроводность, кинематическая или динамическая вязкости и число Прандтля.

Конкретные величины свойств воздуха из таблиц и графиков регламентируются узлами сетки, тогда как промежуточные значения (в интервалах величин между узлами сеток) определяют интерполяционными методами, как правило, линейной интерполяцией. Это обстоятельство снижает точность расчетов. Для повышения точности табличные и графические значения свойств воздуха аппроксимированы компактными регрессионными формулами. В разработке аппроксимирующих зависимостей высокая степень соответствия исходных и приближенных значений свойств обеспечена применением метода наименьших квадратов совместно с ортогональными полиномами Чебышева. Обобщенная полиномиальная аналитическая зависимость для приближения характеристик воздуха имеет вид

$$y_j = \sum_{i=0}^{i=n} B_i \cdot (x_j)^i, \quad (1)$$

где y_j - аппроксимируемая функция (теплофизическая характеристика) состояния воздуха; x_j - аргумент в формуле аппроксимации;

B_i - коэффициенты регрессии; j, i – порядковые номера точки графика (или узла табличной сетки) и коэффициента регрессии; n – максимальная степень полинома.

Совмещение табличных значений теплоемкостей из источников л. 1 и л. 2 позволило удвоить суммарную выборку исходных данных, что положительно повлияло на минимизацию расхождения расчетных и экспериментальных значений при изменении температуры от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Регрессионные формулы для коэффициентов переноса воздуха получены обработкой исходных данных из приложения л. 3 в диапазоне изменения температуры от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Общей мерой отклонения экспериментальных и расчетных значений свойств воздуха рассматривалась дисперсия и среднее квадратичное отклонение. Минимизация этих мер обусловила 10-ю степень полинома вида (1) для теплоемкости, температуропроводности и кинематической вязкости, 7-ю степень полинома для приближения теплопроводности воздуха.

Максимальные расхождения Δu_j между расчетными и экспериментальными составляют $-0,15\%$ и $+0,24\%$.

Список литературы

1. Вукалович, М.П. Термодинамические свойства газов: учебное пособие - / М.П. Вукалович [и др.]. – М.: Машгиз., 1953. – 376 с.: ил.
2. Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства газов: справочник, издание 4-е, переработанное / С.Л. Ривкин – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 с.: ил.
3. Михеев, М.А. Основы теплопередачи. 2-е изд., стереотипное / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Изд-во “Энергия”, 1977. – 344 с.: ил.

Зварыкин И.И

АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ ПОТОКА КОНДЕНСАЦИОННОГО ФИЛЬТРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Воронежский государственный технический университет»*

rufky@mail.ru

Одним из основных средств повышения надежности и долговечности пневматических систем управления является оптимальная подготовка сжатого воздуха, включающая очистку его от загрязнений. Актуальность и важность очистки обуславливается тем, что загрязнения сжатого воздуха снижают долговечность пневматиче-

ских устройств и систем в 3 – 7 раз, а в некоторых условиях эксплуатации до 20 раз, выход из строя по этой причине составляет до 80 % от общего числа отказов. Кроме того, загрязнения сжатого воздуха ухудшают свойства продукции в тех видах производства, где сжатый воздух непосредственно соприкасается с продукцией.

Разработана установка для очистки газовых потоков от аэрозольных включений, основным узлом которой является разнотемпературный конденсационный фильтр (рис.1), обладающий универсальностью по температурным и расходным характеристикам рабочих сред.

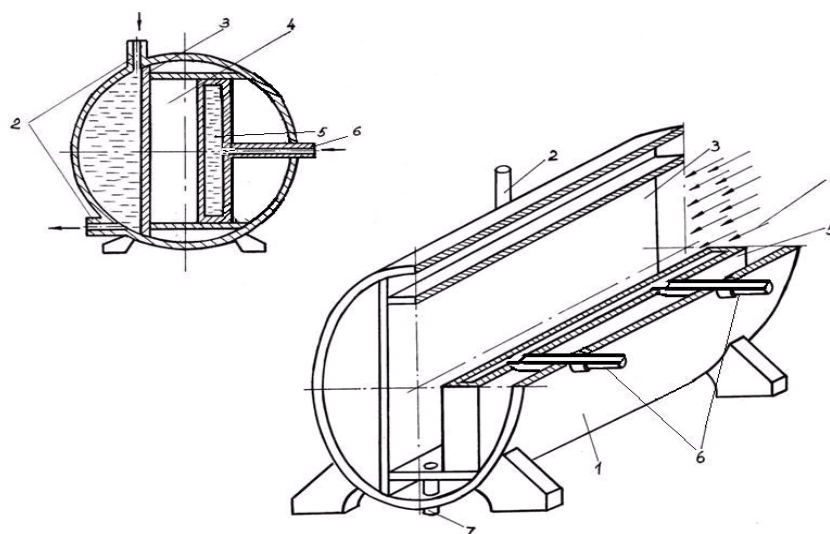


Рис. 1 Разнотемпературный конденсационный фильтр 1–корпус; 2 – подвод и отвод горячей воды; 3 – горячая стенка; 4 – газовый поток в канале; 5 – полость холодной воды; 6 – трубопроводы холодной воды; 7 –слив конденсата.

Был проведен ряд экспериментов с различными расходами сжатого воздуха через разнотемпературный канал (см. табл.).

Экспериментальные данные.

№ опыта	1	2	3	4
Расход, м ³ /ч	1	2	3	4

На рис. 2 представлена картина распределения скоростей в камере для первого опыта

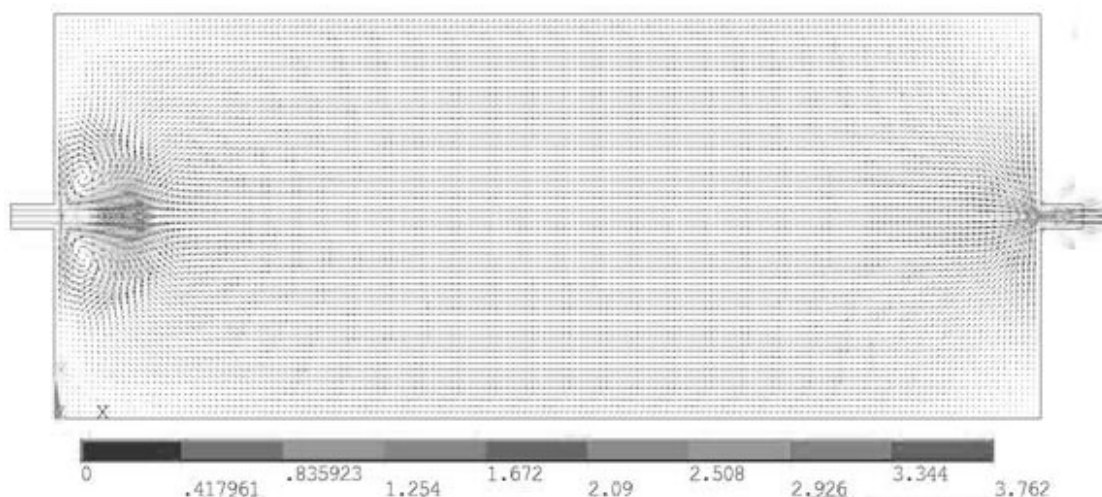


Рис. 2 Распределение скоростей в первом опыте

Список литературы

1. Вассерман А.А. Теплофизические свойства воздуха и его компонентов / А.А. Вассерман, Я.З. Казавгинский, В.А. Рабинович. – М.: «Наука» 1966.
2. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975. - 543 стр.
3. Баранников Н.М. Расчеты параметров влажного воздуха для пневматических и вентиляционных установок и кондиционеров / Н.М. Баранников. - М.: «Недра» 1975.

Ильин Р.А.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Лаборатория нетрадиционной энергетики Саратовского
научного центра РАН (при Астраханском государственном
техническом университете)*

kaften.astu@mail.ru

Быстрые темпы роста цен на традиционные топливно-энергетические ресурсы, загрязнение атмосферного воздуха, переход к децентрализованной энергетике делают все более актуальными применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Рассмотрим варианты использования ВИЭ для Астраханской области (АО).

Внедрение различных гелиотехнических устройств и систем на территории АО целесообразно для обеспечения горячего водоснабжения, тепло- и электроснабжения различных объектов.

Использование энергии ветра в АО возможно при применении: - ветроэлектрических установок (ВЭУ); - ветронасосных установок (ВНУ). Освоение ВЭУ в АО целесообразно, например, для систем децентрализованного электроснабжения фермерских хозяйств, полевых станков и др. сельскохозяйственных объектов с малым, в том числе автономным, электропотреблением.

Гидроресурсы АО ограничены. Строительство плотины Астраханской ГЭС вряд ли целесообразно, т. к. в этом случае, учитывая равнинный рельеф территории области, практически все населенные пункты и сельскохозяйственные угодья, расположенные в Волго-Ахтубинской пойме, оказались бы в зоне затопления водохранилища.

Наиболее подходящим сырьем для получения биогаза в условиях АО является навоз домашних животных и птичий помет, солома, используемая в качестве подстилки для животных, трава, ботва и т.п.; органическая часть твердых бытовых и хозяйственных органических отходов пищевых производств; осадки (шлам) сточных вод канализационных очистных сооружений.

Тепловые насосы в АО могут быть рекомендованы как источники снабжения теплом и горячей водой автономных жилых и производственных объектов.

Сценарий освоения ВИЭ должен предполагать постепенный рост доли использования возобновляемой энергетики в энергетическом балансе АО и достижения этой доли в обозримом будущем размера 5-7 %. Одним из главных условий реализации такого сценария является нормативно-правовое и информационно-пропагандистское обеспечение процесса освоения ВИЭ.

Одним из примеров использования солнечной энергии в Астраханской области является котельная в г. Нариманов где завершено строительство крупнейшей в России гелиоустановки мегаваттного класса площадью 4224 м² с 2200 СК типа Logosol SKN 1.-s фирмы Buderus [1]. Гелиоустановка построена на площади 24000 м². Расчетный расход нагреваемой до 55 °С воды 500 м³/сут (рис.1 и 2).

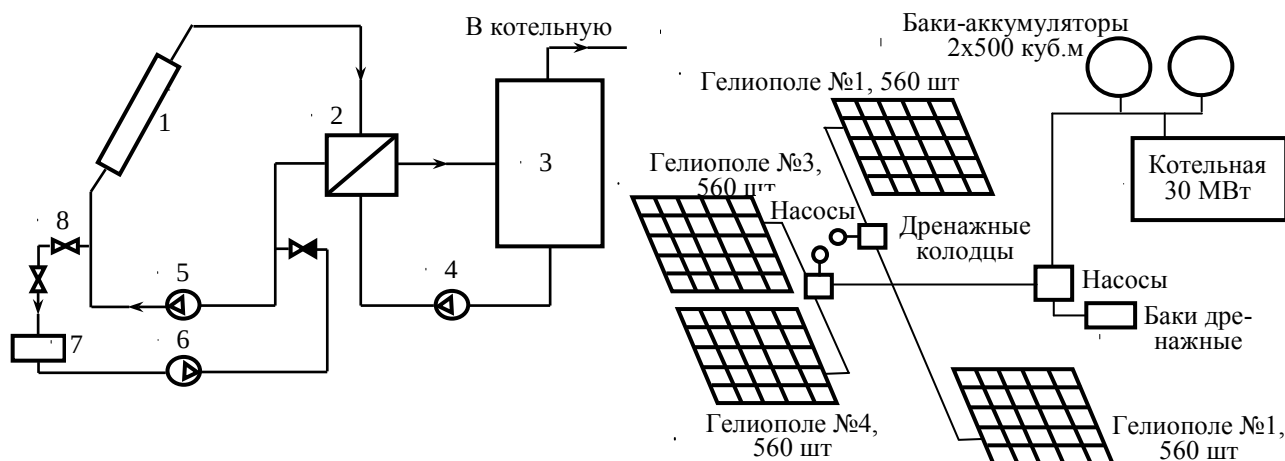


Рис.1. Принципиальная схема гелиоустановки в г. Нариманов Астраханской области: 1 – солнечные коллекторы; 2 – теплообменники; 3 – баки-аккумуляторы; 4 – насосы ГВС; 5 – насосы гелиоконтура; 6 – дренажные насосы; 7 – Дренажные баки; 8 – клапан аварийного слива

Рис.2. Компоновка гелиоустановки в г. Нариманов Астраханской области

Список литературы

1. Бутузов В.А. Перспективы солнечного теплоснабжения в России // Академия энергетики, 2014. №1. С.56-58.

Исьёмин Р.Л., Кузьмин С.Н., Климов Д.В., Милованов О.Ю. СЖИГАНИЕ ПОДСТИЛОЧНО-ПОМЕТНОЙ МАССЫ КАК СПОСОБ ЕЕ УТИЛИЗАЦИИ

Тамбовский государственный технический университет
marcelldm@mail.ru, admin@ido.tstu.ru

В ноябре 2011 года в Инжавинском районе Тамбовской области была запущена птицефабрика мощностью 100 тысяч тонн мяса птицы в год. В настоящее время идет реализация аналогичных проектов на территории Токаревского и Первомайского районов. Таким образом, суммарное производство мяса птицы в Тамбовской области может достичь 300 тысяч тонн в год.

В настоящее время для крупных птицефабриках используется технология выращивания на глубокой подстилке. Глубокая подстилка хорошо поглощает влагу, вредные газы, улучшает санитар-

ное состояние помещения, служит теплоизоляцией. Однако эта передовая технология имеет существенный недостаток – отходы при выращивании птицы образуются в количестве, примерно соответствующем произведенной полезной продукции, то есть региону придется решать задачу по утилизации 300 тысяч тонн подстильно-пометной массы в год.

Министерством природных ресурсов РФ утвержден «Федеральный классификационный каталог отходов», в который включены помет птиц с отнесением их к III классу опасности. А с учетом постановления правительства России от 12.07.2003 № 344 за размещение отхода III класса (птичьего помета) с птицефабрик взимается 497 руб. за тонну.

Одним из способов переработки подстильно-пометной массы является ее сушка с последующим гранулированием и получением биотоплива для собственных нужд.

Сжигание гранул, изготовленных из подстильно-пометной массы, осуществлялось нами в ранее разработанном котле с кипящим слоем, предназначенном для бесшлаковочного сжигания биотоплива с легкоплавкой золой [1]. При этом с помощью газоанализатора «VarioPlus» проводились непрерывные измерения КПД котла, температуры уходящих газов, содержания в них окиси углерода и окислов азота.

Оказалось, что содержание горючих в очаговом остатке приближалось к нулю. Поэтому, потери тепловой энергии определялись, в основном, потерями с уходящими дымовыми газами и потерями от химической неполноты сгорания, связанными с относительно высокой концентрацией окиси углерода (рис. 1) в дымовых газах.

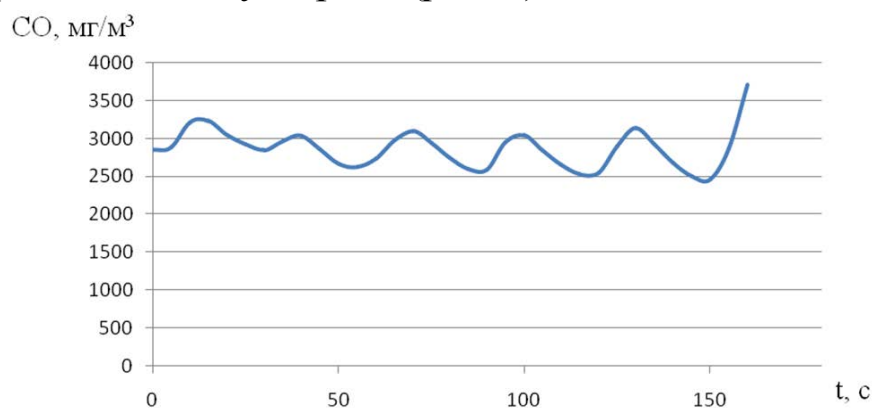


Рис. 1 Содержание CO в дымовых газах.

КПД котла колебался в пределах от 75 до 78,5 %. При сжигании гранул из подстильно-пометной массы концентрация окислов

окси азота колебалась в пределах от 400 до 900 мг/м³. Т.е. сжигание гранул из подстильно-пометной массы возможно с достаточно высоким КПД и умеренными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

Список литературы

1. Viryasov D., Isemin R., Konyakhin V., Kuzmin S., Mikhalev A., Development of technology of slagless combustion of agricultural wastes (straw) and designing and manufacturing of boilers where this technology is applied // Journal of Japan Institute of Energy, 2011, vol.90, № 6, pp. 569-572

Калинин В.Ф., Нагорнов С.А., Зазуля А.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БИОТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Тамбовский государственный технический университет

vfkalinin@rambler.ru, enefsystem@nnn.tstu.ru

В последние годы в связи с обостряющимся энергетическим кризисом и нарастающим дефицитом нефтяных энергоносителей повышенный интерес проявляется к топливам, получаемым из возобновляемых энергетических ресурсов растительного происхождения, сырьевые запасы которых практически неограниченны. Применительно к дизельным двигателям транспортного и сельскохозяйственного назначения перспективными считаются биотоплива из растительных масел [1]. Для условий европейской части России наиболее перспективными представляются топлива на основе рапсового масла. Использование биотоплива на базе рапсового масла позволит заменить нефтяные моторные топлива альтернативными и существенно улучшить показатели токсичности отработавших газов. Вместе с тем, биотоплива имеют физико-химические свойства, отличающиеся от свойств нефтяного дизельного топлива (ДТ) [2]. При переводе двигателей, изначально адаптированных к работе на ДТ, на биотоплива возникает ряд проблем, связанных с организацией рабочих процессов, в первую очередь – процессов топливоподачи, распыливания топлива, смесеобразования и сгорания. Поэтому необходима адаптация двигателей к работе на этом виде топлива. Одним из эффективных путей адаптации двигателей к работе на биотопливах является применение смесевых биотоплив.

Для проведения оптимизации состава многокомпонентных биотоплив разработана методика, базирующаяся на составлении обобщенного комплексного критерии оптимизации. Эта методика

предусматривает формирование обобщенного критерия оптимальности J_o в виде суммы частных критериев, характеризующих основные показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов.

Сравнение токсичности отработавших газов и топливной экономичности дизеля, работающего на исследуемых топливах, проводится с использованием относительного обобщенного критерия оптимальности $J_{o \text{ отн}}$, представляющего собой отношение критерия J_o , полученного для данного смесового топлива, к значению этого критерия $J_{o \text{ дт}}$, соответствующему работе на ДТ, т.е.

$$J_{o \text{ отн}} = J_o / J_{o \text{ дт}}.$$

В результате исследований установлено: наименьшее значение относительного обобщенного критерия оптимальности ($J_{o \text{ отн}}=1,000$) соответствует работе дизеля Д-245.12С на нефтяном ДТ, а наибольшее значение ($J_{o \text{ отн}}=1,089$) – работе на смеси 80 % ДТ + 10 % РМ + 10 % АИ-80. Наилучшее сочетание параметров топливной экономичности и токсичности ОГ обеспечивает смесь 85% ДТ, 5% РМ и 10% АИ-80. При работе дизеля на этой смеси обобщенный критерий оптимальности $J_{o \text{ отн}}$ имеет наименьшее значение ($J_{o \text{ отн}}=1,004$) по сравнению с другими многокомпонентными биотопливами. В этом случае выброс оксидов азота снижается на 7,6 %. Проведенные исследования подтвердили эффективность разработанной методики оптимизации состава многокомпонентных смесевых биотоплив для дизельных двигателей сельскохозяйственных машин и эффективность использования этих топлив в отечественных дизелях.

Список литературы

1. Нагорнов, С.А. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения /С.А. Нагорнов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2009. № 10. С. 55 – 60.
2. Романцова, С.В. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива / С.В. Романцова, С.А. Нагорнов // Наука в центральной России, 2013. № 2. С. 35 – 43.

Карпузова Н.Ю., Фокин В.М., Окатова А.А.
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОКЛАВНОЙ
ОБРАБОТКИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Волгоградский государственный архитектурно-строительный
университет

Karapuzova_ny@mail.ru

Качество выпускаемого силикатного кирпича во многом зависит от процессов, проходящих на заключительном этапе его производства – обработке теплой и влажной средой в автоклавах. Процесс тепловлажностной обработки силикатного кирпича в автоклавах делится на три периода: подъем температуры, изотермическая выдержка и снижение температуры.

Качество выпускаемых изделий зависит от теплового режима в камере автоклава. Для тепловлажностной обработки силикатного кирпича в автоклавах применяется влажный насыщенный пар, который быстро конденсируется и создает влажную среду в порах кирпича. Влажный пар с высокой степенью сухости не обеспечивает качественного процесса запаривания. В период изотермического процесса прогрева кирпича принимается давление пара 8-12 атм, что соответствует температурам 169,61 – 187,08 °С [1,2]. Интенсивное растворение кремнезема в растворе свободной гидроокиси кальция начинается при температуре 170°С и выше, дальнейшее повышение давления и температуры насыщенного пара приводит к увеличению прочности силикатного кирпича и сокращению общей продолжительности процесса запаривания.

Таблица 1

Параметры	Пар перед автоклавом	Пар внутри автоклава
P_1 кг/см ²	8,0	7,95
P_2 кг/см ²	0,1	0,1
t_1 °С	25	25
t_2 °С	57	54
G охл.воды (кг)	17,5	17,5
G конденс (кг)	1,074	1,15
i_x	663	551
x	0,92	0,78

Для оценки теплового режима цикла запаривания силикатного кирпича и его влияния на качество выпускаемой продукции на заводе силикатных и изоляционных материалов проведены экспериментальные исследования, в которых объектом исследования были водяной пар. Результаты исследований приведены в табл. 1.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что для получения качественного силикатного кирпича в процессе тепловлажностной обработки необходимо соблюдение следующих условий:

1. Степень сухости пара находится в пределах обеспечивающих оптимальный водный режим в порах силикатного кирпича во время автоклавного цикла запаривания.
2. Температура запаривания в зависимости от давления поддерживается от 170-174 градусов, при которых осуществляется образование гидросиликата кальция и кристаллического состояние.
3. Выпуск пара из автоклава должен быть плавным с медленным понижением давления, т.к. такой режим обеспечивает осаждение гидросиликата кальция, что способствует увеличению прочности кирпича.

Список литературы

1. Селин В.В. Техническая термодинамика: учебное пособие/В.В. Селин, В.М. Фокин; Волгогр. гос. арх.-строит. ун-т – Волгоград: ВолгГАСУ, 2008. – 132 с.
2. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики: Монография М.: «Издательство Машиностроение – 1», 2004. 172с.

Карпова Н.С.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I»*

karpn@mail.ru

Наиболее перспективным устройством автономного теплоснабжения, отвечающим современным требованиям экономичности, экологии и высокими эксплуатационными характеристиками, являются теплогенерирующие электромеханические преобразова-

телей (ТЭМП). Работа таких устройств основана на использовании асинхронного короткозамкнутого электрического двигателя, в котором вращающийся ротор выполняет дополнительную функцию нагрева теплоносителя. Особенности эксплуатации асинхронного двигателя в этом случае (в частности, непосредственное соседство с теплоносителем) требуют использования капсулированного статора. В результате в процессе работы обмотка статора находится в довольно сложных условиях термической нагрузки, на которые накладываются механические и электрические воздействия. Поэтому именно обмотку статора следует считать «слабым звеном» теплогенератора.

Анализ надежности показывает, что подавляющее большинство отказов асинхронных двигателей в эксплуатации (70 – 90 %) обусловлено отказами изоляции обмоток, одной из главных причин которых является наличие в изоляции «дефектов», представляющих собой сквозные повреждения. Процесс дефектообразования зависит от качества изоляционных материалов в состоянии поставки, конструктивно-технологических особенностей исполнения обмоток и уровней эксплуатационных нагрузок. Учитывая множество воздействующих факторов, появление сквозных дефектов в изоляции обмоток электродвигателей в процессе их изготовления и эксплуатации следует считать случайным процессом, подчиняющимся закону Пуассона.

Существующие методы оценки надежности изоляции не учитывают различные механизмы образования дефектов и не являются вследствие этого достаточно полными. Математическое моделирование процесса дефектообразования при комплексном воздействии технологических и эксплуатационных факторов позволит оценивать надежность и долговечность теплогенераторов еще на стадии проектирования.

Климов Д.В., Токарева Е.В., Гришин А.В.

**СОВМЕСТНОЕ СЖИГАНИЕ УГЛЯ И ПЕЛЛЕТИРОВАННОЙ
БИОМАССЫ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИ-
КОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК**

Тамбовский государственный технический университет

valentin.poopov@mail.ru

Несмотря на низкую стоимость одного кВт·ч энергии, выработанного при сжигании угля, существует немало проблем, сопро-

вождающих процесс. Основная из них – высокий уровень газообразных выбросов и золы.

Одной из современных технологий, обеспечивающих значительное сокращение выбросов, является совместное сжигание углей и пеллетированной биомассы. Технологически это возможно осуществить используя технологию кипящего слоя.

Применение котлов со сжиганием топлива в псевдоожиженном слое позволяет использовать различные по теплотехническим свойствам виды топлив (в т.ч. с высокой зольностью), сжигать смеси различных видов твердых топлив, снизить эмиссию угарного газа и оксидов азота [1]. Стоит отметить также и некоторые недостатки, среди которых чувствительность к неоднородности фракционного состава частиц топлива, высокий абразивный износ теплопередающих поверхностей.

Однако вышеперечисленные преимущества топок котлов со сжиганием топлива в псевдоожиженном слое делают их весьма перспективными для использования в теплогенерирующих установках как малой, так и большой производительности.

Схема топки с кипящим слоем представлена на рисунке. Здесь топливо из бункеров 3 и 4 подается в топку 1 на решетку 2. Под решетку вентилятором 5 нагнетается воздух, оживающий слой топлива. Несгоревшие частицы топлива, уносимые уходящими газами из топки в газоход, улавливаются в высокотемпературном циклоне и возвращаются на дожигание в топку.

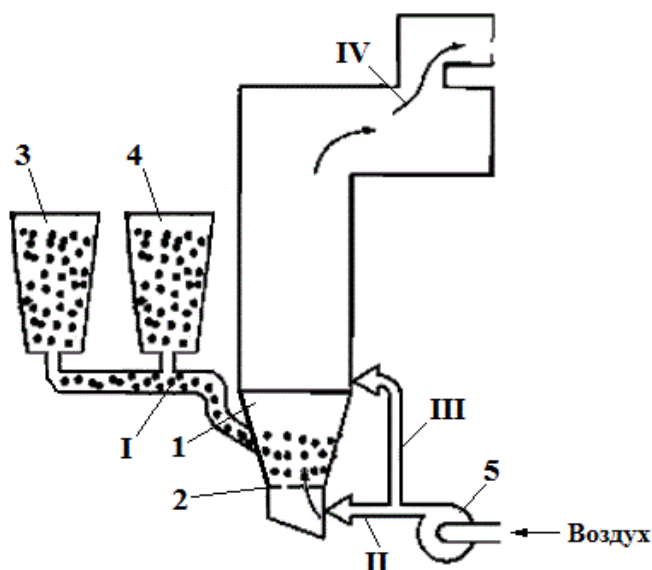


Рис. 1 – Схема топки с кипящим слоем: 1 – топка; 2 – решетка; 3 – бункер с угольным топливом; 4 – бункер с пеллетами; 5 – вентилятор; I – частицы топлива; II – первичный воздух; III – вторичный воздух; IV – дымовые газы

Описанный выше принцип реализован в котле, разработанном в Тамбовском государственном техническом университете, для совместного сжигания рядовых углей, угольных шламов, отсеков и штыбов с гранулированной биомассой.

Список литературы.

1. Котенко А., Фюрер И., Видхальм Э. Сжигание древесных отходов для производства тепловой и электрической энергии в Австрии / А. Котенко, И. Фюрер, Э. Видхальм // С.О.К. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2007. – №4.

Ковылин А.В., Попова А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИКОВОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ОКОННЫХ СТЕКЛОПАКЕТОВ

ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный

архитектурно-строительный университет

Kovylin.andrei@mail.ru

Для того чтобы знать теплофизические свойства (ТФС) строительного материала нужно знать его коэффициент теплопроводности λ , термическое сопротивление теплопроводности R , температуропроводность a .

Потери теплоты в окружающую среду бывают от наружных ограждений зданий: оконных стеклопакетов, пластикового профиля для оконных стеклопакетов. Для решения проблемы энергосбережения и снижения потерь теплоты в окружающую среду от наружных ограждений зданий — пластикового профиля для оконных стеклопакетов, нужно знать теплопроводность λ , термическое сопротивление теплопроводности R , плотность теплового потока q .

Существуют различные виды пластикового профиля: трёх и пяти камерные, толщиной 50...70 мм. Для исследования теплофизических свойств пластикового профиля для оконных стеклопакетов, был изготовлен пятикамерный профиль толщиной 60 мм. Размеры испытуемого образца: 250×250×60 мм.

Для исследования теплофизических свойств пластикового профиля для оконных стеклопакетов использовался заводской прибор:

измеритель теплопроводности ИТП-МГ4-250. Измеритель теплопроводности ИТП-МГ4-250 предназначен для определения коэффициента теплопроводности λ и термического сопротивления R твердых строительных материалов. Задавая в приборе ИТП-МГ4-250 значения температуры холодильника $t_x = 5^\circ\text{C}$ и нагревателя $t_n = 31,7^\circ\text{C}$, получены значения коэффициента теплопроводности λ , термического сопротивления теплопроводности R и плотности теплового потока q методом неразрушающего контроля.

В таблице 1 приведены теплофизические свойства пятикамерного пластикового профиля толщиной 60 мм. для оконных стеклопакетов.

Средняя температура пластикового профиля определяется по формуле:

$$t_{\text{ср}} = (t_n + t_x) / 2, \quad (1)$$

где t_n — температура нагревателя, $^\circ\text{C}$; t_x — температура холодильника, $^\circ\text{C}$.

Таблица 1

Теплофизические свойства пятикамерного пластикового профиля толщиной 60 мм. для оконных стеклопакетов.

Наименование	Средняя температура пластикового профиля $t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	Разность температур пластикового профиля $\Delta t, ^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопроводности $\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	Термическое сопротивление теплопроводности $R, (\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$	Плотность теплового потока $q, \text{Вт}/\text{м}^2$
Экспериментальные значения	18,4	26,7	0,14	0,428	62,3

Разность температур пластикового профиля определяется по формуле:

$$\Delta t = t_n - t_x. \quad (2)$$

Коэффициент теплопроводности двухкамерного стеклопакета с толщиной стёкол по 4 мм и зазоры между ними 10 мм. (4–10–4–10–4) равен $\lambda = 0,116 \dots 0,136 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Сравнивая полученные экспериментальные данные пятикамерного пластикового профиля толщиной 60 мм. и двухкамерного стеклопакета, можно сделать вывод, что коэффициент теплопро-

водности у пятикамерного пластикового профиля толщиной 60 мм почти такой же как у двухкамерного стеклопакета (4–10–4–10–4).

Список литературы

1. Фокин В.М. Энергоэффективные методы определения теплофизических свойств строительных материалов и изделий / В.М. Фокин, А.В. Ковылин, В.Н. Чернышов. – М.:Спектр, 2011. – 155 с.

2. Патент РФ на изобретение № 2421711 Способ неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов / Фокин В.М., Ковылин А.В.

Кравцов А.Г., Дресвянкин В.С., Андреев В.В.
**ПАРОВОДЯНОЙ ИНЖЕКТОР – АЛЬТЕРНАТИВА
СУЩЕСТВУЮЩИМ СРЕДСТВАМ ЦИРКУЛЯЦИИ И
ТЕПЛООБМЕНА.**

*Национальный минерально-сырьевой университет “Горный”,
Санкт-Петербург
teplot_energiy@spmi.ru*

По данным специалистов Санкт-Петербургского Академического центра теплоэнергоэффективных технологий 87% из всех тепловых электростанций (ТЭС) в качестве исходной используют теплоту водяного пара, часть энергии которого в результате ряда преобразований трансформируется в электрическую, сопровождаясь потерями до 50%. С повышением эффективности использовать этот пар в качестве источника энергии можно в компактных пароводяных инжекторах (ПВИ или струйных компрессорах), размещенных (с минимизацией потерь транспортировки рабочих сред к ПВИ) как в составе ТЭС, так и теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Помимо передачи теплоты инжектируемой среде ПВИ используются для сжатия и перемещения газов, паров и жидкостей (их циркуляции, подачи под давлением, значительно превышающим давление сред пар-вода на входе в ПВИ). Таким образом, ПВИ (одна единица оборудования без потребления электроэнергии) является одновременно не только насосом, но и теплообменным аппаратом (ТОА) смесительного типа, позволяющим осуществить в более простом и экономичном варианте замену бойлера с электронасосом для приготовления горячей воды (две единицы оборудования). ПВИ

прост в эксплуатации, долговечен (в нем отсутствуют трущиеся и вращающиеся детали), взрывопожаробезопасен, экологически чист и полностью индифферентен к перекачиваемым средам.

Следует отметить, что в нашей промышленности и энергетике имеет место развитое применение большего количества единиц оборудования там, где этого можно было бы избежать, сократив при этом общее потребление электроэнергии. В этом направлении, реализуя энергосберегающие возможности ПВИ с 1997 г., коллективом учёных и инженеров проводились работы по расчёту и внедрению ПВИ в промышленность [1]. Так, за период с 1997-2011 гг., была разработана проектная документация на более чем 20 модификаций конструкций ПВИ для различных теплоэнергетических систем (ГВС, систем отопления, питания деаэратора, питания парового котла) различной производительности (от 0,5 т/ч до 100 т/ч) [2]. Все эти модификации ПВИ применительно к системам ГВС и отопления были реализованы в промышленности и на практике в течение 17 лет под авторским надзором подтвердили свои комплексные проектные теплогидродинамические характеристики и эффективность как в части ТОА (для системы отопления максимальный нагрев осуществлялся по графику 70/120°C, для системы ГВС 10-20/70-80°C), так и в части транзитного назначения (напор от ПВИ обеспечил требуемую циркуляцию в системах с запасом по давлению на выходе). Накопленный определенный положительный опыт проектирования, изготовления, внедрения и эксплуатации ПВИ, может послужить основой для более широкого развития и применения этого направления струйной техники, существенно снизить общее потребление электроэнергии и расход пара. По оценкам специалистов экономия пара системы может составлять порядка 10%. При этом окупаемость систем с применением ПВИ может составлять от одного до трёх отопительных сезонов в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Список литературы.

1. Мясников В.Е., Кравцов А.Г., Наседкин С.П., Короткова Т.Ю. Методика расчета односоловой системы пароводяного инжектора. Межвуз. сборник научн. трудов “Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС” СПб., 1999.

2. Кравцов А.Г., Наседкин С.П., Соловьева А.Ф. Средства циркуляции и теплообмена, независимые от электрической энергии. МО РФ, Военный университет связи, «Инновационная деятельность в вооруженных силах Российской федерации», Труды всеармейской научно-технической конференции, СПб., 2002.

Ляшков В.И.

**О РОЛИ ВИРТУАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКОВ**

Тамбовский государственный технический университет
teplotehnika@nnn.tstu.ru

Стремительное развитие средств вычислительной техники и программного обеспечения ПК существенно расширяет возможности разработки и внедрения в учебный процесс инженерных кафедр самых разнообразных компьютерных практикумов для моделирования процессов в теплоэнергетических установках, включая виртуальные тренажеры и лабораторные работы [1]. В Интернете можно найти огромное количество сайтов, предлагающих такие материалы или принимающих заказы на их разработку [2]. Однако такие разработки выполнялись обычно под специфические запросы конкретного заказчика и часто не могут быть использованы в условиях другой дисциплины, другой кафедры, другого вуза. Весьма скромное финансирование образовательных программ заставляет отказываться от услуг профессионалов и заниматься разработкой виртуальных комплексов самих преподавателей кафедр.

Особую значимость названные дидактические материалы приобретают при организации дистанционного образования. И если в прежнее время такое образование в основном осуществлялось по гуманитарным направлениям, то на сегодня все шире предлагается подготовка и по инженерным специальностям, где без лабораторного практикума, без наглядных тренажеров, позволяющих, например, понять и отработать технологию разборки, сборки и наладки оборудования, просто невозможно обойтись [3].

Конечно же одной из самых эффективных форм дистанционного обучения являются видео лекции, сопровождающиеся конспективным изложением учебного материала и видеосюжетами по выполнению лабораторных работ или работе с реальными тренажерами. Но только усилиями преподавателей кафедры такое обеспечение

учебного процесса весьма затруднительно ввиду отсутствия профессиональной аппаратуры, режиссерских и операторских навыков.

В силу перечисленных обстоятельств на кафедре «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» для студентов магистратуры по дисциплине «Инженерный эксперимент» введен специальный раздел о разработке виртуальных объектов с выполнением специального раздела в курсовой работе. В результате будущие специалисты приобретают первоначальные умения и навыки разработки виртуальных приборов и других объектов, включая реальные АСНИ, работающие с подключенной к ПК платой АЦП-ЦАП.

Отдельные разработки студентов моделируют различные лабораторные установки для измерения теплофизических свойств веществ, другие – автоматизированное или ручное управление работой водогрейных котлов, третьи – работу насосных систем, обеспечивающих циркуляцию теплоносителя для открытой или закрытой системы теплоснабжения. Как правило, студенческие разработки целиком или после некоторой доработки предполагается использовать при дистанционном обучении. Наиболее удачные разработки планируется регистрировать в государственном реестре программ для ЭВМ. Естественно, что отдельные разработки используются и в учебном процессе бакалавров, поскольку демонстрируемые рядом с реальными лабораторными установками, они позволяют заметно уменьшить продолжительность каждого эксперимента за счет специально подбираемого масштаба времени (например, 1 с. для виртуального прибора соответствует 1 минуте в реальном эксперименте).

Мы разделяем мнение авторитетных авторов [1] о том, что использование виртуальных учебных комплексов не противопоставляет их натурным экспериментам, а дополняет и существенно расширяет перечень решаемых задач.

Список литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС. Учебник для вузов / В.Н. Луканин и др. -3-е изд., перераб., - М.: Высш. шк., 2007. - 414 с.
2. www.labrab.ru (Учебный портал виртуальных лабораторных работ).
3. http://tw.t.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html (Расчетный сервер МЭИ)

Майникова Н.Ф., Никулин С.С.
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ
Тамбовский государственный технический университет
teplotehnika@nnn.tstu.ru

Информационно-измерительная система ИИС предназначена для неразрушающего экспресс-контроля НК комплекса теплофизических свойств [1] и регистрации температурно-временных характеристик структурных переходов в полимерах и композиционных материалах на их основе [2]. Система (рис.) состоит из персонального компьютера *ПК*, встраиваемой в компьютер измерительно-управляющей платы *РСІ-1202Н*, измерительного зонда *ІЗ*, блока питания *БП*. При измерениях *ІЗ* устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого изделия. Тепловое воздействие постоянной мощности осуществляется с помощью нагревателя *Н*, выполненного в виде диска и встроенного в *ІЗ*. Мощность и длительность теплового воздействия задаются программно через интерфейс *І*, контроллер *К1*, цифро-аналоговый преобразователь *ЦАП*, регулируемый блок питания *БП*. Распределение температуры на поверхности исследуемого тела контролируется несколькими термопарами *ТП* одновременно. Фиксируется температура в центре нагревателя и на расстояниях от центра в плоскости контакта подложки *ІЗ* и исследуемого тела. Сигналы с *ТП* поступают через мультиплексор *П*, усилитель *У*, аналого-цифровой преобразователь *АЦП*, буфер обмена *Б* и интерфейс *І* в *ПК*. Контроллер *К2* обеспечивает необходимый порядок опроса каналов и различные диапазоны измерения на каждом из них. Сбор информации производится как при нагреве, так и при остывании исследуемого тела. В состав комплекта программного обеспечения ПО входят: драйверы аппаратных средств *РС-Card*; пакет программ системного интерфейса *РСІ*; операционная система *Windows*; библиотека ввода-вывода; язык программирования *Object Pascal*; программы пользователя,

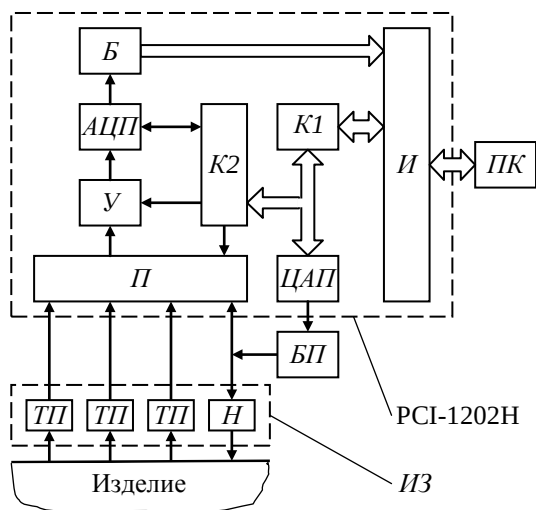


Рис.1 Информационно-измерительная система.

реализующие методы НК. ПО позволяет выполнять в программном режиме различные функции: управление напряжением, подаваемым на нагреватель; измерение; накопление и обработку информации; отображение информации в режиме реального времени в графической и цифровой форме.

Метод контроля теплофизических свойств предусматривает выделение на термограммах рабочих участков, которые

достаточно точно описываются аналитическими зависимостями, полученными при решении краевых задач теплопроводности [2]. Метод применен на моделях плоского и сферического полупространств. Контроль температурно-временных характеристик структурных превращений в полимерных материалах осуществляется по аномалиям теплофизических свойств (теплоемкости, тепловой активности, температуропроводности и теплопроводности) на узких температурном и временном интервалах, а также по аномалиям на зависимостях скорости изменения температуры от времени или температуры эксперимента в нескольких точках контроля при нагреве и остывании системы зонд - исследуемое тело. ПО позволяет выделять рабочие участки на экспериментально снятых термограммах, оценивать скорости изменения температуры в любой момент времени, дифференцировать фазовые и релаксационные переходы в полимерных материалах.

Список литературы

1. Жуков Н.П., Муромцев Ю.Л., Майникова Н.Ф. и др. Патент РФ 2167412, кл. G 01 N 25/18. Способ комплексного определения теплофизических свойств материалов // Открытия. Изобретения. 2001. № 14.
2. Жуков Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий: монография / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.

Першина Т.А.
ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ СИСТЕМ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный
университет
tatpersh@yandex.ru

Ключевым критерием эффективности и оптимальности управленческих решений по повышению продуктивности энергетических ресурсов служит потенциал энергосбережения. Под потенциалом снижения энергозатрат понимается разность в процентах между фактическими затратами и затратами на эталонном (лучшем для данного класса) объекте.

В Волгоградской области существующий потенциал энергосбережения, может быть реализован за счет установки тепловых насосов. Системы отопления, основанные на применении теплового насоса, отличаются экологической чистотой, так как работают без сжигания топлива и не производят вредных выбросов в атмосферу. Кроме того, они характеризуются экономичностью: при подводе к теплому насосу, например, 1 кВт электрической энергии, в зависимости от режима работы и условий эксплуатации он дает до 3-5 кВт тепловой энергии.

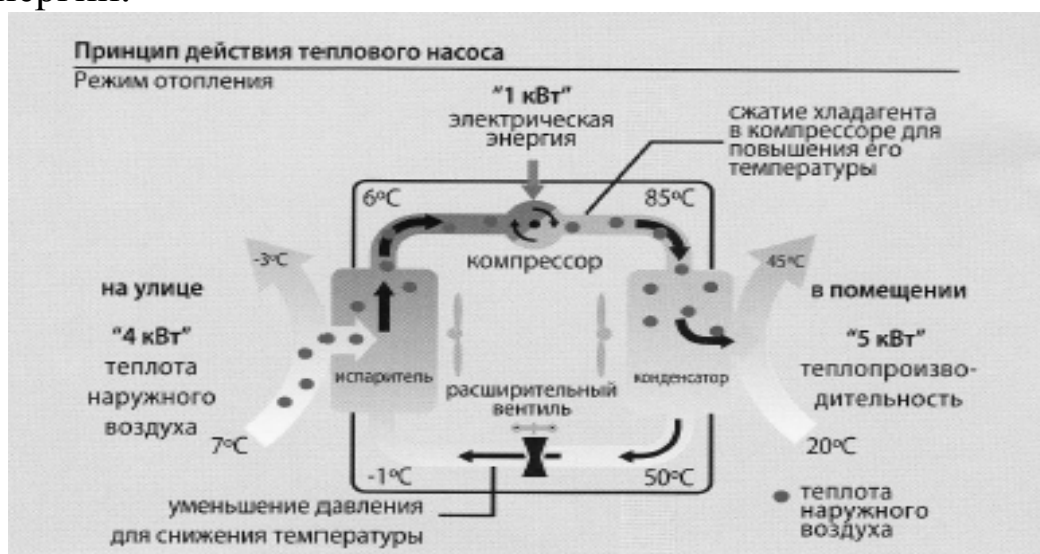


Рис. 1. Принцип действия теплового насоса

В 3 средних общеобразовательных учреждениях Волгоградской области отопление школы осуществлялось печами с установленными в них газовыми горелками, что относило здание к опасным производственным объектам со всеми вытекающими последствиями. Устройство газовой котельной на территории школ также было невозможным из-за отсутствия нормативных требований по размещению зданий котельных.

Для модернизации теплоснабжения школ были произведены расчеты экономических эффектов от проведения мероприятий по внедрению тепловых насосов системы Zubadan полупромышленной и бытовой серии, которые позволяют полностью обеспечить требуемый температурный режим помещений в пределах $+20$ - $+24^{\circ}\text{C}$. При этом среднее потребление электроэнергии за отопительный период 35-36 кВт*ч.

Результаты расчетов подтвердили целесообразность установки воздушных тепловых насосов на данных объектах. Также кроме экономического эффекта может быть получен еще экологический и социальный эффект.

Таблица 4

Расчет экономического эффекта от внедрения тепловых насосов типа «воздух-воздух» Mitsubishi Electric серии Zubadan

Показатели	Объекты		
	СОШ с. Покровка Ленинского района	СОШ на х. Майоровский Суровикинского района	СОШ с. Песковка Жирновского района
Стоимость тепловых насосов на 1м^2 , руб.	28500	28500	28500
Стоимость 10 кВт тепла, выработанного насосом, руб.	285000	285000	285000
Потребляемая мощность тепловыми насосами за отопительный период, кВт*час	6975,0	6975,0	6975,0
Капитальные затраты на тепловые насосы, руб.	2 371 200,00	2 771 340,0	2 934 360
Затраты электричества на отопление электрическими котлами за отопительный сезон, руб.	1 105 920,00	1 292 544,00	1 368 576,00
Затраты электричества на отопление тепловыми насосами за отопительный	27900	27900	27900

сезон, руб.			
Экономия при отказе от электродкотлов и использовании тепловых котлов за отопительный сезон, руб.	1 078 020,00	1 264 644,0	1 340 676,0
Срок окупаемости при использовании тепловых насосов	2,23	2,21	2,21

Список литературы.

1. ДОЦП «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Волгоградской области на период до 2020 года» N 120-п от 31.05.2012 г. (в ред. постановлений Правительства Волгоградской обл. от 26.02.2013 N75-п)

Писарогло М.В.

ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ОСАДКА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ТАМБОВА - КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.

Тамбовский государственный технический университет

pisaroglomv@rambler.ru

В мировой практике для утилизации и обезвреживания иловых осадков очистных сооружений – используют термические, химические, биологические и физико-химические методы. [1]

При термическом обезвреживании [2] осадок практически полностью минерализуется и сокращается в объеме в связи с тем, что органика и патогенные микроорганизмы разрушены.

Для очистных сооружений г. Тамбова предлагается технология торрефикации илового осадка с последующим его гранулированием. Последнее позволяет получить на выходе товарный продукт (пеллеты), используемый как в энергетических целях – топливо для твердотопливных котлов, так и сырье для химической промышленности – углесодержащие адсорбенты.

Торрефикацию (от французского *torrefaction* – обжарка, сушка) предлагается проводить при температуре 250 – 300 градусов по Цельсию без доступа воздуха в реакторе тарельчатого типа.

Она включает стадию сушки осадка в механическом фильтре, сгорание торрефицированной гранулы в котле с кипящим слоем, работающим на высокотемпературном теплоносителе (ВТТ) – кремне-органической жидкости, обеспечивающий необходимую температуру в тарельчатом реакторе. Стадия отжига происходит в

6-ти тарельчатом реакторе с косвенным обогревом ВТТ через стенку в безкислородной среде. Стадия гранулирования торрефицированной биомассы происходит в матричном грануляторе, высокопроизводительной линии, изготавливаемой ОАО «Продмаш» г. Ростов-на-Дону. Отожженная гранула затаривается в «биг-бэгги». Преимущества, получаемые, от торрефикации осадка на каждой стадии процесса представлены на рис.1

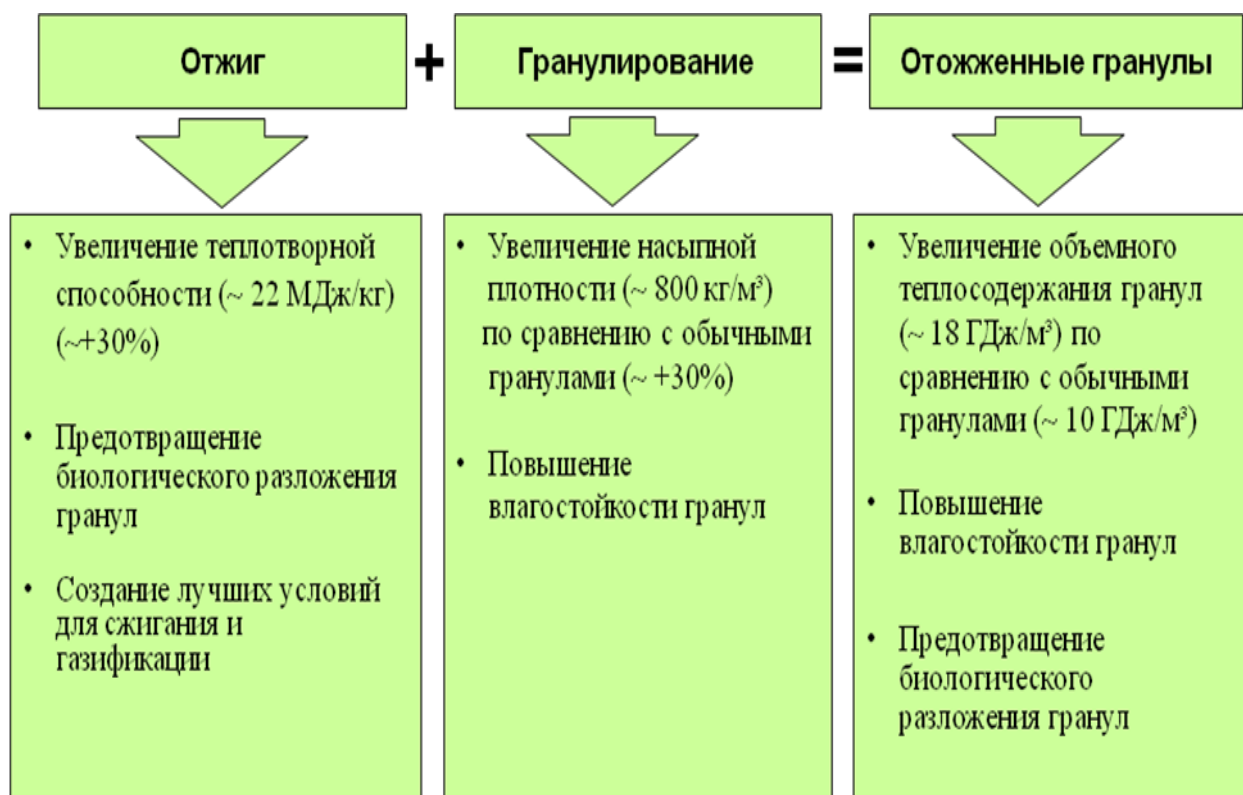


Рис. 1 Преимущества, получаемые от торрефикации на каждой стадии

Производительность энерготехнологического комплекса, выпускаемого ОАО «Продмаш» г. Ростов-на-Дону, по исходной грануле – от 2,5 до 8 т/ч, а по торрефицированным гранулам 1,1 т/ч, что позволяет решить проблему утилизации илового осадка г. Тамбова.

Список литературы

1. Бельков В.М. Методы технологии и концепции утилизации углеродосодержащих промышленных и твердых бытовых отходов. / В.М. Бельков Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) 2006 г.
2. Кретенот Д. Технология PYROFLUID-термическое окисление и утилизация осадка. "VEOLIA Water Technologies & Solutions", ЛакваренС1, Франция 2011 г.

Полунина Н.Ю., Rogov И.В., Рожков А.В.
**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА,
РЕАЛИЗУЮЩАЯ МНОГОМОДЕЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**
*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»
enefsystem@nnn.tstu.ru, teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Одним из направлений решения задач энергосбережения на объектах энергетики является применение высокоэффективной тепловой изоляции. Тепловая изоляция позволяет создать безопасные условия труда при проведении технологических процессов при заданных параметрах, снижает потери, обеспечивает изотермическое хранение различных веществ и топлив.

Теплотехническая эффективность тепловой изоляции определяется её теплофизическими свойствами (ТФС) (теплопроводностью, удельная теплоёмкостью и плотностью).

Исследование ТФС теплоизоляционных материалов возможно с применением разработанной на базе бикалориметра информационно-измерительной системы (ИИС). ИИС позволяет определять ТФС материалов с теплопроводностью $0,03 \dots 0,5$ Вт/(м·К) на образцах в виде диска диаметром 120...160 мм, толщиной 6...20 мм при воздействии на них тепловым потоком постоянной мощности [1].

ИИС для определения ТФС материалов составляют техническое, математическое и алгоритмическое обеспечения. К техническим средствам относятся: тепло-измерительная ячейка (ТИЯ) и блоки измерительно-управляющей подсистемы, а также термоэлектрические преобразователи (дифференциальные термопары ДТП1 и ДТП2). В основу работы ИИС положен многомодельный метод определения ТФС – математические модели теплопереноса в системе ядро-образец на стадиях нагрева, стационарной стадии и остывания [1]. В результате численного моделирования теплопереноса разработан алгоритм получения измерительной информации с помощью ИИС, а также алгоритм

обработки данных с целью определения искомых ТФС и погрешностей. Связующим звеном между оператором и аппаратной частью ИИС является программное обеспечение, позволяющее автоматизировать сбор измерительной информации, а также управление режимными параметрами ИИС в процессе теплофизического эксперимента.

На полученных в результате эксперимента термограммах (рис. 1) для образцов из полиметилметакрилата можно выделить рабочие участки (II, IV, VII), соответствующие регуляризации теплового режима в области нагревателя ТИЯ, на которых по расчётным выражениям [1] определяются ТФС. Участки (I, III, V, VI, VIII), являются переходными.

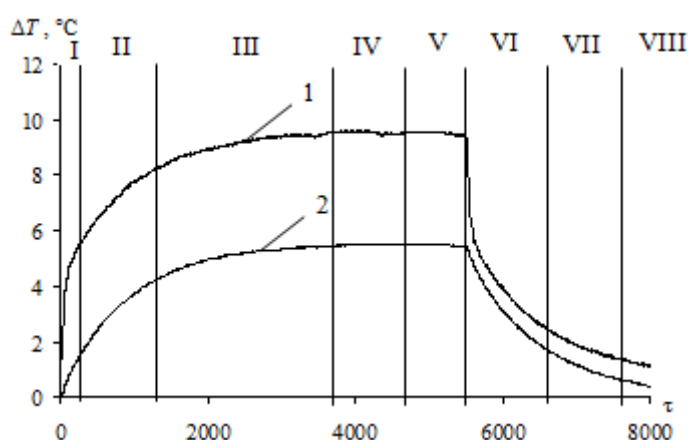


Рис. 1. Экспериментальные термограммы для образцов из полиметилметакрилата: 1 – показания ДТП 1; 1 – показания ДТП 2.

Условия опыта: диаметр образца $D = 120$ мм; толщина образца $h = 10$ мм; мощность электрического нагревателя $W = 3,22$ Вт.

Таким образом, многодельный метод позволяет определить комплекс ТФС материала за один эксперимент и обеспечивает самоконтроль за процессом измерения.

Список литературы

1. Математическая модель распространения тепла в системе двух тел / Рогов И.В., Майникова Н.Ф., Полунин Е.П., Тужилина Н.Ю. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2010. № 1-3 (38). С. 67–72.

Попов О.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ

В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

«Тамбовский государственный технический университет»

В данной работе рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов (твёрдофазных, релаксационных) в полимерных материалах, сопровождающихся тепловыми эффектами [1].

Согласно измерительной схеме, представленной на рис. 1, тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, осуществляется с помощью двух линейных нагревателей постоянной мощности, встроенных в подложку измерительного зонда (ИЗ). Начальное температурное распределение контролируется одновременно тремя термоэлектрическими преобразователями (ТП1 – ТП3), расположенными на поверхности подложки ИЗ. ТП1 расположен на линии центральной оси ИЗ. ТП2 и ТП3 находятся на расстояниях x' по обе стороны от оси (на центральных линиях нагревателей). В ходе эксперимента, каждым термоприемником, фиксируются зависимости избыточной температуры $T_{\text{ТП1}}$, $T_{\text{ТП2}}$, $T_{\text{ТП3}}$ от времени, а также значения разностей температуры на нагревателях и в точке, расположенной на центральной оси ИЗ.

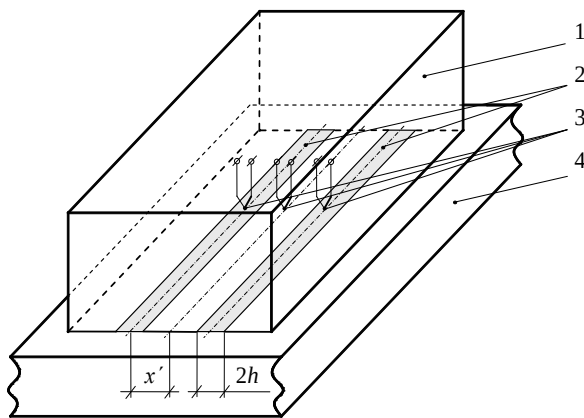


Рис. 1. Измерительная схема ИЗ:

1 – подложка измерительного зонда; 2 – нагреватели; 3 – термоэлектрические преобразователи; 4 – исследуемое изделие.

значений температуры ΔT между центральной осью ИЗ и центральной линией нагревателей:

Теоретическое обоснование метода с использованием двух источников тепла постоянной мощности представлено в работе [1].

Найденные решения могут быть использованы для решения задач оптимизации ИЗ при реализации теплового метода неразрушающего контроля структурных переходов в полимерных материалах.

Полученные выражения (1) и (2) позволяют определять величину теплового потока $\bar{q}_{10}$, который подает в материал каждый нагреватель, и действительный перепад

$$\bar{q}_{10} = \frac{\Delta T \pi \lambda}{p}, \quad (1)$$

где λ – теплопроводность, Вт/м·°С; ΔT – перепад значений температуры между центральной осью ИЗ и центральной линией нагревателей, °С; p – переменная, отражающая конструктивные особенности измерительного зонда.

$$\Delta T = \frac{\bar{q}_{10} a^{0,5} \tau^{0,5}}{\pi^{0,5} \lambda} \left\{ 2 \operatorname{erf} \left[\frac{h}{2 a^{0,5} \tau^{0,5}} \right] - \frac{h}{\pi^{0,5} a^{0,5} \tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[-\frac{h^2}{4 a \tau} \right] + \operatorname{erf} \left[\frac{h+2x'}{2 a^{0,5} \tau^{0,5}} \right] + \operatorname{erf} \left[\frac{h-2x'}{2 a^{0,5} \tau^{0,5}} \right] - \right. \\ \left. - \frac{h+2x'}{2 \pi^{0,5} a^{0,5} \tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[-\frac{(h+2x')^2}{4 a \tau} \right] - \frac{h-(x'+x')}{2 \pi^{0,5} a^{0,5} \tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[-\frac{(h-2x')^2}{4 a \tau} \right] - 2 \operatorname{erf} \left[\frac{h-x'}{2 a^{0,5} \tau^{0,5}} \right] - \right. \\ \left. - 2 \operatorname{erf} \left[\frac{h+x'}{2 a^{0,5} \tau^{0,5}} \right] + \frac{h-x'}{\pi^{0,5} a^{0,5} \tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[-\frac{(h-x')^2}{4 a \tau} \right] + \frac{h+x'}{\pi^{0,5} a^{0,5} \tau^{0,5}} \operatorname{Ei} \left[-\frac{(h+x')^2}{4 a \tau} \right] \right\}, \quad (2)$$

где τ – время, с; x – координата, м; h – половина ширины нагревателя, м; x' – расстояние от центра измерительного зонда до середины нагревателя, м; a – температуропроводность, м²/с.

Численные исследования выражений (1) и (2) показали, что оптимальным расстоянием от центральной оси ИЗ до середины нагревателя x' является расстояние равное 2,7 мм, а величину теплового потока воздействующего на полуограниченное тело, следует назначать в интервале значений 742 ... 9890 Вт/м².

Список литературы

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 В.Д., Климов Д.В., Токарева Е.В., Селянина Е.С.
ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕВОДА УГОЛЬНЫХ
КОТЕЛЬНЫХ В РОССИИ НА ТВЕРДОЕ БИОТОПЛИВО
Тамбовский государственный технический университет
 valentin.poopov@mail.ru

Состояние энергетической отрасли в России сегодня далеко от идеального. Большинство работающих котельных нуждается в модернизации. Однако относительно дешевый газ доступен далеко не всем, а уголь и мазут в ряде регионов, ввиду высоких транспортных издержек, непомерно дороги. Поэтому перевод котельных на твердое биотопливо, при котором возможно использование как непо-

средственно древесины, так и отходов лесной промышленности и сельского хозяйства, становится все более актуальным.

Твердое биотопливо в сравнении с традиционными ископаемыми углеводородными топливами обладает рядом преимуществ: возобновляемость, меньшее негативное воздействие на окружающую среду. Следует отметить, что для производства биотоплива могут использоваться отходы деревообработки и сельского хозяйства, что решает проблему их утилизации и, как следствие, положительно сказывается на экологической обстановке [1].

Перевод котельных на биотопливо и одновременная их модернизация позволяют резко сократить затраты на закупку привозного топлива, снизить стоимость произведенного тепла за счет снижения топливной составляющей, уменьшить загрязнение окружающей среды (таблица 1) [1].

Таблица 1– Сравнительная эффективность производства 10 000 МВт·ч/год тепловой энергии при сжигании различных видов топлива

Наименование		Древесное топливо (отходы)	Мазут	Газ	Уголь (Печор- ский бас- сейн)
Характеристики топ- лива:					
теплота сгорания Q_{ri} , МДж/кг:		10,2	39,8	37,46	18,3
содержание серы S_r , %		0,05	1,8	0	1
содержание золы A_r , %		0,6	0,05	0	29
КПД котла, %		85	87	90	82
Необходимый расход топлива		5281 пл.м ³ или 4146 т	1040 т	1067468 нм ³	2400 т
Затраты на топливо, руб.		5 386 620	10 608 000	1 910 768	10 200 000
Стоимость 1 МВт·ч с учетом только топлив- ной составляющей, руб.		538,7	1061,1	200,7	1020
Вредные выбросы, т / затраты на снижение выбросов, \$	NO ₂ SO ₂ CO ₂	4,28/23540 4,15/17010	10,16/55880 37,5/153750 3277/144188	3,57/19635 - 2412/106128	5,51/30305 48/196800 2293/100892

Список литературы

1. Анализ биотопливных рисков // Леспроминформ. – 2007 г. – № 8. – С. 54

Попов В.Д., Климов Д.В., Токарева Е.В., Степанов Е.В.

ТЕХНОЛОГИЯ УЛАВЛИВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА НА УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ, КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ

Тамбовский государственный технический университет

valentin.poopov@mail.ru

Увеличение потребности в энергии, приводит к увеличению объемов выбросов вредных газов, основную часть которых составляет углекислый газ, представляющий серьезную опасность для окружающей среды. Для решения этой проблемы была предложена технология улавливания и захоронения углекислого газа – CCS (Carbon capture and storage) [1].

Концепция CCS чрезвычайно проста: если при сжигании углеводородного топлива выделяется CO_2 в больших количествах, то нужно просто улавливать его на месте, не допуская попадания в атмосферу, а затем закачивать в подземные хранилища либо на дно океанов и морей.

Существует 3 принципиальных схемы улавливания углекислого газа, которые представлены на рисунке [1, с.25].

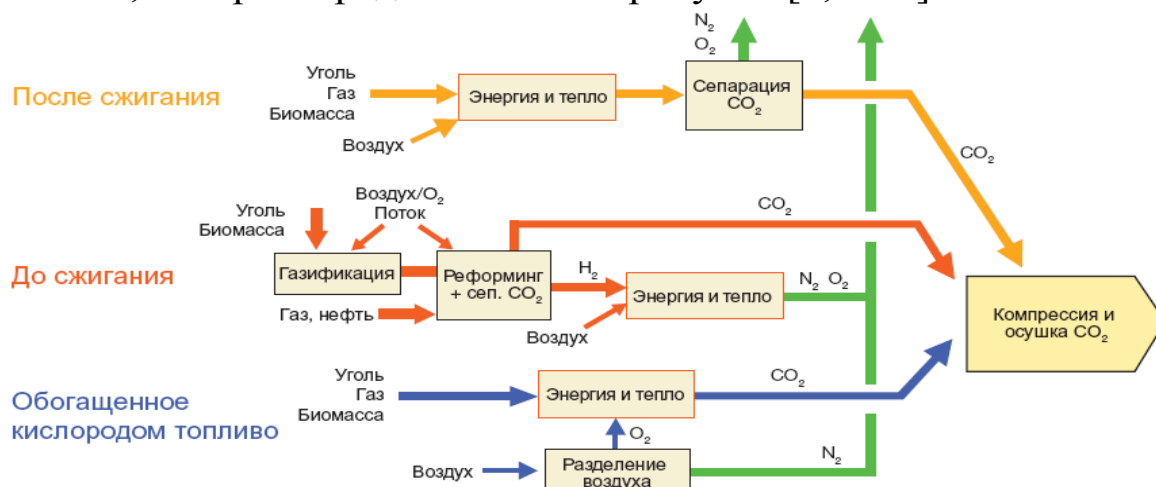


Рис. 1 – Принципиальные схемы улавливания выбросов CO_2

Современные системы улавливания до или после сжигания могут улавливать до 95 % образующегося CO_2 . Однако основная проблема этих решений заключается в их дороговизне, поскольку дополнительно необходима установка сепарирующего оборудования и требуется на 10 – 30 % больше энергии, в зависимости от типа системы, по сравнению с аналогичной установкой без улавливания.

Однако, по данным [1], ожидается, что КПД пылеугольных ТЭС с применением технологии CCS к 2030 году вырастет до 37 % (таблица).

Таблица 1– Прогнозируемая динамика развития угольных ТЭС в 2015 – 2030 гг.

Годы \ ТЭС		Пылеугольные ТЭС без применения технологии CCS	Пылеугольные ТЭС с применением технологии CCS
2015 – 2025	КПД, %	47	33
	Кап. затраты, евро/кВт установленной мощности	1125	1750
2025 – 2030	КПД, %	49	37
	Кап. затраты, евро/кВт установленной мощности	1015	1520

Список литературы

1. Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage «Intergovernmental panel on climate change» [Электронный ресурс] // Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage Summary for Policymakers and Technical Summary // Russian / IPCC – Intergovernmental panel on climate change.

Рожков А.В., Rogov И.В.

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

Тамбовский государственный технический университет

rozhartem@yandex.ru

Задача определения комплекса теплофизических свойств (ТФС) материалов напрямую связана с энергосбережением. Для

определения ТФС материалов перспективным является использование методов периодического нагрева. Преимуществом гармонического теплового воздействия (в сравнении с другими) является возможность управлять в широких пределах частотой колебаний источника, что упрощает условия оптимизации режима опыта и позволяет снижать влияние теплообмена объекта со средой.

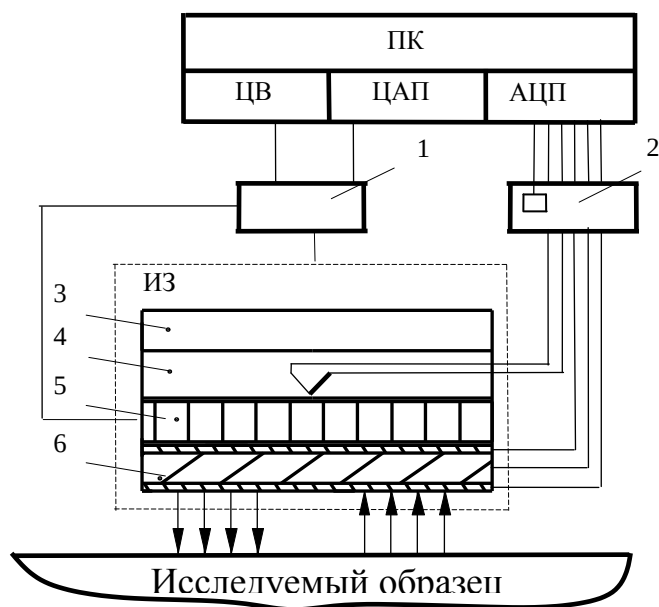


Рис.1 – Схема информационно-измерительной системы.

Схема измерительной системы (ИС), позволяющей реализовать метод, представлена на рис. Основным элементом ИС является измерительный зонд (ИЗ). ИЗ состоит из элемента Пельтье 5, тепломера 6 и охлаждающего устройства: радиатора 4 и вентилятора 3. ИЗ предназначен для создания гармонического теплового потока. Подсистема управления и питания ИС включает в себя: блок питания и управления 1 и блок холодных спаев термопар 2.

Управление и регистрация измерительной информации осуществляется с помощью персонального компьютера (ПК), оснащенного платой сбора данных. На аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) платы поступают сигналы с термодатчиков. Тепловое воздействие от элемента Пельтье регулируется через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Цифровые выходы (ЦВ) предназначены для включения реле питания элемента Пельтье и вентилятора охлаждения.

Теоретическую основу определения ТФС материалов составляет метод, основанный на решении краевой задачи теплопроводности, рассматривающей систему ограниченного и полугограниченного тел при гармоническом тепловом воздействии на поверхность ограниченного тела для квазистационарной стадии развития теплового процесса [1].

Получено решение для случая $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$:

$$\varepsilon_2 = 2(T_m/T_{mh}) \cdot \varepsilon_1 \cdot \exp(-\phi_h) - \varepsilon_1, \quad 1)$$

где T_{mh} – амплитуда колебаний температуры на границе ограниченного и полуограниченного тел; T_m – амплитуда колебаний температуры на поверхности полуограниченного тела; φ_h – сдвиг фазы между колебаниями температуры на границе ограниченного и полуограниченного тел и колебаниями температуры на поверхности ограниченного тела; ε_1 – тепловая активность тепломера; ε_2 – тепловая активность образца.

Для любых соотношений ε_1 и ε_2 :

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{\frac{2 \exp(-\sqrt{\omega' \cdot i})}{\Theta_{mh} \exp(\varphi_h i)} - (1 + \exp(-2\sqrt{\omega' \cdot i}))}{1 - \exp(-2\sqrt{\omega' \cdot i})}, \quad 2)$$

где $\Theta_{mh} = \frac{T_{mh}}{T_m}$; $\omega' = \frac{2\pi h_{\text{тепл}}^2}{\tau_{\text{пер}} a_{\text{тепл}}}$; $\tau_{\text{пер}}$ – период колебаний темпера-

туры;

$h_{\text{тепл}}$, $a_{\text{тепл}}$ – толщина и температуропроводность тепломера.

ИС реализует метод неразрушающего определения ТФС при периодическом тепловом воздействии на объект и может быть использована для определения размеров слоев в многослойных теплоизоляционных изделиях.

Список литературы

1. Моделирование теплопереноса в системе двух тел при гармоническом тепловом воздействии / И.В. Рогов, Н.Ф. Майникова, С.В. Молодов, О.Н. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 360 – 364.

Свешников С. А., Крамченков Е. М.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Липецкий государственный технический университет

svesh1991@yandex.ru

Повышение эффективности системы охлаждения центробежных компрессоров – одна из наиболее актуальных на сегодняшний день задач в области криотехники по причине широкого применения центробежных машин в качестве нагнетателей воздуха в блоки разделения.

За объект исследования в работе принят воздушный компрессор К-3000-61-1. Максимальное избыточное давление компрессора составляет 0,7 МПа. В качестве межсекционных охладителей в состав компрессорной установки входят воздухоохладители с двумя трубчатыми пучками типа ВО-1160, по одному за первой и второй секциями, а в качестве концевых – три воздухоохладителя с тремя трубными пучками типа ВОТ-380.

Для анализа работы системы охлаждения был выбран летний режим, как самый напряженный с точки зрения внешних условий.

В результате проведенных расчетов было выявлено, что в диапазоне температур от 10°C до 35°C температура воздуха после I-ого ПВО в среднем на 24,7% превышает расчетную температуру (32 – 48°C); после II-ого ПВО – на 31,6 %. Отклонение от расчетных температур после ПВО сказывается на завышенной температуре сжатого воздуха после II-ой и III-ей секций сжатия. Температура воздуха после II-ой секции сжатия в среднем на 12,3% превышает расчетную температуру (104 – 125°C). В III-ей секции наблюдается превышение на 16,2 %.. На выходе из КВО не достигается допустимый предел для входа в ВРУ (55 – 60°C). Кроме того, в связи с данными отклонениями увеличиваются энергозатраты на сжатие воздуха. Так, в среднем, мощность компрессора в летний период года превышает расчетную мощность на 2,9%, изотермический КПД так же на 2,9% ниже расчетного значения. Неудовлетворительная работа системы охлаждения зачастую вызвана загрязнением теплообменных поверхностей, а также плохим состоянием водоподводящих труб.

Один из резервов для совершенствования существующей системы охлаждения – приближение процесса сжатия к изотермическому, что может быть реализовано в системе охлаждения, работающей по следующему принципу: в выносных межсекционных холодильниках осуществляется контактный теплообмен между подаваемой водой оборотного цикла и горячим воздухом, кроме того, применяется испарительное охлаждение сжимаемого воздуха в процессе его компримирования за счет тепломассообмена с впрыскиваемой в компрессор жидкостью перед каждой секцией сжатия.

Для организации испарительного охлаждения используется вода паротурбинного цикла из конденсатора приводной турбины для недопущения загрязнения проточной части компрессора твер-

дыми отложениями солей, которые образуются при испарении не-подготовленной воды.

В результате проведенных расчетов и сравнительного анализа с действующей системой охлаждения было выявлено, что в диапазоне температур от 10°C до 35°C температура воздуха после I-ой секции сжатия с применением испарительного охлаждения уменьшилась в среднем в 2,05 раза по сравнению с действующей системой (102 – 138°C), после II-ой секции – в 1,62 раза, после III-ей секции – в 1,52 раза.

Соответственно, при охлаждении сжатого воздуха в межсекционных и концевых холодильниках до расчетного уровня действующей системы, суммарный расход оборотной воды в снизился, в зависимости от температуры наружного воздуха, в 2,8 – 4,2 раза по отношению к расходу оборотной воды в действующей системе (1310 м³/ч). Потребность системы в конденсате паротурбинного цикла в зависимости от температуры наружного воздуха лежит в диапазоне от 10,3 м³/ч до 14,1 м³/ч.

Реализация предложенных мероприятий позволяет увеличить изотермический КПД компрессорной установки на 18 %, с 66,9 % до 81,5 %; внутренний КПД компрессора на 9,7 %, с 82,2 % до 91 %. Кроме того, наблюдается снижение мощности привода компрессора в среднем на 13,8 %, с 17491 кВт до 15076 кВт.

Фокин В.М., Ковылин А.В., Лепилов В.И., Чернышкова Т.В.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВ-
НОСТИ ПУСТОТЕЛЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ
ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет

Повышение энергоэффективности ограждений зданий часто выполняется за счет пустотелости воздушными прослойками или пустотами различной формы.

Элемент ограждения здания с пустотами (кирпич) приведён на рисунке 1.

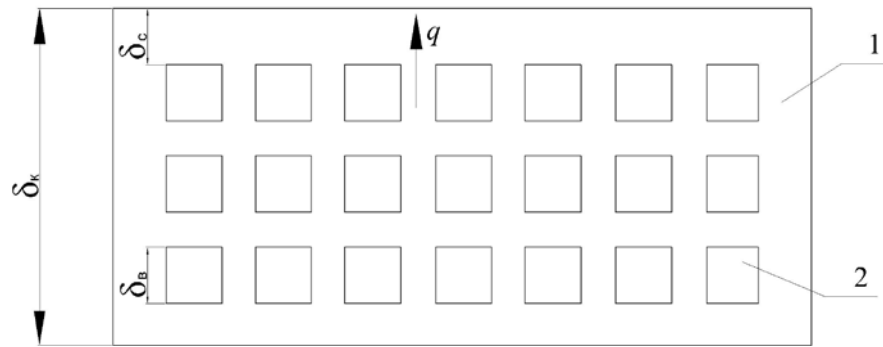


Рис. 1 Элемент ограждения здания с пустотами (кирпич).

1 — зона неизолированной прослойки;

2 — зона изолированной прослойки (воздушная прослойка)

Значение эффективного коэффициента теплопроводности изолируемого воздушными прослойками объёма ограждения, без учета не экранированной зоны ограждения, предлагается определять по формуле [1]:

$$\lambda_c = \frac{\sum \delta_c + \sum \delta_{\text{воз}}}{\frac{\sum \delta_c}{\lambda_c} + \frac{\sum \delta_{\text{воз}}}{\lambda_{\text{воз}}}},$$

где $\sum \delta_c$ — сумма толщин перегородок в не изолируемой зоне ограждения, м; $\sum \delta_{\text{воз}}$ — сумма толщин воздушных прослоек в изолируемой зоне ограждения, м; λ_c — коэффициент теплопроводности перегородок, (Вт/м·К); $\lambda_{\text{эф}}$ — коэффициент теплопроводности воздуха, (Вт/м·К).

Суммарный эквивалентный коэффициент теплопроводности ограждений зданий с учетом пустотелости воздушными прослойками или пустотами различной формы определяется из баланса теплоты ограждения. Через неизолированную зону 1 проходит количество теплоты Q_c , а через изолированную зону кирпича (кирпич с воздушной прослойкой) 2 — $Q_{\text{эф}}$.

Зона 1 — характеризуется плотностью теплового потока, направленного через неизолированную зону ограждения q_c , коэффициентом теплопроводности неизолированной зоны λ_c , разницей температур между холодной и теплой стенками неизолированной зоны ограждения Δt_c , площадью неизолированной зоны ограждения $F_{\text{с.к.}}$. Зона 2 характеризуется плотностью теплового потока, направленного через изолированную зону ограждения $q_{\text{эф}}$, эффективным коэффициентом теплопроводности изолированной зоны $\lambda_{\text{эф}}$, разницей температур между холодной и теплой стенками изолированной зоны ограждения $\Delta t_{\text{эф}}$, площадью изолированной зоны ограждения $F_{\text{эф.к.}}$. Толщина всех зон одинаковая и равна ширине ограждения δ_k , а об-

щая площадь сечения $F_k = F_{\text{эф.к}} + F_{\text{с.к}}$. Общее эквивалентное количество теплоты, прошедшее через сечение ограждения $Q_{\text{экв.к}}$, составит:

$$Q_{\text{экв.к}} = Q_{\text{эф}} + Q_{\text{с}}. \quad (1)$$

Эквивалентная теплопроводность имеет известное уравнение:

$$\lambda_{\text{экв.к}} = \frac{q_{\text{экв.к}} \cdot \delta_k}{\Delta t} \quad (2)$$

В общем виде формула (2) имеет вид:

$$\lambda_{\text{экв}} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \lambda_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^n F_i \cdot \lambda_i = F_1 \cdot \lambda_1 + F_2 \cdot \lambda_2 + \dots + F_n \cdot \lambda_n$ — алгебраическая сумма произведений коэффициентов теплопроводности на площадь поперечного сечения материалов, входящих в систему, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \cdot \text{м}^2$; $\sum_{i=1}^n F_i = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ — алгебраическая сумма поперечного сечения площадей материалов, входящих в систему, м^2 .

Назовем формулу (3), формулой расчета эквивалентного коэффициента теплопроводности $\lambda_{\text{экв}}$ для изделий и ограждений, имеющих пустотелые воздушные прослойки, в которых отсутствует конвективная составляющая теплового потока.

В настоящее время разрабатываются научно-методологические основы экспериментального подтверждения определения теплофизических свойств пустотелых ограждений зданий методом неразрушающего контроля и методом электротепловой аналогии.

Список литературы

1. Фокин В.М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена. М.: Машиностроение-1, 2006, 256 с.

Фокин В.М., Усадский Д.Г., Попов Д.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ
ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет

Энергетическая политика Российской Федерации направлена на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и переход экономики на путь энергосбережения [3].

Устойчивое и быстрое удорожание органического топлива в современных условиях требует активно внедрять в промышленных масштабах альтернативную энергосберегающую технологию, модернизировать технику получения энергии с одновременным повышением энергоэффективности объектов при соблюдении экологии и сокращении вредных выбросов в атмосферу. Необходимость снижения выброса парниковых газов от энергетических объектов во многих странах рассматривается самым серьёзным образом. Сложившаяся экологическая напряжённость в ряде городов и мегаполисов может быть сглажена за счёт снижения вредных выбросов от энергетических установок.

Одним из наиболее перспективных видов возобновляемой энергии является геотермальная энергия. Геотермальные энергетические ресурсы относятся к низкопотенциальным, невозобновляемым, но неисчерпаемым. Геотермальные ресурсы, расположенные на глубине до 3 км, подразделяют на: горячую воду, сухой пар, горячие скальные породы и подземные воды под давлением. Основной объём мировых геотермальных энергетических ресурсов приходится на низкотемпературные источники энергии с температурой менее 100 °С.

Значительная часть земных недр имеет запасы геотермальной энергии, наличие которой обусловлено геофизическими, тектоническими процессами в недрах, вулканической и радиационной активностью. В первую очередь, реальным резервом для эффективного использования геотермальной энергии являются именно консервированные нефтегазодобывающие скважины, по причине их высокой обводнённости (95...95%) и нерентабельности их эксплуатации по прямому назначению. Значительные запасы геотермальных ресурсов и новейшие энергетические технологии по эффективности приближают геотермальную энергетику к традиционным энергетическим ресурсам. В настоящее время в России доля возобновляемых источников энергии составляет менее 1%. Устойчивая тенденция удорожания топлива в современных условиях требует внедрения в промышленных масштабах ресурсосберегающие технологии и использовать возобновляемую энергию.

Геотермальная энергетика не зависит от наземного режима окружающей среды (солнце, ветер и др.) и способна радикально на наиболее экономичной основе решить проблемы энергоснабжения и теплоснабжения, в первую очередь, отдалённых районов страны, которые пользуются дорогим привозным топливом. Геотермальная

энергетика имеет возможность занять важное место в общем балансе использования энергии. При условии внедрения схем использования низкопотенциальных источников геотермальной энергии совместно с тепловыми насосами возможно снизить расход органического топлива на 20...25% [1].

Для обеспечения включения геотермальной энергетики в топливно-энергетический баланс страны необходимо решить большой комплекс технологических, теплофизических и других проблем, связанных с созданием и эксплуатацией рентабельных геотермальных энергетических систем. Экономическая эффективность геотермальной энергетики зависит от снижения стоимости геотермальных скважин и от совершенствования методов увеличения их производительности. Требуется разработать энергоэффективные методы извлечения из недр геотермальной теплоты и рациональные схемы ее использования [2].

Существующий реальный фонд законсервированных и ликвидированных глубоких нефтегазодобывающих скважин исчисляется многими десятками единиц. Данные скважины выбыли из нефтегазовой эксплуатации, но являются приоритетным для эффективного вторичного использования геотермальной пластовой жидкости, так как расположены в технологически обустроенной нефтегазодобывающей системе. После проектирования и строительства первоочередного объекта для опытно-промышленной эксплуатации на Котовском месторождении Волгоградской области возможно будет эффективно использовать геотермальную энергию на соседних нефтегазовых месторождениях.

Вывод: выполнено обобщение преимуществ геотермальной энергетики перед другими видами возобновляемых ресурсов, проведён анализ основных принципиальных схем использования геотермальной энергии.

Список литературы

1. Фокин В.М. Основы энергосбережения в вопросах теплообмена. М.: Машиностроение-1, 2006, 256 с;
2. Фокин В.М. Геотермальные устройства в системах теплоснабжения / В.М. Фокин, Е.В. Бодрова ; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Волгогр. Гос. Архит.-строит. Ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. – 100 с.;
3. Усадский Д.Г., Карпенко А.Н. Автономные системы отопления с энергоэффективными теплопередающими устройствами; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Волгогр. Гос. Архит.-строит. Ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. – 71 с.

Черепанцева А.А. Мануковская Т.Г.
ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В
ПРАКТИКЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
Липецкий государственный технический университет
cherepnastya@yandex.ru, rw3gl@inbox.ru

Материалы ограждающих конструкций обладают теплоаккумулирующей способностью - при нагревании они поглощают, а при остывании отдают определённое количество теплоты. Способность здания аккумулировать теплоту характеризуется коэффициентом тепловой аккумуляции β , который показывает как быстро при изменении подачи теплоты будет меняться температура воздуха внутри помещения. Коэффициент тепловой аккумуляции определяется как отношение полной удельной теплоёмкости здания $C_{зд}$ к его удельным теплопотерям $Q_{уд}$ и зависит от массы и теплофизических характеристик материалов ограждающих конструкций. Для каждого конкретного здания коэффициент тепловой аккумуляции является постоянной величиной, и его значение тем больше, чем больше масса наружных ограждений и их теплоёмкость и чем меньше удельные теплопотери здания на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ разности температур.

Для производственного объекта (пивоваренный мини-завод) с собственным теплоисточником предлагается учитывать теплоаккумулирующие свойства ограждений при определении необходимого количества тепловой энергии и её отпуске потребителю.

Единое здание завода состоит из смежно расположенных цеха и административно-бытового корпуса, коэффициенты тепловой аккумуляции которых составляют соответственно 11 и 17 часов.

Применение на заводе схемы периодического теплоснабжения с уменьшением теплоотпуска в нерабочее время и подачей максимального количества теплоты в режиме «натопа» за несколько часов до начала рабочего дня даёт 10-20% среднесуточной экономии тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха, и чем выше температура наружного воздуха, тем больше экономия тепла.

На рис. 1, 2 представлен характер суточного изменения внутренней температуры воздуха и теплоступлений для цеха и АБК.

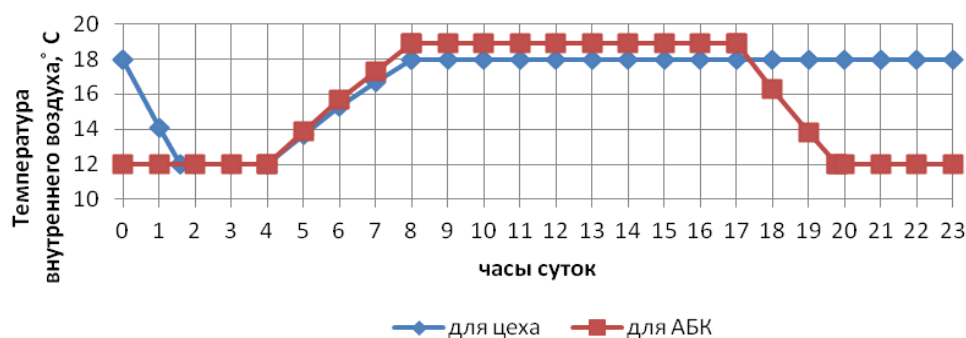


Рис. 1. Характер изменения температуры внутреннего воздуха цеха и АБК в течение суток

Таким образом, в направлении поиска путей повышения экономичности теплоснабжения и снижения затрат на топливо свою эффективность подтверждают системы периодического отопления, принцип действия которых основан на использовании теплоаккумулирующих свойств ограждающих конструкций.

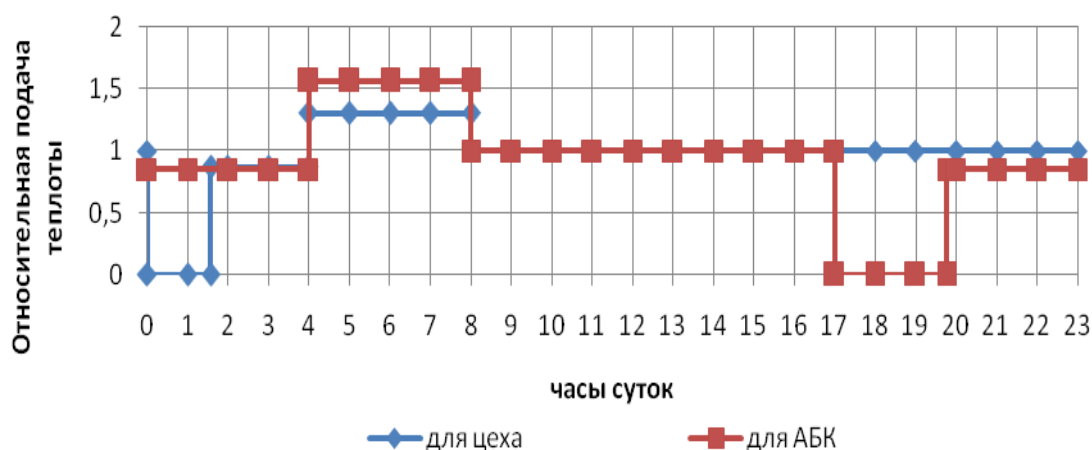


Рис. 2. Характер изменения относительной подачи теплоты в цех и АБК в течение суток

Список литературы

1. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки / Ю.В.Кононович. — М.: Стройиздат, 1986. — 157 с.
2. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст]/ Е.Я.Соколов. Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. //М.: Энергоиздат, 1982, 360 с : ил.

Червонная О.Н.
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ Г. ТАМБОВА
ОТ ПОДВЕДОМСВЕННЫХ

МУП «ТАМБОВТЕПЛОСЕРВИС» КОТЕЛЬНЫХ
Тамбовский государственный технический университет
riziaya@mail.ru

Котельные «Тамбовтеплосервис» находятся во всех районах г. Тамбова, для организации эксплуатации котельных они были объединены в производственные участки по административным районам города. Фактические технико-экономические показатели работы предприятия в период 2007-2012 гг. представлены в таблице 1, позволяют провести анализ функционирования системы теплоснабжения г. Тамбова с выдачей рекомендаций по повышению ее эффективности.

Таблица 1-Сводная технико-экономических показателей предприятия за 2007-2012 года.

	единица измерения	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	температура н.в. ОЗП	факт - 1,3С	факт- 1,1С	факт- 1,8С	факт - 3,4С	факт - 2,3С	факт - 3,4С
Расход газа	тыс.м ³	73 353	72 301	77 551	77 628	80 356	75 526
Удельн.расход газа на выработ	м ³ /Гкал	151.3	152.4	151.9	151.6	157.8	160.9
Условное топливо на выработку	тн.у.т.	83 979	82 754	89 172	89 260	92 552	87 248
Удельн.расход усл.топл. на выработку	кг.у.т./Гкал	173.2	174.4	174.6	174.3	181.7	185.8
КПД котельных	%	82.5	81.9	81.8	82.0	78.6	76.9
Выработка тепл. энергии	Гкал	484738	474525	510658	512131	509237	469546
Расход на собств. нужды	Гкал	10 139	10 156	10 676	11 188	11 268	10 359
	%	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2
Отпуск тепл. энергии	Гкал	474599	464370	499981	500943	497970	459188
Потери в сетях	Гкал	39 873	44 203	47 877	48 972	55 514	50 879
	%	8.4	9.5	9.6	9.8	11.1	11.1
Реализация тепл. энергии	Гкал	434 726	420 166	452 104	451 971	442 455	408 309
Расход эл/энергии котельными	кВт*ч	11637057	12028208	13110289	13179721	13739665	12967486
Уд. расход эл/энергии на	кВт*ч/Гкал	24.0	25.3	25.7	25.7	27.0	27.6

выраб.							
Расход воды по котельным	м ³	217 104	211 270	214 669	204 791	230 060	349 779
Расход стоков по котельным	м ³	64 616	64 629	64 703	54 605	54 065	57 395
подпитка	м ³	152 488	146 641	149 966	150 186	175 995	291 943

В сводной таблице видим снижение КПД работы котельных МУП «Теплосервиса» и рост процента потерь в тепловых сетях, решить эту проблему можно выполняя план развития МУП «Теплосервис».

В производственной сфере это: оптимизация сети районных котельных с выводом из эксплуатации подвальных и маломощных котельных с присоединением их нагрузки к более крупным, замена изношенных тепловых квартальных сетей на современные с предизолированной изоляцией на основе стальных и полимерных труб, замена оборудования крупных районных котельных на энергоэффективное, с применением АСКУЭР и исключением человеческого фактора при эксплуатации, при дефиците электроэнергии в г.Тамбове – создания когенерационных установок в крупных котельных с применением газопоршневых машин для небольших промышленных потребителей.

В экономической сфере это: увеличение прибыли предприятия за счет снижения затрат на собственные нужды, проведение оптимизации структуры предприятия и фонда оплаты труда, привлечение инвестиционного капитала разных уровней – регионального, областного, федерального и частного для решения вышеперечисленных задач.

В экологической сфере - уменьшение вредных выбросов в окружающую среду с утилизацией тепла уходящих газов.

Список литературы

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Постановление правительства Российской Федерации от 31.12.2009 г. №1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
3. Косяков С.А. статья «Концепция энергосбережения в АО – Энерго» www.es.tomsk.ru

СЕКЦИЯ 3

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Айталиева Л.Н. *, Ильин Р.А. **

**СНИЖЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ В ФИЛИАЛЕ ОАО «МРСК ЮГА» -
«АСТРАХАНЬЭНЕРГО» В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ
ПРОГРАММЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Астраханский государственный технический университет*

***Лаборатория нетрадиционной энергетики Саратовского
научного центра РАН (при Астраханском государственном
техническом университете)*

kaften.astu@mail.ru

Во исполнение требований Федерального закона № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» от 23 ноября 2009 г. в Филиале ОАО «МРСК Юга»-«Астраханьэнерго» в 2010 году разработана Программа перспективного развития систем учета электроэнергии на розничном рынке электроэнергии [1] (далее – Программа).

Существующая система коммерческого учета обеспечивает измерение электрической энергии по границам балансовой принадлежности филиала ОАО «МРСК Юга»-«Астраханьэнерго», с шин подстанций ПС 35-110 кВ, в количестве 126 шт. и ТП 6-10/0,4 кВ, в количестве 3385 шт.

В результате поэтапного (2010 - 2020 г.г.) внедрения Программы должны быть достигнуты следующие технико-экономические показатели:

- Своевременное и надежное обеспечение всех участников рынка электроэнергии достоверной информацией о фактическом движении товарной продукции (электроэнергии и мощности, оказания услуг по передаче).

- Снижение затрат по обязательствам Региональной сетевой компании (РСК) по покупке потерь электроэнергии в сетях смежных собственников.

- Автоматизация учета электроэнергии для снижения времени на выявление и устранение причин небаланса электроэнергии, обеспечения почасового планирования и коммерческих расчетов в режиме реального времени, а так же для дистанционного сбора данных с комплексов учета электроэнергии.

В дальнейшем, в 2015-2020 годах, планируется снижение плановых потерь электроэнергии до уровня нормативных. Данная Программа предусматривает [1]:

1. Замену однофазных приборов учета у потребителей электроэнергии в многоквартирных домах, на микропроцессорные приборы учета со встроенным PLC или радио модемом, в количестве 134 938 шт.

2. Установку общедомового учета на вводе в многоквартирные дома, предусматривается оснащение шкафами учета (в комплекте с прибором учета со встроенным GSM модемом, и трансформаторами тока), в количестве 6013 шт.

3. Установку выносных шкафов учета электроэнергии 0,4 кВ на фасад здания потребителей юридических лиц в количестве 22976 шт., бытовых потребителей (частные домовладения), в количестве: трехфазные – 17172 шт., однофазные – 180 665 шт. Шкафы учета электроэнергии 0,4 кВ комплектуются приборами учета со встроенными модемами.

В рамках имеющегося источника финансирования (утвержденная инвестиционная программа и бизнес-план на 2010-2015 гг.) первоочередными мероприятиями Программы предусматривалось:

1. Оснащение многоквартирных домов г. Астрахань и Астраханской области общедомовым учетом электроэнергии установкой выносных шкафов учета на границе балансовой принадлежности сетей в количестве 6013 шт.

2. Замена приборов учета на расчетных присоединениях крупных потребителей (с ежемесячным потреблением более 400 тыс.

кВт·ч) на подстанциях 35-110 кВ филиала на multifunctional-ные микропроцессорные электросчетчики с классом точности 0,5S в количестве 138 шт.

В результате внедрения мероприятий по [1] фактические потери электроэнергии в Филиале ОАО «МРСК Юга» - «Астраханьэнерго» снизились до 15,87 %.

Список литературы

1. Программа перспективного развития систем учета электроэнергии на розничном рынке электроэнергии в Филиале ОАО «МРСК Юга»-«Астраханьэнерго».

Дутов М.Н., Макачук М.В.

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛИЗКОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Тамбовский государственный технический университет

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 мо-

жет 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.

Список литературы

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.

Бессмертных А.В., Зайченко В.М., Лавренов В.А., Сычев Г.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПИРОЛИЗА БИОМАССЫ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Объединенный институт высоких температур

Российской академии наук

*anbessmer@rambler.ru, zaitch@oivtran.ru, v.a.lavrenov@gmail.ru,
george.sytchev@gmail.com*

Термохимическая конверсия биомассы в энергетических целях подразделяется на две технологии: газификация и пиролиз. Целью газификации является получение газообразного топлива с максимальной степенью конверсии (0,70-0,75) энергии, аккумулированной в первичной биомассе, в теплоту сгорания получаемого топлива. При этом максимальная температура в газогенераторе может превышать 1000°С, углерод зольного остатка максимально газифицирован газифицирующими агентами. Однако, теплотехнические характеристики газа не удовлетворяют современному энергетическому оборудованию с высокой интенсивностью процессов тепло- и массообмена. Кроме того, химический состав многих видов биомассы

(отходы растениеводства, жизнедеятельности, осадок сточных вод и т.д.) ограничивает максимальную температуру конверсии вследствие образования легкоплавких эвтектик.

Повысить эффективность энергетического использования многих видов биомассы позволяет технология пиролиза, осуществляемая при умеренных температурах до 1000 °С. В процессе пиролиза осуществляется деструкция органических соединений исходной биомассы в отсутствие кислорода с образованием неконденсирующихся газов (СО, СО₂, Н₂, СН₄ и др.), твердого остатка и паров. Управлять процессом пиролиза с образованием нужного состава продуктов можно, изменяя технологические параметры (температуру, давление, скорость нагрева, состав газовой среды, время пребывания биомассы в пиролизере). Необходимым условием управления процессом является наличие достоверных данных, связывающих технологические параметры и выход продуктов пиролиза со временем пребывания биомассы в заданной области температур.

Задачей настоящего исследования являлось получение численных значений предэкспоненциального множителя, энергии активации, порядка реакции пиролиза различных видов биомассы в рамках однокомпонентной модели. Определение значений этих параметров выполнено на основе экспериментальных данных по термогравиметрическому анализу (TGA) и дифференциальному термогравиметрическому анализу (DTG). Термогравиметрические данные были получены на современном термоанализаторе SDT Q600 фирмы “TA Instruments” (США). Авторами исследовались как хорошо изученные виды биомассы (древесина), так и те, данные, по термическому анализу которых малочисленны (отходы растениеводства) или полностью отсутствуют в известных авторам источниках (пометно-подстилочная масса – ППМ).

Работа выполнена при финансовой поддержке НШ-1708.2014.8.

Список литературы

1. D. Chiaramonti, A. Oasmaa, Y. Solantausta. Power generation using fast pyrolysis liquids from biomass.//Renewable and sustainable energy reviews. 2005 Elsevier Ltd.
2. Badzioch S., Hawksley P.B.W. Kinetics of Thermal Decomposition of Pulverized Coal Particles // Industrial and Eng. Chem. Process Design Dev. 1970. V.9. PP.521-548
3. А.В. Бессмертных, В.М. Зайченко, Ю.С. Кузьмина, Г.А. Сычев. Технологии термохимической переработки органических отходов в энергетических целях. В кн. Сборник докладов конференции Международной ассоциа-

ции по твердым отходам (ISWA) «Твердые бытовые отходы: системы управления и технические решения»(28-29 мая 2013 г., Россия, Москва). [электронный ресурс]. М.:ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2013.

Бойков А.И. Мещераков В.Н.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫМ АСИНХРОННЫМ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ
НАПРЯЖЕНИЯ СТАТОРА ДВИГАТЕЛЯ**

Липецкий государственный технический университет

aboikov2013@gmail.com

Системы автоматизированного частотного асинхронного электропривода получили широкое распространение в механизмах общепромышленного назначения. К ним относятся вентиляторы, насосы, компрессоры и др. механизмы, обладающие зависящим от частоты вращения вентиляторным статическим моментом на валу двигателя. Использование частотного принципа управления асинхронным двигателем позволяет добиться энергосбережения, однако что бы добиться большей эффективности частотного управления при малых значениях нагрузки на валу двигателя необходимо корректировать закон управления, обеспечивая оптимальное взаимное положение моментобразующих векторов переменных асинхронного двигателя.

Контроль величины угла между векторами электрических переменных двигателя может быть осуществлен путем измерения угла сдвига фаз между мгновенными значениями этих переменных. Система электропривода, учитывающая, взаимное положение векторов тока и ЭДС статора, требует решения задачи определения угла между этими векторами, используя для этого доступные для измерения сигналы.

Предлагаемый частотный регулируемый асинхронный электропривод на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором содержит: преобразователь частоты с инвертором напряжения, который получает сигналы управления от релейного регулятора тока, силовые выходы инвертора подключены к статорным обмоткам асинхронного двигателя. С помощью релейного регулятора тока и датчиков тока в каждой фазе реализован внутренний контур отрицательной обратной связи по току статора.

Отличительной особенностью электропривода является наличие системы коррекции напряжения статора, осуществляемой за счет из-

менении угла между током статора и главным потоко­сцеплением ротора. Регулировать момент двигателя можно путем изменения напряжения статора. Для поддержания максимального момента двигателя при заданном значении напряжения статора необходимо поддерживать на оптимальном уровне, близком к 45° , угол между векторами тока статора и главного потоко­сцепления ротора. В блоке задания скорости задается частота тока статора и напрямую поступает на блок формирования мгновенных значений напряжения статора. Блок коррекции на основании обработанных сигналов мгновенных значений фазных напряжений и токов статора осуществляет циклический расчет тангенса угла между током статора и главным потоко­сцеплением ротора с последующей передачей через фильтр корректирующего сигнала. Системой коррекции осуществляется изменение сигнала задания напряжения U_1 на величину ΔU , обеспечивая приближение параметра тангенса угла между током статора и главным потоко­сцеплением ротора к оптимальному значению.

Представленная система электропривода позволяет реализовать скалярное частотное управление асинхронным двигателем, питающимся от инвертора напряжения, и обеспечить векторную коррекцию заданного напряжения, она характеризуется простотой схемных решений и упрощенными математическими алгоритмами.

Преимущества предлагаемого принципа управления частотно-регулируемым электроприводом переменного тока по сравнению с известными аналогами заключается:

- в использовании минимального количества блоков и повышенным быстродействием и точностью электропривода;
- в улучшенных характеристиках переходных процессов момента и скорости двигателя;
- в снижении отношения "ток статора / момент" что приводит к экономии потребляемой электроэнергии двигателем.

Грунтович Н.В., Жеранов С.А., Шенец Е.Л.
ОЦЕНКА РЕГУЛИРОВОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ПО
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ
СУЩЕСТВУЮЩЕГО УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПРОГРАММЫ
УО "Гомельский государственный технический

Одним из основополагающих принципов обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь является проведение активной энергосберегающей политики. Поэтому задача эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в различных отраслях

В качестве показателей ЭЭФ Законом об энергосбережении определены научно обоснованная абсолютная или удельная величина потребления ТЭР (с учётом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работ, услуг) любого назначения, установленная нормативными документами. С 1998 г. в республике дополнительно введен еще один показатель, позволяющий оценивать ЭЭФ использования ТЭР - целевой показатель по энергосбережению.

Для промышленных потребителей достигнутые значения удельных расходов энергоресурсов приобретает особый вес, поскольку они используются для оценки энергетической составляющей в структуре себестоимости продукции. Для оценки и прогнозирования удельных расходов промышленных потребителей при учете неравномерности объемов выпускаемой продукции. могут использоваться расчетно-статистические модели режимов ЭП от влияющих факторов. Область их применения может быть дополнена задачами:

- анализ энергоэффективности существующих режимов производства;
- оценка потенциала улучшения ЭЭФ за счет повышения загрузки технологического оборудования и наращивания объемов выпуска продукции;
- оценка эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий;
- расчет ЦП в сопоставимых условиях.

На режимы потребления ТЭР ПП оказывает влияние определенное количество факторов (параметры и характеристики окружающей среды и исходного сырья, условия протекания технологического процесса и т.д.), однако для большинства ПП допускается учет только объемов выпускаемой продукции, так как, например, изменение расхода ЭЭ обусловленное изменением производственной программы, значительно больше изменения, обусловленного остальными факторами.

Модели режимов зависимости электропотребления от продукции используются для оценки ЭЭФ ПП в условиях изменяющейся производственной программы. Анализ ПП различных отраслей промышленности с падающими удельными расходами энергоресурса (УРЭ) позволяет выделить три зоны энергетической эффективности в зависимости от загрузки технологического оборудования: зона низкой эффективности (загрузка технологического оборудования менее 30 %); зона средней эффективности (загрузка технологического оборудования от 30 до 70 %); зона высокой эффективности (загрузка технологического оборудования свыше 70 %).

Для **оценки регулировочной способности по энергоэффективности промышленных потребителей различных отраслей промышленности** в настоящее время собраны статистических данных по удельным расходам ТЭР и выпуску продукции **116** промышленных потребителей различных отраслей промышленности и построены однофакторные модели зависимости удельного расхода энергоресурса от объема выпускаемой продукции. Произведена оценка структуры потребления энергоресурса (соотношения условно-постоянной расхода ТЭР и технологической составляющей в общем потреблении расхода ТЭР) и "горизонтальной" регулировочной способности по энергоэффективности для промышленных потребителей региона с учетом реально существующего уровня производственной программы.

Зайченко В.М., Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С., Лавренов В.А.
ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ БИОМАССЫ МЕТОДОМ
ДВУХСТАДИЙНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Объединенный институт высоких температур

Российской академии наук

zaitch@oivtran.ru, vladimir.f.kosov@mail.ru, juli_kuzmina@mail.ru,
v.a.lavrenov@gmail.ru

В настоящее время задача эффективной утилизации отходов с получением энергии является крайне актуальной. Отходы представляют собой практически неисчерпаемый возобновляемый источник энергии. Один из известных способов преобразования твердых горючих отходов биомассы в энергетический газ – термохимическая конверсия, представляющая собой термическое разложение углеродосо-

держащих материалов с получением энергетического газа, пригодного для использования в газопоршневых мини-электростанциях. Основными трудностями при осуществлении такого рода процессов, как правило, являются сложная система очистки и низкая теплота сгорания получаемого газа ($3\text{--}6 \text{ МДж/м}^3$ при н.у.), а также проблема утилизации жидких побочных продуктов переработки.

В ОИВТ РАН была разработана технология двухстадийной термической переработки биомассы, продуктами которой являются синтез-газ и зола. На первой стадии проводится пиролиз (термическое разложение в отсутствие окислителя) биомассы с получением твердых, жидких и газообразных продуктов. На второй стадии летучие продукты пиролиза продуваются через пористый углеродный остаток биомассы, находящийся при температуре 1000°C , где происходит их конверсия в водород и окись углерода. Основным достоинством схемы является высокая степень энергетической конверсии биомассы. Количество образующихся газов – до $1,4 \text{ м}^3$ (н.у.) на один килограмм исходной биомассы, а теплота сгорания получаемого синтез-газа – около 11 МДж/м^3 (н.у.). В конечных продуктах переработки отсутствует жидкая фракция.

Проведенные испытания опытной установки (рис. 1) подтвердили работоспособность предложенной схемы. Данная установка имеет электрическую мощность 50 кВт и тепловую мощность $0,086 \text{ Гкал/ч}$ при использовании газопоршневого когенерационного электроагрегата с КПД_{эл} порядка 30% .

Работа выполнена при финансовой поддержки НШ-1708.2014.8.

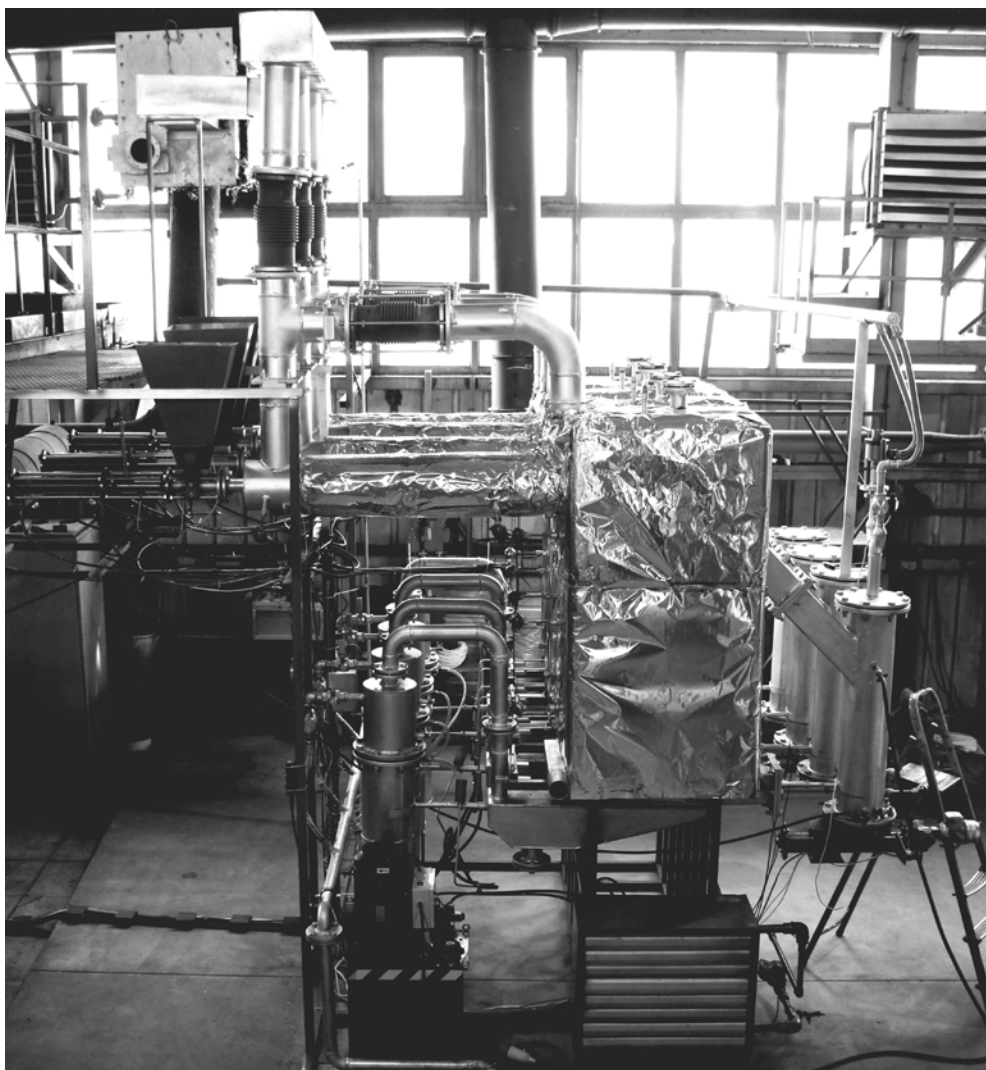


Рис. 1. Установка конверсии биомассы в синтез-газ
(60 м³/ч при н.у.)

Список литературы

1. Зайченко В.М. Получение высококалорийных газовых смесей из низкосортных твердых топлив // Труды конф. “Энергоэффективность”. Краков, 2009. с. 128-132.
2. Косов В.В. Высококалорийная газовая смесь, получаемая при пиролизе древесины и торфа // Труды 17 конференции по биомассе. Гамбург, 2009. с. 1085 – 1088.

Зайченко В.М., Косов В.Ф., Умнова О.М.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ
КОНВЕРСИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД
Объединенный институт высоких температур
Российской Академии наук
 zaitch@oivtran.ru, umnova.olya@gmail.com

Любая деятельность человека связана с образованием различного рода отходов, часть которых поступает на очистные сооружения в виде канализационных стоков. Это приводит к накоплению на территории очистных сооружений осадка сточных вод (ОСВ), представляющего собой многокомпонентную смесь из органики, песка, минеральных примесей и воды.

В зависимости от происхождения канализационных стоков такие примеси могут содержать различные вредные вещества: тяжелые металлы, фенолы, органические и неорганические кислоты, патогенную микрофлору. В результате испарения эти вещества загрязняют атмосферный воздух, а фильтрация их в почву приводит к загрязнению грунтовых вод и близлежащих водоемов.

На сегодняшний день основным способом утилизации ОСВ является его захоронение на специальных полигонах после предварительной обработки, включающей частичное обезвоживание. Этот способ является материально затратным, поэтому ОСВ, в основном, после очистки канализационных стоков складировются на иловых картах на территории очистных сооружений. Исходный объем ОСВ велик в связи с его большой относительной влажностью – 96 – 98 %. Переполнение иловых карт приводит к экологической катастрофе близлежащих районов.

Кроме экологического аспекта существующей проблемы складирования ОСВ, существует еще и энергетический. Сухое вещество ОСВ содержит до 85 % органических веществ, потому он после предварительной обработки может быть использован как топливо для получения электрической и тепловой энергии.

В Объединенном институте высоких температур РАН (ОИВТ РАН) разрабатывается схема утилизации ОСВ с территории очистных сооружений. Схема включает в себя две основные стадии: стадию подготовки топлива и стадия получения электрической и тепловой энергии.

Для получения из ОСВ топлива мы предлагаем следующие последовательные этапы его переработки: обезвоживание ОСВ с помощью флокулянтов (относительная влажность снижается до 60-50 %), затем термическая сушка (относительная влажность снижается до 15-12 %), далее паллетизация. В результате объем ОСВ уменьшается в 45-50 раз и обработанный осадок представляет собой топливо с относительной влажностью 10-12 %.

Для получения электрической и тепловой энергии, которая как расходуется на собственные нужды схемы, так и отдается потребителю, предлагается использовать процесс термохимической конверсии ОСВ (низкотемпературный пиролиз) в газообразное топливо. Таким образом, будет не только решена проблема утилизации ОСВ, но и обеспечена экономическая целесообразность этой схемы.

В рамках этой схемы в ОИВТ РАН были проведены исследования пиролиза образцов ОСВ. В результате экспериментов, был определен состав пиролизных газов, была получена теплота сгорания образцов ОСВ и пиролизных газов, была рассмотрена динамика тепловых потоков пиролиза образцов при различных температурных режимах процесса. Для экспериментов использовались образцы ОСВ с Курьяновских очистных сооружений.

Работа выполнена при финансовой поддержки НШ-1708.2014.8.

Список литературы

1. Ю.В. Воронин, С.В. Яковлев. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: МГСУ, 2006. - 335 с.
2. А.В. Бессмертных, В.М. Зайченко. Технологии конверсии биомассы. – М.: ОИВТ РАН, 2009. - 143 с.

Зайченко В.М., Кузьмина Ю.С., Сычев Г.А.

ПИЛОТНАЯ УСТАНОВКА ПО ТОРРЕФИКАЦИИ ПЕЛЛЕТ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Объединенный институт высоких температур РАН

juli_kuzmina@mail.ru

Торрефикация представляет собой процесс предварительной термической обработки измельченной или гранулированной биомассы при температурах до 300°C. Процесс торрефикации сопровождается не только удалением влаги, но и термической деструкцией гемицеллюлозы, входящей в состав биомассы. В результате образуется твердый гидрофобный продукт. Сочетание торрефикации и пеллетирования приводит к повышению удельной теплоты сгорания биомассы. В зависимости от условий, теплота сгорания

торрефицированных гранул из древесных отходов может достигать величины 19 – 23 МДж/кг. [1]

В ОИВТ РАН была создан реактор торрефикации непрерывного действия с движущимся слоем производительностью 50 кг торрефицированным пеллет в час, использующий в качестве теплоносителя продуктов сгорания газопоршневого двигателя (рисунок 1). [2]

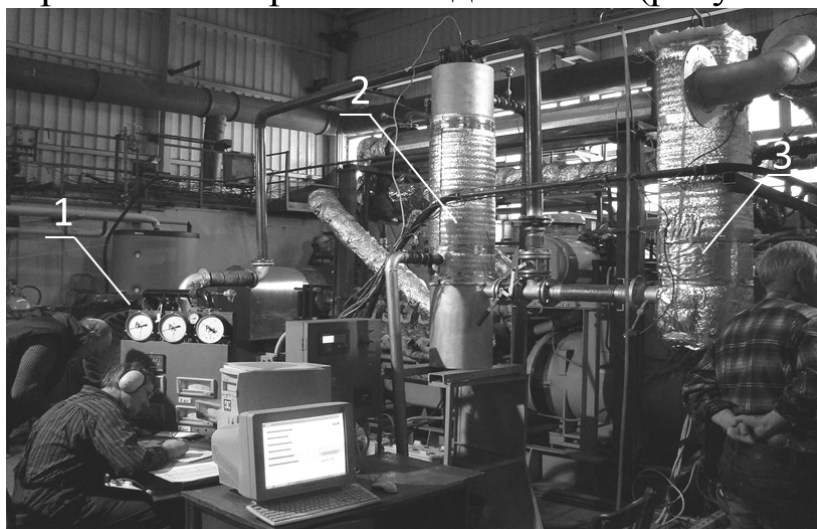


Рис.1 Пилотная установка по торрефикации пеллет. 1 – газопоршневой двигатель электрогенерирующий агрегат, 2 – теплообменник, 3 – реактор.

В качестве исходного сырья использовались торфяные, соломенные и древесные пеллеты, а также пеллеты из помётно-подстилочной массы. В результате проведенных экспериментов можно сделать вывод, что теплота сгорания пеллет увеличилась в 1,5 раза в сравнении с исходным сырьем, а гигроскопичность уменьшается на 20%, что в значительной мере влияет на стоимость транспортировки и хранения пеллет. За счет высокого коэффициента теплообмена обеспечивается эффективный нагрев перерабатываемого сырья (по сравнению со схемами, в которых подвод тепла осуществляется через стенку реактора). Абсолютные затраты, связанные с производственной цепочкой торрефицированных пеллет значительно меньше (30%) общих затрат, в связи со снижением объемов производства (более высокая энергия плотности) и высокой объемной плотностью. Также снижаются затраты на хранение и транспортировку. Торрефицированные пеллеты могут стать альтернативой низкосортным бурым углям (39% твердого топлива РФ). Такой уголь поставляется потребителям по цене 4000 руб/тонну. При теплоте сгорания 14 МДж/кг закупочная цена составит 285 руб/ГДж. Это означает, что при использовании торрефициро-

ванных пеллет с теплотой сгорания 21 МДж/кг закупочная цена будет составлять 190 руб/ГДж.

Предложенная схема, представляет собой когенерационную установку, позволяющую вырабатывать электроэнергию и утилизировать производимое при этом тепло в целях повышения потребительских свойств твердого топлива из биомассы.

Работа выполнена при финансовой поддержки НШ-1708.2014.8

Список литературы

1. Zaichenko V.M., Kosov V.F., Kosov V.V., Maikov I.L., Sytchev G.A. The new technology of complex thermal conversion of biomass // 9th International conference on heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics, 16-18 July 2012, Malta.

2. Бессмертных А.В, Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С., Сычев Г.А. Установка по торрификации биомассы // V Школа молодых ученых им. Э.Э. Шпильрайна «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов», Махачкала, 2012

Ивашкин В. Н. Мещеряков В.Н.

АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР ТОКА С РЕЛЕЙНЫМ АЛГОРИТМОМ УПРАВЛЕНИЯ

Липецкий государственный технический университет

Shredinger2012@gmail.com

В связи с тем, что последнее время, все большее распространение получают двигатели переменного тока, возникает необходимость создания новых систем управления.

На сегодняшний день самым распространенным способом управления электродвигателем переменного тока являются инверторы с широтно-импульсной модуляцией. Такое решение имеет массу недостатков, например, пониженный коэффициент мощности, высокое содержание гармоник в токах и высокая частота коммутации ключей в инверторе, все это приводит к повышенным потерям в преобразователе частоты.

Для улучшения системы питания двигателей переменного тока предлагается использование инвертора тока с релейным алгоритмом управления. Принцип работы релейного регулирования заключается в том, что мы сравниваем текущее значение тока нагрузки с требуемым. Если оно меньше заданных пределов, то мы подключаем к ней напряжение положительной полярности. Если больше, то наоборот, отрицательной. Из-за наличия в цепи индук-

тивности изменение тока происходит не скачком, а по апериодическому закону. Изменяя пределы по допустимому току, мы можем получить практически идеальную синусоиду.

Для проверки работоспособности системы, а так же для ее оптимизации, с целью создания опытного образца, была разработана модель в программе Matlab Simulink.

Для подтверждения теоретических исследований была разработана экспериментальная установка автономного инвертора тока с релейным регулятором тока. В процессе ее создания был решен ряд проблем присущих данному алгоритму управления: снижение тока, из-за наличия противо-эдс вращения и несвоевременное срабатывание ключей из-за сложности системы управления.

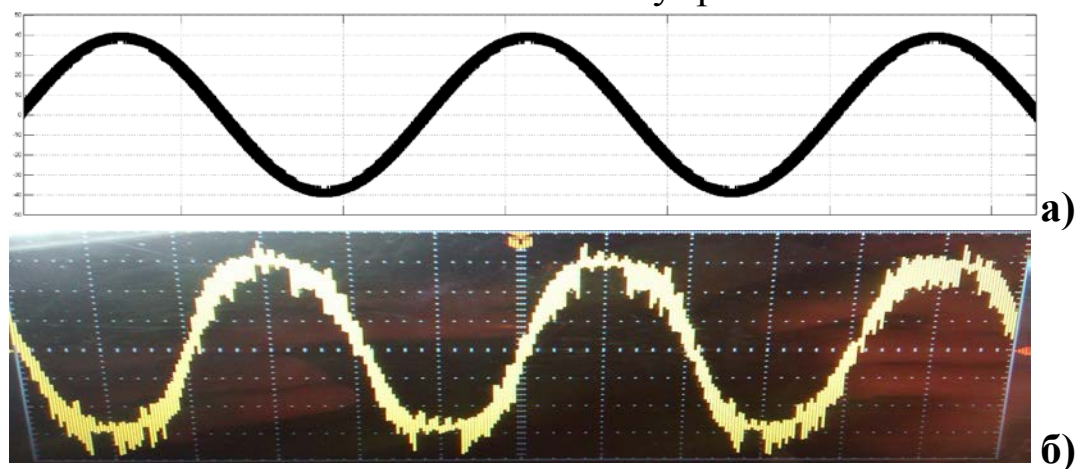


Рис. 1 Сравнение кривых напряжения при релейном регулировании: результаты, полученные в Matlab Simulink (а) и осциллограмма, снятая с экспериментальной установки (б).

Вывод: применение автономного инвертора тока с релейным алгоритмом управления позволяет достичь уменьшения частоты коммутации силовых ключей, что снижает потери в преобразователе, улучшить гармонический состав тока и напряжения двигателя при пониженных скоростях.

Кагдин А.Н., Гордеев О.И., Пятов И.В.,

Терехов К.И., Стручалин С.А.

**ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Тамбовский государственный технический университет

lexey90@yandex.ru, ssa068@gmail.com, myuy12@gmail.com

В настоящее время животноводство является отраслью, интенсивное развитие которой отнесено к числу важнейших государственных приоритетов. Возведение конкурентоспособных прибыльных животноводческих комплексов не возможно без применения современных технологий комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечивающих в течение всего года точное 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 электро-снабжения. 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.

Список литературы

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.

***Кагдин А.Н., Терехов К.И., Стручалин С.А.,
Гордеев О.И., Пятов И.В.***

**ВЛИЯНИЕ БЫТОВОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА
ГАРМОНИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ**

Тамбовский государственный технический университет
lexey90@yandex.ru, ssa068@gmail.com, myuy12@gmail.com

Согласно Федеральному Закону № 261-ФЗ от 23.09.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», предприятия и организации обязаны переходить на новые энергосберегающие технологии. На смену лампам накаливания приходят компактные люминесцентные и светодиодные лампы с

экономией электроэнергии до 80%. Однако системы зажигания современных люминесцентных ламп изменили картину формы тока и напряжения в электросетях.

Проведенные исследования «Испытательной лабораторией качеств электрической энергии» при ТГТУ на одной из подстанций города показали, что в вечернее время с 20:00 – 23:00 резко увеличивается коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения K_U (рис.1) и достигает 8% (нормально допустимого значения по ГОСТу). Это вызвано включением домашней бытовой техники (нелинейной нагрузки).



Рис. 1 Коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения.

Дальнейшее использование бытовой техники без применения мер по снижению гармоник, может привести к увеличению K_U до предельно допустимого значения 12%.

Проведенные нами исследования на шести CFL установили увеличение нечетных гармоник кратных трем:

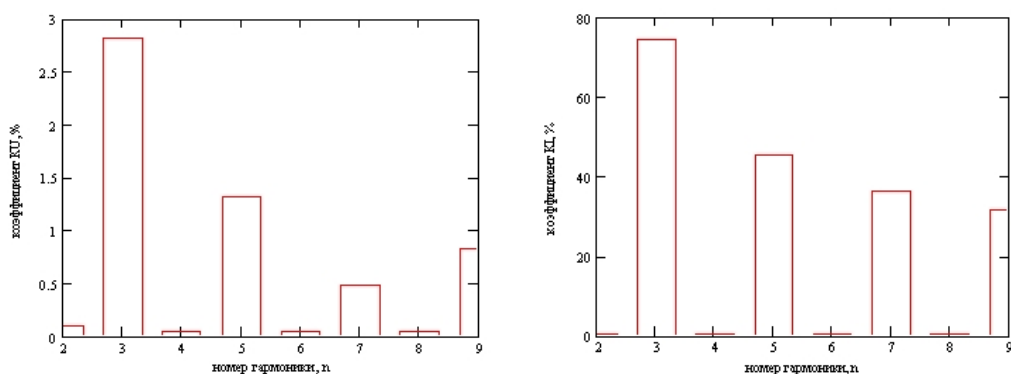


Рис.2 Гармонические составляющие напряжения и тока.

Согласно полученным данным в гармонических составляющих напряжения и тока преобладают нечетные гармоники. В ре-

зультате этого общий ток в нейтрали может превышать фазные токи. Так, например, при фазных токах равных 37 А, ток нейтрали составляет 55 А. [1]

Увеличение тока в нулевом проводе вызывает дополнительные потери электроэнергии, как в проводниках, так и в трансформаторах: потери короткого замыкания трансформатора зависят от величины тока в нулевом проводе. [2]

Таким образом, в настоящее время при строительстве объектов необходимо рассматривать вопрос влияния характера нагрузки потребителей на качество электрической энергии и уже на стадии проектирования закладывать технические решения по снижению уровня гармоник в электрических сетях.

Список литературы

1. Петухов, В. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / В. Петухов // Новости электротехники. – 2009. – № 5. – С. 59.
2. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев // Новости электротехники. – 2002. – № 6. – С. 18–19.
3. Кобелев А.В., Зыбин А.А. Современные проблемы высших гармоник в городских системах электроснабжения / А.В. Кобелев // Вестник ТГТУ. – 2011. – Т.17, № 1. – С. 187 – 191.

Казак П.А., Удовикин В.Л.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ

Тамбовский государственный технический университет

kazak-pavel.89@yandex.ru, uvl_52@mail.ru

Объем передаваемой речевой информации в современных системах связи занимает значительное место. В условиях частотно-энергетической загруженности каналов связи информация на приемной стороне претерпевает изменения, которые отражаются на качестве связи. Поэтому актуальны решения оценки качества передачи речевых сигналов и его повышения в условиях воздействия помех [1, 2].

Критерии и методы оценки качества передачи речевой информации подразделяются на объективные и субъективные [3]. Субъективные методы основываются на различных способах тестирования с привлечением групп экспертов аудиторов и находят ограниченное применение. Объективные методы основаны на использовании промежуточных показателей, функционально связанных с разборчивостью. Примерами могут служить среднеквадратическая ошибка (СКО) и отношение сигнал/шум (ОСШ).

При использовании объективных методов оценки качества передачи речи не учитывается частотная зависимость параметров восприятия речевого сигнала на фоне помехи в анализируемой полосе частот. Устранить этот недостаток позволяет метод инструментальной оценки разборчивости, основанный на получении состоятельной оценки частотной зависимости параметров восприятия речевого сигнала и мешающего воздействия на интервале квазистационарного состояния речи и дальнейшем их усреднении для данной реализации.

При линейной обработке сигнала существует подход к инструментальному определению частотных характеристик сигнальной компоненты путём спектрального вычитания усреднённого спектра помехи, полученного в условиях отсутствия полезного сигнала. Однако метод спектрального вычитания усреднённого спектра помехи может привести к некорректному результату, поскольку сигнал на выходе не всегда представляет аддитивную смесь. Более обоснованное решение позволяет получить метод корреляционной обработки, основанный на использовании взаимной функции когерентности эталонного сигнала и смеси на выходе оконечного устройства линии радиосвязи.

Функция когерентности определяется следующим образом:

$$\gamma^2(f) = \frac{|\overline{C_{xy}}(f)|^2}{\overline{C_x}(f)\overline{C_y}(f)},$$

где $|\overline{C_{xy}}(f)|$ – модуль усреднённой взаимной спектральной плотности мощности (СПМ) сигналов $x(t)$ и $y(t)$; $\overline{C_x}(f)$, $\overline{C_y}(f)$ – усреднённые модули СПМ соответствующих процессов.

Функция когерентности может рассматриваться как эквивалент нормированной корреляционной функции сигналов $x(t)$ и $y(t)$ в частотной области и показывает, какая часть выходной мощности изучаемой системы эффективно связана с входной. На основе

функции когерентности определяется когерентная мощность, которая записывается следующим образом:

$$\gamma^2(f) \cdot \overline{C_x(f)} = \frac{|\overline{C_{xy}(f)}|^2}{\overline{C_y(f)}}.$$

Когерентная мощность определяет соотношение взаимных мощностей и взаимовлияние сигналов $x(t)$ и $y(t)$.

Список литературы

1. Шелухин О.И. Цифровая обработка и передача речи. - М.: Радио и связь, 2000. - 456 с.
2. Козленко Н.И. Помехоустойчивость дискретной передачи непрерывных сообщений. - М.: Радиотехника, 2003. - 352с.
3. Покровский Н.Б. Расчёт и измерение разборчивости речи. - М.: Связьиздат, 1962. - 312с.

Кизева В.С. Евминов Л.И.

ИНДУКЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА – ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ НАРУЖНОГО И ВНУТРИЦЕХОВОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Гомельский государственный технический университет

им. П.О. Сухого

kizeva_veronica@mail.ru

Цель работы – исследовать электрические и светотехнические характеристик светильников с индукционными источниками света (ИС); оценить зрительный и биологический аспекты применения индукционных ИС; оценить экономическую эффективность при внедрении энергоэффективных ИС.

В рамках данной работы исследован индукционный промышленный светильник LVD 03-022 150W. В ходе выполнения работы:

1. Снята вольтамперная характеристика (ВАХ) исследуемого ИС. Из анализа ВАХ следует, что данный ИС не чувствителен к перепадам напряжения. Напряжение зажигания и отключения индукционного светильника LVD 03-022 150W – 66 В и 70 В соответственно. Также выявлено, что изменение напряжения в диапазоне 140-220 В существенно не влияет на величину освещенности исследуемого ИС.

2. Проведен гармонический анализ кривой тока исследуемого ИС. Действующие значения напряжения и тока на лампах из-

мерялись с помощью цифрового осциллографа OWON SDS 8202. Сделан вывод о том, что уровень высших гармоник кривой тока потребляемого из сети не превышает требований, установленных СТБ МЭК 61000-3-2-2006 [1].

3. На сегодняшний день существует мнение о том, что индукционные ИС излучают вредное электромагнитное излучение (ЭМИ). В соответствии с проведенными измерениями на расстоянии 0,5 м от индукционной лампы ЭМИ превышает предельно допустимое значение (20 мВ/м) и составляет 90 мВ/м, на расстоянии 1 м - 7 мВ/м, а с 3-х метрового расстояния приборы не фиксируют ЭМИ.

4. Произведена реконструкция системы общего равномерного освещения (в составе комбинированного) сварочно-механического цеха завода. Светильники с лампами ДРЛ заменены на энергоэффективные (LVD 03-022 150 и ДСП 02-48x4-001). Анализ проведен на основании расчетов произведенных в программе DIALux. Результаты расчетов показали, что установленная мощность осветительной установки с применением светодиодных ИС в 1,3 меньше в сравнении с индукционными, однако освещение с помощью индукционных светильников более равномерное.

5. Произведено технико-экономическое сравнение вариантов освещения цеха. В соответствии с расчетами система освещения с применением индукционных ИС имеет в 1,5 раза меньший срок окупаемости (2-3 года в условиях Республики Беларусь) по отношению к системе освещения с помощью светодиодных ИС (5-6 лет).

6. Выполнена замена ламп ДРЛ на индукционные без замены светильников, что позволит сэкономить значительные средства и время. Совместно с ОАО «Гомельский ЗИП» была произведена модернизация светильника РСП, в ходе которой лампу ДРЛ 400 Вт заменили на ИЛ Saturn мощностью 150 Вт. Была зафиксирована работоспособность модернизированного светильника и исследованы его светотехнические характеристики. В результате 2 годичной эксплуатации более 800 индукционных светильников на одном из предприятий «Беларуснефть» были выявлены их высокая эффективность и надежность.

Результаты проделанной работы свидетельствуют о том, что использование в освещении индукционных ИС позволяет достаточно быстро окупить денежные вложения, значительно снизить потребление электроэнергии, уменьшить количество используемых ламп и стоимость технического обслуживания.

Список литературы

1. Евминов, Л.И. Сравнительный анализ различных источников света и оценка электромагнитной совместимости безэлектродных (индукционных) и светодиодных источников света / Л.И. Евминов, В.С. Кизева // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. - 2013. - № 1. - С. 60-67.

Козина Е.Н.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Национальный исследовательский ядерный университет

Московский инженерно-физический факультет

ekviski@gmail.com

Энергетическая проблема – одна из глобальных проблем человечества. Мировое потребление энергии составляет более 14 ГВт в год. С каждым годом это количество увеличивается. Все больше надежд ученые возлагают на альтернативные источники энергии, в частности, на солнечные батареи.

В настоящее время в мире производится три основных типа солнечных батарей: монокристаллические, поликристаллические и из аморфного кремния. Сравнительно недавно появилась еще одна технология, над развитием которой работают десятки научно-исследовательских институтов и производств по всему миру: это гибкие полимерные солнечные батареи. Они представляют собой пленку, которая состоит из активного слоя (полупроводникового полимера), электродов из алюминия, гибкой органической подложки и защитного слоя. В качестве полупроводника часто используют селенид меди-индия-галлия (CIGS) и кадмий-теллур (Cd-Te).

Главные достоинства гибких полимерных солнечных батарей:
способность хорошо генерировать энергию при рассеянном свете;
малая толщина;
низкая цена;
прозрачность до 90%;
экологичность.

Главный недостаток – большие, по сравнению с кремниевыми батареями, габариты при равных показателях выходной мощности.

Гибкие ячейки используются:

в регионах с преобладанием пасмурной погоды;

в очень жарких регионах;

в сочетании с разного рода криволинейными поверхностями.

Эффективность полимерных солнечных батарей достигает 20,4% (кремниевых – 24,7%), срок службы более 40 лет, окупаемость – 10 лет.

Солнечные установки используются более чем в 70 странах. Лидерами по их применению являются США, Германия, Испания, Нидерланды, Дания, Индия. Солнечные батареи могут использоваться не только в солнечных странах. Об

этом свидетельствует применение солнечных батарей в Скандинавских странах, где климатические показатели близки к показателям Москвы. Ученые полагают, что уже к 2015 г. энергия от солнечных установок станет дешевле, чем электричество, получаемое из сети. Более того, цены на природный газ за последние пять лет выросли вдвое, на уголь – втрое, а новые атомные электростанции не начнут вступать в строй еще, по крайней мере, семь лет. На этом фоне долгосрочная ставка на солнечные электростанции, у которых топливо не кончится никогда, – залог энергетической безопасности. Относительно солнечной энергии можно не сомневаться – цена на нее расти не будет.

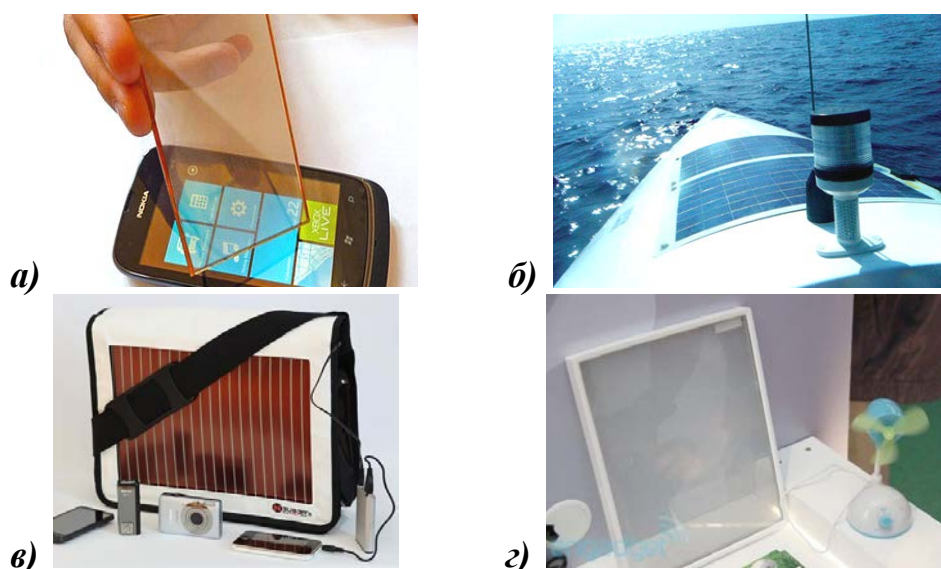


Рис. 1. Применение полимерных солнечных батарей:

а) на экране телефона; б) на корпусе морского судна; в) на сумке; г) на оконном стекле.

Список литературы.

- 1. Головин Ю.И. Наномир без формул. М., 2011.**
- 2. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения. М., 2012.**

Мещеряков В.Н., Титов С.С.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИММЕТРИЧНОГО
НАГРЕВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ШАРОВ ТВЧ**

Липецкий государственный технический университет
mesherek@stu.lipetsk.ru, algebra934@yandex.ru

Создание энергоэффективного оборудования непрерывного действия, обеспечивающего симметричный на заданную глубину нагрев под термообработку изделий шарообразной формы без окисления и обезуглероживания исключительно актуально для ряда

отраслей промышленности, в частности в массовых производствах мелющих тел для горно – обогатительных фабрик и цементных заводов, шариков подшипников качения и клапанов в гидравлических системах, в том числе высокоизносостойкие шарики в обратных клапанах глубинных насосов для нефтедобычи и др.

Более всего этой востребованной промышленностью совокупности качеств нагрева отвечает индукционный способ с прямым и высокоскоростным (секунды – доли секунды) превращением электрической энергии в тепловую, отличающийся простотой регулирования температуры и глубины прогрева, что позволяет получать после закалки и отпуска оптимальное сочетание высокой поверхностной твёрдости изделий (контактная выносливость) с относительно пластичной сердцевиной (противораскалываемость).

Однако при всех известных достоинствах этого способа применимость его с обеспечением требуемой симметричности нагрева в настоящее время ограничена в мировой практике преимущественно изделиями непрерывного сечения или близкого к таковому. Идеей технического решения поставленной задачи является конфигурация индуктора ТВЧ [1], направляющий корытообразный желоб которого изогнут в пространственную спираль с вертикальной осью симметрии. Кинематика движения шарика по спиральному желобу (свободное скатывание) характеризуется двухмерным, а в другом случае - трёхмерным побуждением к изменению направления его оси собственного вращения. Благодаря различной силе и разнонаправленности указанных побуждений геометрически суммирующееся направление оси вращения будет непрерывно переменным от входа в индуктор, до выхода из него, что предопределяет возможность создания установок ТВЧ непрерывного действия, обеспечивающих равномерное по плотности взаимодействие всей поверхности движущегося по желобу шарообразного тела с магнитным потоком в индукторе и, соответственно, достижение искомого симметричного нагрева на заданную глубину – скоростного и потому энергоэффективного, без окисления и обезуглероживания.

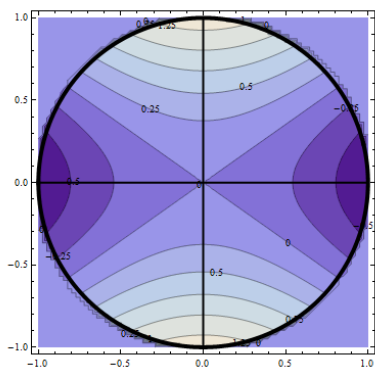


Рис. 1 Тепловые поля шара при нагреве ТВЧ

На рисунке 1 представлена картина тепловых полей при нагреве шара токами высокой частоты (ТВЧ), полученная в программной среде WOLFRAM MATHEMATICA 8.0. Данная иллюстрация позволяет производить оценку особенностей нагрева металлических шаров токами высокой частоты в индукторе в зависимости от взаимного расположения их геометрических осей симметрии.

В результате проведенных исследований была решена актуальная задача, заключающаяся в разработке и исследовании электротехнического комплекса «автономный резонансный инвертор-индуктор-движущийся шар».

Список литературы

1. Мещеряков, В. Н. Разработка метода и устройства для транспортирования и равномерного осесимметричного индукционного нагрева шаров / В. Н. Мещеряков, В.И. Кузьменко, С.С. Титов // Индукционный нагрев. – СПб., изд-во ООО «Комлиз-Полиграфия». – 2011. – №3. – С. 40-43.

Мещеряков В.Н., Цветков П.Е.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Липецкий
государственный технический университет»
mesherek@stu.lipetsk.ru, tsvetkov140588@qip.ru*

Самыми распространенными технико-энергетическими критериями оптимизации режимов работы асинхронного электродвигателя (АД) являются: минимум тока статора и минимум суммарных потерь. Особенность работы системы управления, обеспечивающей оптимизацию по критерию минимума тока статора, заключается в поддержании угла между векторами тока статора и потокосцеплением ротора на требуемом уровне [1].

Для реализации оптимального управления по критерию минимума тока статора необходимо изменить настройку алгоритма задания потокосцепления ротора в преобразователе частоты (ПЧ), при этом часть вычислений реализовать в контроллере.

Приведем описание формирования коррекции по продольной составляющей тока статора. Для связи между преобразователем частоты SIMOVERT и программируемым логическим контроллером (S7-300) используется протокол передачи данных PROFIBUS DP. Обмен данными преобразователя обеспечивается с помощью модуля CBP2, установленного на ПЧ. Программирование ПЛК и параметрирования ПЧ производится из интегрированной среды разработки STEP 7 Manager с помощью программного пакета DriveMonitor. Определение значений продольной и поперечной составляющих тока статора осуществляется коннекторами K182, K184 соответственно. В среде DriveMonitor в настройках полевой шины указываем в параметре P734 в качестве выходных данных слово состояние, продольную и поперечную составляющие тока статора.

Определение оптимального задания потокосцепления ротора происходит в ПЛК как арктангенс отношения поперечной и продольной составляющих тока статора. Функциональный параметр ПЧ для задания потокосцепления ротора АД имеет значение P291, которому присваивается вычисленное выходное значение блока определения потокосцепления ротора, присвоенного ПЛК. Блок-схема программы приведена на рис.1.

Данный способ организации коррекции продольной составляющей тока статора является простым, однако обеспечивает регулирование параметрами АД, при которых осуществляется минимизация потребления тока статора. Для электроприводов механизмов, к которым не предъявляются высокие требования динамики, данный способ задания потокосцепления является целесообразным.

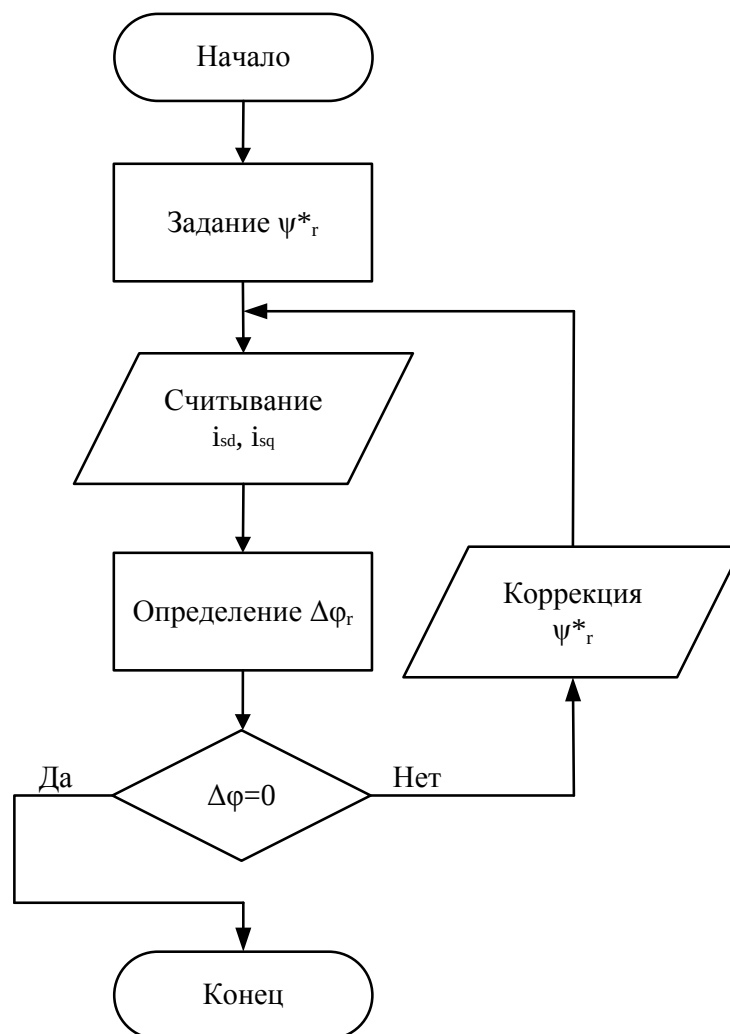


Рис. 1 Блок-схема программы

Список литературы

1. Мещеряков, В. Н. Система с оптимальным регулированием моментобразующих векторов асинхронного электропривода / В. Н. Мещеряков, П.Е. Цветков // Труды VII Международной (VIII Всероссийской) научно-технической конференции по автоматизированному электроприводу: ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново. – 2012. – С. 67-70.

Моторина Н.П., Винокуров Е.Б., Иванов В.М.
О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ

Тамбовский государственный технический университет
 motorina_np@mail.ru, eug.vinokurov@yandex.ru

Возрастающая сложность получения энергии, рост энергоёмких технологий, необходимость безаварийной работы машин и механизмов требует применения регулируемого электропривода. Пе-

переход к регулируемому электроприводу переменного тока отдельных механизмов позволит сэкономить до 50% энергоресурсов [2]. Наиболее энергоемкими потребителями являются вентиляторные, насосные, подъемные, компрессорные установки, конвейерные линии и др. Большинство электродвигателей работают в нерегулируемом режиме и, следовательно, с низкой эффективностью. Регулируемые электроприводы требуются не только в высокопрофессиональных и мощных промышленных установках, но и все больше в бытовой технике. Недавний прогресс в полупроводниковой индустрии, особенно в силовой электронике и микроконтроллерах, сделали регулируемые электроприводы более практичными и менее дорогими. Только способ регулирования скорости асинхронных двигателей изменением частоты напряжения на статоре мог составить конкуренцию электроприводу постоянного тока в устройствах, где предъявляются высокие требования к динамическим характеристикам, и необходим большой диапазон регулирования скорости.

Знание механических характеристик электродвигателей необходимо для оценки возможностей частотно-регулируемого электропривода в сбережении энергии. Из механической характеристики получим мощность, а затем и энергию

$$W = \frac{1}{\eta} \cdot M \cdot \omega \cdot T_{\text{работы}}.$$

В современных условиях возрастают требования к электроприводам и к регулируемым электроприводам. Такая тенденция объясняется рядом причин: увеличением единичной мощности технологических агрегатов, ростом их производительности, повышением требований к качеству продукции, упрощение механического оборудования и передач многих его функций электроприводу. Расширяется область применения регулируемых электроприводов для принципиально новых рабочих машин, либо для рабочих машин, которые ранее работали без регулирования параметров. Наряду с совершенствованием электрических машин и электроприводов постоянного тока происходит переход к регулируемым электроприводам переменного тока на базе бесколлекторных машин асинхронных и синхронных, машин двойного питания. Развитие электромашиностроения ведет к существенному повышению мощностей синхронных машин. Применение сверхмощных синхронных машин, с одной стороны, обеспечивает достаточно высокие техни-

ко-экономические показатели, а с другой стороны, требует применения новых решений для их пуска в ход.

Наиболее распространенный регулируемый тип электропривода переменного тока сегодня включает в себя преобразователь частоты со звеном постоянного тока и инвертором с широтно-импульсной модуляцией. В преобразователь встроена система управления привода с микропроцессорным управлением и внешним интерфейсом, обеспечивающим пользователю максимум возможностей для использования привода в самых различных отраслях [1].

Обычно питание электроприводов осуществляется от сети переменного тока, что требует установки в преобразователь частоты управляемого или неуправляемого выпрямителя. Преобразователь со звеном постоянного тока формирует переменное выходное напряжение из напряжения постоянного тока автономным инвертором. В настоящее время наиболее распространены преобразователи с автономным инвертором напряжения.

Важно знать, что каждый электропривод требует отдельного анализа и что сбережение энергии при помощи частотно-регулируемого электропривода возрастет, когда привод работает на низких скоростях большие периоды времени.

Список литературы

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учебник для вузов/ Г.Г. Соколовский.- М.: Издательский центр «Академия», 2006.- 265 с.
2. Браславский И.Я. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов. // Электротехника, 1998. № 8, с.2-6.

Онуфриева Е.В., Онуфриев В.В., Алиев И.Н.

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА КОСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГОДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Московский государственный технический университет

им. Н.Э. Баумана

evgeni.bmstu@yandex.ru, onufryev@bmstu.ru, alievprof@yandex.ru

В системах преобразования тока (СПТ) космических энергодвигательных установок (ЭДУ) в качестве перспективных рассматриваются термоэмиссионные вентили плазменной электроэнергетики: сеточные ключевые элементы (СКЭ) и высоковольтные плазменные термоэмиссионные диоды (ВПТД) и высокотемпературные полупроводниковые вентили. Использование указанных вентиляей эффективно в космических энергодвигательных установках в силу их высокой рабочей температуры ($T = 700 - 1000 \text{ K}$), однако рабочие характеристики вентиляей существенно зависят от температуры (снижаются с ростом температуры): например, рабочее напряжение. Падение напряжения в проводящем состоянии сказывается на эффективности, как вентиля, так и СПТ в целом. В этой связи определение оптимальной температуры СПТ, отвечающей максимальной эффективности, является актуальной задачей проектирования новых космических энергодвигательных установок. В работе впервые проведено моделирование энергомассовых характеристик СПТ при повышенных температурах – до 800 K . Показано, что для космических энергодвигательных установок целесообразно применение высокотемпературных вентиляей, что обеспечивает снижение удельной массы системы преобразования тока.

Исследование, выполненное в работе, показало, что одним из перспективных направлений создания высокотемпературных СПТ является использование в их составе СКЭ и ВПТД, что обеспечивает требуемые величины напряжения $1000 \dots 2500 \text{ В}$ при температуре до 1000 K . Результаты исследования полезны при разработке новых высокотемпературных СПТ космических ЭДУ на электрическую мощность десятки – сотни кВт.

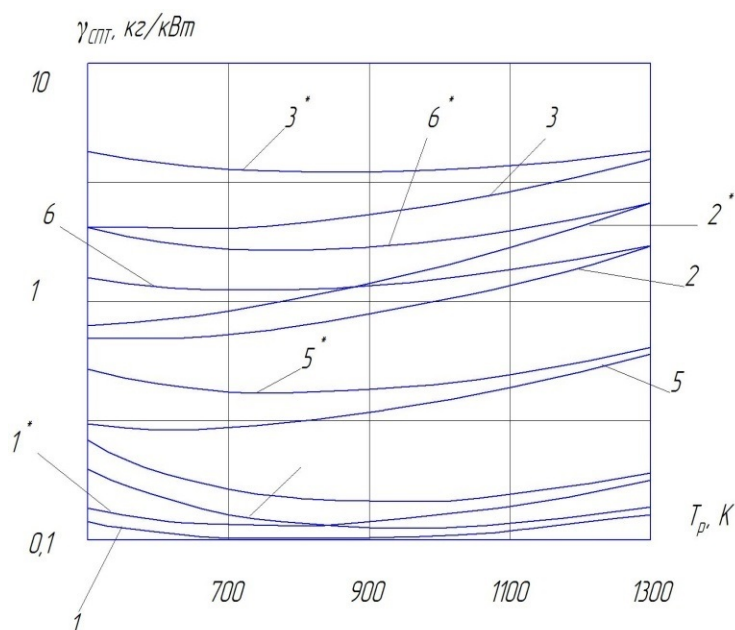


Рис. 1. Зависимость удельной массы СПТ на перспективных вентелях от его рабочей температуры: - $U_{СПТ}(300) = 5$ кВ, $\gamma_{эл} = 0,1$ кг/кВт, * - $\gamma_{эл} = 0,5$ кг/кВт; 1, 1* - $U_{СПТ} = 1$ кВ, 2, 2* - $U_{СПТ} = 5$ кВ, 3, 3* - $U_{СПТ} = 10$ кВ, 4, 4* - $U_{СПТ} = 1$ кВ, 5, 5* - $U_{СПТ} = 5$ кВ, 6, 6* - $U_{СПТ} = 10$ кВ.

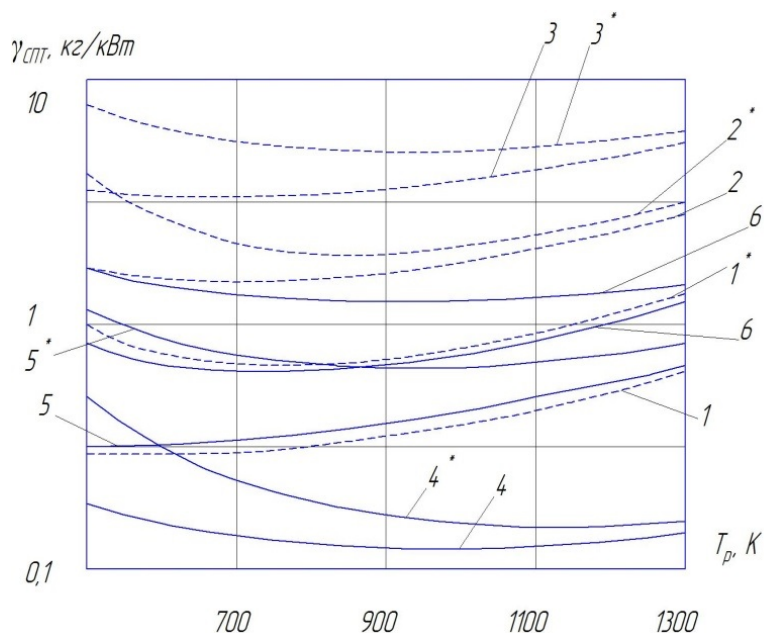


Рис. 2. Зависимость удельной массы СПТ на перспективных вентелях от его рабочей температуры: $U_{СПТ}(300) = 1$ кВ, — - $U_{СПТ}(300) = 5$ кВ, $\gamma_{эл} = 0,1$ кг/кВт * - $\gamma_{эл} = 1$ кг/кВт, 1, 1* - $U_{СПТ} = 1$ кВ, 2, 2* - $U_{СПТ} = 5$ кВ, 3, 3* - $U_{СПТ} = 10$ кВ, 4, 4* - $U_{СПТ} = 1$ кВ, 5, 5* - $U_{СПТ} = 5$ кВ, 6, 6* - $U_{СПТ} = 10$ кВ.

Тюрин И.В. ¹

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ В ДВУХКОНТУРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Тамбовский государственный технический университет

tyrinilja@crems.jesby.tstu.ru

Особенностью двухконтурных солнечных водонагревательных установок является наличие дополнительного источника энергии (ДИЭ), который необходим для доведения температуры воды до требуемого значения при отсутствии солнечной радиации, недостаточном ее поступлении или в случае необходимости нагрева воды за заданное время. Следует заметить, что вопросу повышения энергоэффективности (ДИЭ) обычно не уделяется должного внимания, несмотря на то, что доля его работы в общем времени функционирования гелиосистемы может составлять от 10 до 70% в зависимости от месяца года, времени суток, условий освещенности и дополнительно накладываемых пользователем ограничений.

Решение задачи повышения энергоэффективности ДИЭ возможно за счет оперативного формирования энергосберегающих управляющих воздействий в динамических режимах его работы, при этом уменьшение затрат энергии может составлять от 10% до 25% по сравнению с традиционным управлением при условии, что используются алгоритмы синтеза энергосберегающего управления в реальном времени, реализуемые недорогими микропроцессорными устройствами [1].

Энергосберегающий эффект можно достичь за счет следующих факторов:

- оптимальное управление динамическими режимами при нагреве тел;
- обеспечение достижения требуемой температуры точно в назначенное время (исключаются потери «заблаговременного» нагрева);
- устранение отклонений регулируемой величины от заданного значения (режим стабилизации) с минимумом затрат энергии;
- использование резервов своевременного отключения энергоносителей (например, за счет остаточного тепла разогретого электронагревателя).

Основные типы ДИЭ, различающиеся видом энергоносителя и, соответственно, минимизируемого функционала F , представлены на рис. 1.

Как правило, в ДИЭ используется один вид энергоносителя, например, электронагрев и в качестве функционала здесь рассматривается минимум затрат энергии ($I_Э$). Иногда в качестве теплоагентов используют пар, высокоорганические теплоносители, а также продукты сжигания жидкого или газообразного топлива. В этом случае в качестве функционала берется расход топлива ($I_Т$).

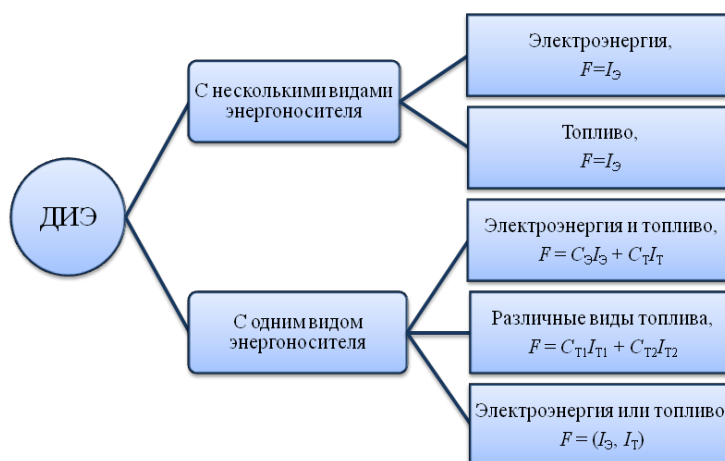


Рис. 1. Классификация ДИЭ по видам минимизируемых функционалов:

$I_Э$ – затраты энергии; $I_Т$ – расход топлива; $C_Э$, $C_Т$ – весовые коэффициенты

Наряду с рассмотренными ДИЭ, для которых минимизируются затраты энергии или расход топлива, иногда встречаются и гибридные объекты (гибридные ДИЭ). При анализе энергосберегающего управления гибридными ДИЭ рассматриваются комбинированные функционалы в виде взвешенной суммы затрат энергии и расхода топлива (в том числе различных видов топлива). Здесь следует выделить два типа гибридных объектов (см. рис. 1) – ДИЭ, в которых одновременно используются различные энергоносители, и ДИЭ, в которых используемые энергоносители только чередуются во времени [2].

Успешное решение задач энергосберегающего управления ДИЭ позволит снизить затраты традиционных видов энергоносителей, повысить экономическую эффективность двухконтурных солнечных водонагревательных установок и сократить их срок окупаемости.

¹ Автор частично поддержан грантом РФФИ 14-08-00198

Список литературы

1. Муромцев Д.Ю. Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами. Монография. Тамбов; М.; СПб.; Баку; Вена: Изд-во “Нобелистика”, 2005. 202 с.
2. Тюрин И.В. Энергосберегающее управление дополнительным источником тепловой энергии в двухконтурной солнечной водонагревательной установке. // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. №1. С. 60-62.

Чжо Зо Е

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Kyawzawye85@gmail.com

В современном мире проблема экономии энергоресурсов является весьма актуальной задачей. В данной работе рассматривается создание модели управления кластером, объединяющем альтернативные источники энергии (АИЭ). Подобную систему можно назвать многофункциональным энергетическим комплексом (МЭК). Основными функциями МЭК, работающего в кластерном режиме, с объединением альтернативных источников энергии различных видов, является бесперебойное снабжение потребителя электрической энергией заданного качества, получение максимальной энергии от двух или более альтернативных источников энергии или групп. Структура модели управления МЭК состоит из следующих: СЭГ – солнечный электрический генератор; ВЭГ – ветровой электрический генератор; БЭГ – биоэлектрический генератор; УВ – управляемый выпрямитель; УУ – устройство управления; ДТ – датчик тока; РГ – резервный генератор (аккумулятор или накопитель); Ин – инвертор; Н – нагрузка; СУ МЭК – система управления МЭК.

В качестве метода поиска экстремальных значений используется метод неопределенных множителей Лагранжа путем решения частных дифференциальных уравнений. На основе метода множителей Лагранжа можно доказать и некоторые достаточные условия для условного экстремума, требующие анализа вторых производных функции Лагранжа. Точка условного экстремума – мощность кластера АИЭ:

$$P = P_{CЭГ} + P_{ВЭГ} + P_{БЭГ} = f(o, T, a, v, z, ДТ, c), \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ}) = 0. \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) с использованием метода неопределенных множителей Лагранжа получим систему:

$$\left[\begin{aligned} L'_o &= \frac{\partial L}{\partial o} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial o} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial o} = 0 \\ L'_T &= \frac{\partial L}{\partial T} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial T} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial T} = 0 \\ L'_a &= \frac{\partial L}{\partial a} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial a} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial a} = 0 \\ L'_v &= \frac{\partial L}{\partial v} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial v} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial v} = 0 \\ L'_z &= \frac{\partial L}{\partial z} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial z} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial z} = 0 \\ L'_{ДТ} &= \frac{\partial L}{\partial ДТ} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial ДТ} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial ДТ} = 0 \\ L'_c &= \frac{\partial L}{\partial c} = \frac{\partial f(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial c} - \lambda \frac{\partial \psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ})}{\partial c} = 0, \\ L'_\lambda &= \frac{\partial L}{\partial \lambda} = -\psi(P_{CЭГ}, P_{ВЭГ}, P_{БЭГ}) = 0. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Из системы (3) получаются уравнения значений параметров o (освещенность), T (температура), a (угол атаки), и.т.д. Из системы управления находится значение λ . Используя уравнения находятся точки условного экстремума. Таким образом, точка условного экстремума, определяющая выходную мощность кластера АИЭ, $P = P_{CЭГ} + P_{ВЭГ} + P_{БЭГ} = f(o, T, a, v, z, ДТ, c)$.

Основными функциями МЭК, работающего в кластерном режиме, с объединением АИЭ различных видов, является бесперебойное снабжение потребителя электрической энергией заданного качества, получение максимальной энергии от двух или более АИЭ или групп. Суммарная мощность кластера определяется:

$$P = \sum_{i=1}^{N+M+L} P_i = P_1 + P_2 + P_N + \dots + P_{N+M+L-1} + P_{N+M+L}, \quad (4)$$

где N – количество СЭГ; M – количество ВЭГ; L – количество БЭГ.

С помощью специальных датчиков (тока, напряжения, освещенности, скорости ветра, температуры окружающей среды, объема выхода биогаза и.т.д.), рассчитывается количество энергии, получаемой от каждого генератора, и если сумма полученного тока

равна току нагрузки, то процесс управления можно считать удовлетворительным. Каждая индивидуальная система альтернативных источников (СЭГ, ВЭГ, БЭГ) управляется и регулируется отдельной системой управления (СУ МЭК) для обеспечения максимальной эффективности ее работы. энергообеспечивающей системы.

Чичёв С.И., Глинкин Е.И.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ ЕЁ ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Северные электрические сети – филиал ОАО «МОЭСК»

Тамбовский государственный технический университет

chichevsi@yandex.ru, glinkinei@rambler.ru

В современных условиях, для предприятий электрических сетей (ПЭС) – филиалов ОАО «МОЭСК» – одной из важнейших проблем в области управления электросетевым комплексом 35-220кВ является создание **автоматизированной системы технологического управления** (АСТУ) с циклом «1 – 6» на основе вновь создаваемых центров управления сетей (ЦУС).

В АСТУ ЦУС ПЭС (Рис.1) современные информационные технологии, т.е. система методов и способов сбора, передачи и накопления, обработки и хранения информации, позволяют обработать запросы и, используя имеющуюся информацию, сформировать ответы на эти запросы. В результате применения *информационных технологий к информационным ресурсам* создается некая новая продукция или информация в новой форме, которая является *информационными продуктами или услугами АСТУ ЦУС* в ПЭС.



Рис.1.

Информационная услуга – специфическая услуга, когда некоторое информационное содержание в виде совокупности данных,

сформированная производителем для распространения в вещественной и невещественной форме, предоставляется в пользование потребителю, т.е. районам электрических сетей РЭС и другим структурным подразделениям ПЭС. Таким образом, в АСТУ появляется возможность целостно и комплексно предоставить всё, что происходит с электросетевым комплексом 35-220кВ, поскольку все факторы и ресурсы будут отображены в единой информационной форме в виде данных.

Капитальные вложения на создание проекта АСТУ ЦУС в ПЭС включают расходы на выполнение строительно-монтажных, пуско-наладочных работ и приобретение следующих программно-аппаратных средств:

- основное оборудование подсистемы коллективного отображения ЦУС;
- серверное оборудование АСТУ ЦУС;
- аппаратные средства системы сбора и передачи информации или центральной приёмно-передающей станции;
- оборудование технологической ЛВС ЦУС;
- оборудование АРМ ЦУС;
- вспомогательное оборудование;
- системное (базовое) программное обеспечение;
- прикладное программное обеспечение;
- оборудование инженерных систем ЦУС:
- система диспетчерской связи;
- система централизованной часофикации;
- система энергоснабжения;
- структурированная кабельная система;
- система кондиционирования и вентиляции;
- система пожарной сигнализации.

Список литературы

1. Положение о технической политике в ОАО «МОЭСК». – М: ОАО «МОЭСК», 2012. – 116с.
2. Техническое задание на разработку и создание ЦУС РСК. – М: ООО «Систел Автоматизация», 2010. – 105с.

Шпиганович А. Н., Бусаров А. Ю.
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ
РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ
С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Липецкий государственный технический университет

kaf-eo@stu.lipetsk.ru, bus-layto@rambler.ru

Выбор режима заземления нейтрали в распределительных сетях 6-35 кВ является важной эксплуатационной задачей. На текущий момент в утвержденных отечественных нормативных документах отсутствуют конкретные рекомендации по исполнению нейтрали в сетях 6-35 кВ, что с одной стороны объясняется сложностью их формирования для большого разнообразия сетей, а с другой стороны свидетельствует о целесообразности исследования этих режимов. Таким образом, моделирование режимов заземления нейтрали электрических сетей представляется весьма актуальной задачей.

Для электрических сетей 6-35 кВ наиболее широкое применение имеет режим изолированной нейтрали. Разработанная имитационной модель режима электроустановки 6 кВ построена в пакете Matlab с учетом следующих допущений: не учитываются токи нагрузки; напряжения во всех точках приняты одинаковыми в силу малости емкостных токов, что позволяет пренебречь падением напряжения в линии. Построение кривых токов и напряжений осуществляет осциллограф Scope. Обеспечение соединения фазы с землей реализуется посредством блока Ground. Замыкание фазы на землю осуществляется за счет ключа Breaker. Осциллограммы токов и напряжений в аварийном режиме при однофазном замыкании на землю фазы А имеют вид, представленный на рисунке 1 и рисунке 2. До момента времени $t=0,1$ электрическая сеть работает в нормальном режиме. При срабатывании выключателя Breaker начинается аварийный режим. Анализ полученных зависимостей показывает, что напряжение фазы А становится практически равным нулю, а напряжения фаз В и С вырастает в $\sqrt{3}$ раз.

Предложенный подход может быть использован для создания моделей и исследования режимов электрических сетей более сложной конфигурации с изолированной, компенсированной, резистивной или комбинированной нейтралью.

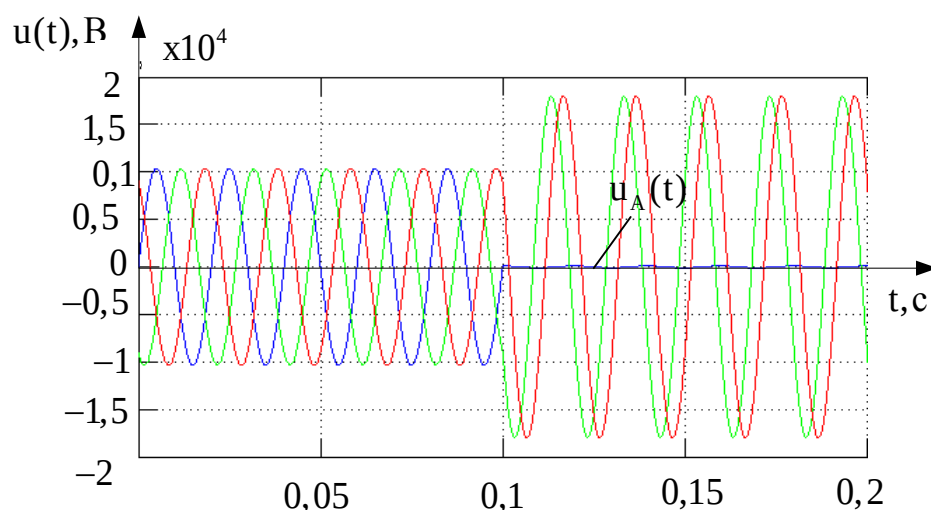


Рис. 1. Осциллограмма фазных напряжений при замыкании фазы А на землю

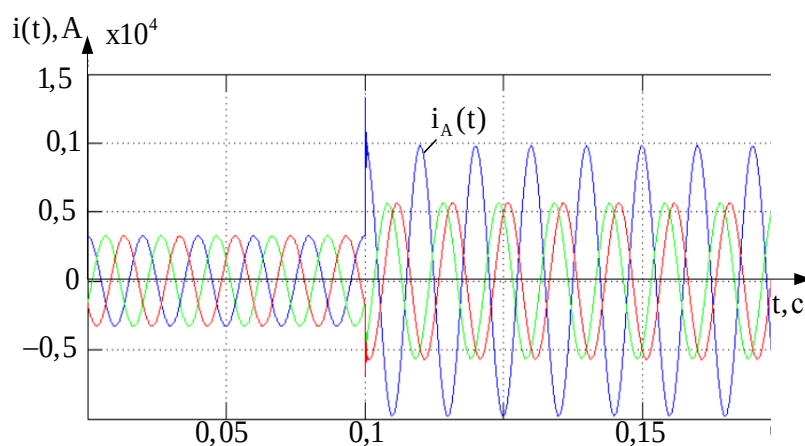


Рис. 2. Осциллограмма фазных токов при замыкании фазы А на землю

Список литературы

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] / В. А. Андреев. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.
2. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

Шпиганович А.Н., Медведев С.Е.
ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВА
АКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Липецкий государственный технический университет
kaf-eo@stu.lipetsk.ru, s.e.medvedev@mail.ru

Молния оказывает колоссальное влияние на многие отрасли техники и быт людей. Однако, несмотря на это, данное явление природы остается одним из слабоизученных. Влияние молнии на электроэнергетику очевидно: объекты электроэнергетики, такие как воздушные линии электропередач, охватывают большие площади, чаще всего являются самыми высокими объектами в окрестности, состоят из электропроводящих материалов. Указанные факты объясняют подверженность объектов электроэнергетики частым ударом в них молнии.

Объекты электроэнергетики являются дорогостоящим оборудованием, прямое попадание молнии приводит к утрате работоспособности и большим бухгалтерским и экономическим издержкам. В районах со средней продолжительностью грозовой деятельности воздушные линии электропередач подвергается прямым ударам молнии 15-20 раз в год на каждые 100 км длины трассы. Усредненное значение расчетного тока составляет 15 кА, напряжения – порядка 20 МВ, температура внутри разряда молнии – порядка $30\,000^{\circ}\text{C}$ [1].

На данном этапе развития техники основным способом защиты от прямого удара молнии являются молниеотводы. Применяются стержневые и тросовые. При этом защищаемый объект должен полностью находиться в зоне защиты молниеотвода. Тросовые используют, в основном, для защиты проводов воздушной линии электропередач. Опыт эксплуатации показывает, что угол защиты воздушной линии должен находиться в пределах $20-25^{\circ}$. Сопротивление заземления с глухозаземленной нейтралью должно быть не более 5 Ом, с изолированной нейтралью – не более 10 Ом. На практике не всегда возможно реализовать все перечисленные требования, либо же реализация связана с дополнительными капитальными вложениями и издержками на обслуживание.

Грозозащита подстанций имеет более сложную структуру, и дополнительно должна иметь защиту от перекрытий при ударах молнии в заземленные конструкции подстанций, а так же защиту от

приходящих с линии волн. При реализации защиты от перекрытий необходимо выполнения заземления с сопротивлением не более 0,5 Ом – что является сложной технической задачей [2]. Для уменьшения токов через вентильные разрядники, подходящие к подстанции линии, должны комплектоваться тросовой защитой длиной 2-3 км. Применение же разрядников в качестве защищающих устройств от удара молнии является малоэффективным способом, поскольку они имеют крутую вольт-секундную характеристику и это не позволяет вызвать пробой разрядного промежутка при воздействии короткого импульса удара молнии.

Количественно защитное действие молниеотвода определяется через вероятность прорыва – отношение числа ударов в защищенный объект к общему числу ударов в молниеотвод и объект. В руководящих материалах по устройству молниезащиты (РД 34.21.122-87) использованы результаты расчетов по вероятностной методике, связывающей вероятность поражения молниеотводов и объекта с разбросом траекторий нисходящей молнии без учета вариаций ее токов. Согласно этой модели создать идеальную защиту от прямых ударов молнии, полностью исключаящую прорывы на защищаемый объект, нельзя.

Приведенные рассуждения доказывают необходимость усовершенствования элементов молниезащиты. Поставленную задачу решают устройства активной молниезащиты [3]. Данные устройства активно разрабатываются на кафедре электрооборудования ЛГТУ. Основой работы разработанных устройств активной молниезащиты служит лазерное излучение инфракрасного спектра. Коротким импульсом большой мощности производится фотоионизация воздуха, создавая направляющий канал разряда молнии. Спровоцированный, таким образом, разряд молнии принимается молниеприемником и далее осуществляется ее преобразование и аккумулялирование.

Список литературы

1. Техника высоких напряжений [Текст] / Под ред. М.В. Костенко. – М.: Высшая школа, 1973. – 527 с.
2. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения [Текст] / под ред. И.А. Баумштейна. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 767 с.
3. Построение автономных систем электроснабжения на базе устройства отбора атмосферного электричества. «Вести высших учебных заведений Черноземья». № 4, 2013г. – Липецк: Изд-во ЛГТУ. С. 20-24.

Шпиганович А. Н., Шаранов Н. А
АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ
Липецкий государственный технический университет
kaf-eo@stu.lipetsk.ru, nsharapov@mail.ru

По действию обеспечения электрической энергией приемники солнечные батареи не являются стационарными. Вызвано это тем, что выработка электрической энергии зависит не только от интенсивности солнечного излучения, но и учета угла попадания лучей солнца на установку. В соответствии с астрономическими явлениями Земля вращается относительно Солнца. В результате на Земле день чередуется с ночью. День начинается с восхода и заканчивается с закатом солнца. Уровень солнца относительно горизонта не является величиной постоянной. Самый высокий уровень относительно горизонта в полдень, низкий при заходе и восходе солнца. Следовательно, чтобы солнечные лучи попадали на солнечные батареи под прямым углом, установка должна менять свое положение в горизонтальном и вертикальном положении. Для этой цели разработаны специальные приводы основными из которых являются: одноосевая и двухосевая электромеханическая система (ЭМС) солнечных батарей.

Электромеханическая система слежения за солнцем различаются по конструктивным особенностям и типу электропривода, типу и виду используемых датчиков, принципам функционирования системы управления.

Для одноосевых ЭМС характерны вертикальные (полярные) и горизонтальные средства отслеживания. Системы с одной осью перемещаются только в сторону одного угла отслеживания. В результате солнце оказывается перпендикулярно батарее причем только в одной плоскости. Для систем с использованием одной оси необходимо ее размещать параллельно относительно земли. Обычно управление работой таких систем осуществляется вручную. В результате становится возможным осуществлять перемещение солнечных батарей с учетом даже сезонных изменений земли относительно солнца.

Для двухосевых систем солнечные лучи попадают на батарею всегда под прямым углом. Эти средства слежения для передвижения батареи оснащаются приводами, которые контролируются при помощи микропроцессоров, средств управления или GPS (Global Positioning System – система глобального позиционирования)

устройств. Они позволяют более эффективно улавливать использованием солнечных лучей. Блоки управления запрограммированы при помощи алгоритмов перемещения солнца. Это позволяет поворачивать солнечные батареи в то положение, при котором угол падения солнечных лучей будет близок к прямому.

Кроме электрических приводов для корректировки батареи относительно Солнца применяют гидравлические устройства. Так использование сжатых газов позволяет поворачивать устройство слежения, благодаря перетеканию жидкости например с восточной стороны на западную усиливая ее нагрев солнечным теплом, что заставляет поворачиваться механизм отслеживания. Есть и ручное управление устройств слежения. Это позволяет увеличить надежность работы системы.

Анализ результатов выполненных исследований показывает, что для обеспечения расположения солнечных батарей относительно Солнца используются электромеханические устройства с разным числом элементов. Естественно, что надежность систем в данном случае не одинаковая, с увеличением количества элементов надежность уменьшается.

Список литературы

1. Патент на изобретение № 2459156 МПК H01L31/042, F24J2/38 Солнечная энергоустановка // Юрченко А. В., Китаева М. В., Скороходов А. В. опубл. 20.08.2012г.

2. Патент №2381426 Поворотное устройство для солнечного энерго модуля // Адамов Д. Н., Бирюков О. Ю., Гусынин М. В., Евтюхин А. С., Мороз А. И., Усатый А. И. 01 2006.

3. Шпиганович А. Н., Шарапов Н. А. / Особенности использования альтернативных источников энергии. // Вести высших учебных заведений Черноземья. Научно-технический и производственный журнал. - Липецк: ЛГТУ, №1, 2014г.

Kim K.K., Michalov J.A., Tkachuk A.A.

THE WATTESS POWER COMPENSATION PROBLEM AT THE DC TRACTION SUBSTATIONS

Petersburg State transport University

kimkk@inbox.ru

The growth of an electric locomotive power and traffic intensity on the railways led to power shortages in the feeding network of traction substations. When the current increases to 1.25 or 2.0 of the nominal value in the DC catenaries, the voltage across a trolley wire falls below the permissible level of 2800 V. The nominal level is 3300 V. It is caused by the considerable reactance of a feeding network. The typical

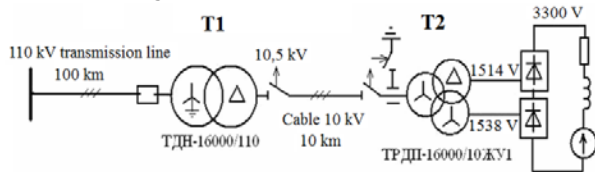


Fig. 1. The typical power circuit of a DC traction substation

power circuit of a DC traction substation is given in Fig. 1. The aim of this work is developing the optimal scheme of a wattless power compensator. It should support the required level of

voltage across a trolley wire, more specifically, in the point of its connection to the DC voltage buses of the substation.

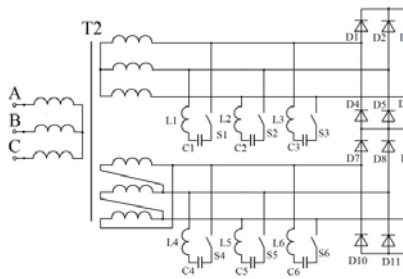


Fig. 2. The circuit with capacitor bank

One of the most effective methods for solving this problem is the use of a capacitor bank. It compensates the loss of voltage across the inductances of a feeding network and a rectifier. The total power of the capacitor bank is 10 MVar (Fig. 2). However, in this scheme we can see increasing voltage by 25 - 30% across

the buses of the substation in comparison with the nominal level. But it is not admissible. That's why it is necessary to control the wattless power of a compensating device in dependence on the value of the load current of a rectifier.

One of the most effective methods of decreasing voltage across buses of a substation in the regime of a low load in circuits with a capacitor bank is using an additional (booster) winding on a separate section of the magnetic core of a transformer (Fig. 3).

The magnetic coupling of main windings and a booster is controlled by using a magnetic shunt. The magnetic shunt is two horizontal bridges placed in the middle of the magnetic core.

The winding is wound round these bridges. The direct bias current flows through it. If this current is small, the magnetic shunt is not saturated and the magnetic flux generated by the current of the primary winding is closed through the magnetic shunt, missing the bottom booster winding.

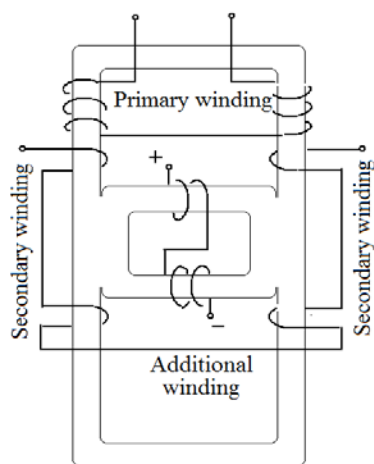


Fig. 3. The equivalent single-phase scheme of circuit

With increasing the bias current the magnetic shunt resistance increases due to its magnetic saturation, and the main magnetic flux is closed through the bottom section of the magnetic core crossing the booster winding. Her turns become a part of the secondary winding and it begins to add voltage to the voltage across the rest turns of the secondary winding, so that the output voltage of the transformer increases. When we have an appropriate choice of the control characteristic we can compensate the decreasing voltage across the load of the transformer by bias current in the transmission regime of large power. The comparison of the plots of the load voltage in the transmit regimes of low and high power shows that the circuit ensures the same voltage pick across the load practically in both the idling regime and regime of nominal load resistance. Here we don't need any commutations in the circuit; the transition rate from one regime of compensation to another is limited only by a time constant of attenuation of transitive component of a bias current of the transformer. When we have an appropriate choice of the number of the booster winding turns and the characteristics of the magnetic shunt, as the direct current controlling the saturation of the magnetic shunt which is dividing the magnetic fluxes coupling with main windings and a booster winding we can use the load current directly. It rules out the necessity to build a special controlling device generating the current which is saturating the magnetic shunt. If we consist a magnetic shunt with two identical legs as shown in Fig. 3, the opposite connection of the bias windings on each half rules out the transmission of an alternating voltage to the dc circuit and it rules out the appearance of even harmonics in the secondary windings of the transformer. Such harmonics can arise if positive and negative branches of a magnetization curve of the magnetic shunt are asymmetric. To build such a circuit in

the three-phase version we must design the construction of a three-phase transformer with magnetic shunts in each phase. If this problem cannot be carried out, we can use a group of single-phase transformers.

Яштулов Н.А.^{1,2}, Лебедева М.В.²

**НАНОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ
МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ
В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ
ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ**

¹*Национальный исследовательский университет «МЭИ»*

²*Московский государственный университет тонких химических
технологий им. М.В. Ломоносова*

YashtulovNA@mail.ru, lebedevamv221087@mail.ru

Разработка энергосберегающих устройств является одним из главных путей обеспечения современного техногенного общества доступными и эффективными видами энергии. Поиск альтернативных источников энергии стал особенно актуальным вследствие успехов нанотехнологии в создании таких перспективных материалов как нанотрубки, наноструктурированные мембраны, нанопористые матрицы-подложки. Применение наноматериалов и выяснение особенностей их функционирования может служить основой разработок источников тока нового поколения – микромощных автономных источников энергии (АИЭ) [1-3]. В распоряжении Правительства Российской Федерации № 1234-р от 28 августа 2003 года «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года» развитию микромощных источников энергии уделяется важная роль.

Несмотря на определенные успехи в конструировании АИЭ, большое число публикаций о синтезе наночастиц катализаторов и применении углеродных наноматериалов с наноструктурированными полимерными мембранами ожидаемого кардинального улучшения выходных параметров источников тока добиться не удалось. При создании современных топливных элементов особое внимание уделяется разработке мембранно-электродных блоков с нанокompозитными катализаторами. В последнее время интенсивно развивается направление, связанное с модифицированием твердых полимерных мембран (ТПМ) неорганическими добавками. Однако существуют лишь немногочисленные работы по модифицированию ТПМ наночастицами металлов. При этом отсутствуют работы по

оценке каталитической активности и стабильности подобных металлополимерных нанокомпозитов в составе мембранно-электродных блоков. Модифицирование наночастицами металлов-катализаторов не только поверхности, но и объема ТПМ стимулирует дополнительное каталитическое окисление водородсодержащих топлив, препятствуя проницаемости мембраны по топливу. Введение наноразмерных металлов в ТПМ представляется перспективным вследствие возможности повышения эксплуатационных характеристик мембранно-электродных блоков АИЭ и снижения расхода дорогостоящих катализаторов платиновой группы [1-3].

Для формирования металлополимерных пленок использовали мембрану Нафион 117 («Aldrich») толщиной 0.127 мм. Солюбилизацию растворов осуществляли на ультразвуковом диспергаторе при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Основным показателем функциональной активности металлополимерных электродов является плотность тока ($j = I/S$, $\text{A}/\text{м}^2$). Электрохимическую активность (ESA , $\text{м}^2/\text{г}$) и стабильность металлополимерных электродов оценивали методом циклической вольтамперометрии. 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 $0.32 \pm 0.2 \text{ мг}/\text{см}^2$ и ультразвуковой обработке, дозе облучения, равной 19 кГр. Ультразвуковое воздействие стимулирует равномерное распределение наночастиц платины с меньшим диаметром по поверхности пленки, что приводит к увеличению активности. Максимальные значения электрохимической активности ESA и плотности тока j достигаются при минимальных размерах наночастиц ($d \leq 4 \text{ нм}$).

В результате работы установлены оптимальные условия формирования энергоэффективных платиносодержащих нанокомпозитных полимерных материалов для автономных источников энергии. Продемонстрировано влияние поверхностного содержания платины, размеров наночастиц, степени солюбилизации и размеров водных пулов растворов прекурсоров, дозы облучения, УЗ-обработки на функциональные параметры нанокомпозитов. Таким образом, показано, что разработанные металлополимерные нанокомпозитные материалы позволяют повысить энергоэффективность автономных 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») и профессору Ревиной А.А. (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-08-12407-офи_м2).

Список литературы

1. Yashtulov N.A., Bol'shakova A.N., Revina A.A., Flid V.R. Metallopolymer nanocomposites based on platinum nanoparticles for chemical fuel cells // Russ. Chem. Bull. V. 60. № 8. 2011. P. 1581-1585
2. Яштулов Н.А., Ревина А.А., Патрикеев Л.Н., Лебедева М.В., Флид В.Р. Портативные источники энергии с прямым окислением муравьиной кислоты на основе нанокompозитов пористого кремния с палладием // Наукоемкие технологии. Т. 14. № 1. 2013. С. 21-24.
3. Yashtulov N.A., Revina A.A., Lebedeva M.V., Flid V.R. Catalytic activity of polymer-palladium metal nanocomposites in oxygen reduction and hydrogen oxidation reactions // Kinetics and catalysis. V. 54. № 3. 2013. P. 322-325.

СЕКЦИЯ 4

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Баин А.М.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ
ИНФОРМАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ
В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Национальный исследовательский университет “МИЭТ”

evgen_uis@mail.ru

Информационно-управляющие комплексы получили развитие в электроэнергетике для решения задачи достоверной передачи информации от удаленных контролируемых пунктов (КП) на центральную приемо-передающую станцию (ЦППС). Традиционно качество ИУК в энергетике оценивается числом и типом датчиков и объектов управления. Остальные характеристики «растворяются» в общесистемных показателях достоверности, надежности, помехоустойчивости, оперативности и не отражают качество ИУК. Для оценки качества ИУК предложено использовать критерий системной интегральной достоверности информации, который учитывает: все возможные искажения по всей трассе доставки информации и реальный показатель быстродействия [1].

Для определения системной интегральной достоверности $P_{сист}$ необходимо увязать аналитически полученные значения, например, для телесигнализации, полученных от датчиков сигналов состояния силового оборудования $P_{мс}$, с реально достигаемым временем доставки информации приемнику $T_{дост}$ и установленное максимально допустимое время доставки информации $T_{макс}$, т.е.

$$P_{сист} = \begin{cases} P_{мс}, \text{ при } T_{дост} \leq T_{макс} \\ P_{мс} \cdot f(T_{дост}, T_{макс}), \text{ при } T_{дост} > T_{макс} \end{cases}. \quad (1)$$

Функция $f(T_{дост}, T_{макс})$ может задаваться для каждого ИУК, а также для отдельных видов информации по важности получения данных за оговоренное время. При обосновании концепции построения эффективных ИУК повышенной достоверности было показано, что интегральная достоверность всей трассы доставки информации $P_{общ}$, например для телесигнализации, полученных от датчиков телесигнализации, должна описываться выражением

$$P_{общ} = P_{необ\_мод} + \sum_i P_{необн\_отк\_i}, \quad (2)$$

где $P_{необ\_мод}$ соответствует вычисленному значению интегральной достоверности информации, которая обеспечивается модулем – источ-

ником телесигнализации; $P_{необ\_отк\_i}$ учитывает необнаруживаемые отказы всех модулей, включенных в трассу доставки информации.

Вторая составляющая равна вероятности того, что в любом модуле трассы произойдут не обнаруживаемые отказы, число которых не меньше кодового расстояния $d=6$ у кода, образованного модулем-источником информации. Кодовое расстояние определяется суммой защитных свойств комбинированного кода, состоящего в использовании биимпульсного кода, где в кодированном сообщении состояние каждого датчика отображается двумя импульсами “01” или “10”, в котором инверсия второго бита пары- “условная” и ставится в зависимость от результата диагностики цепей связи с датчиками ($d_1 \geq 2$) и обрамления шестнадцатиразрядной контрольной последовательностью циклического кода в канале связи ($d_2 \geq 4$) [2].

Примем, что число элементов в модуле равно 10^4 , а вероятность отказа одного элемента не превышает 10^{-7} . Тогда $P_{необ\_отк} = (10^4 \cdot 10^{-7})^6 = 10^{-18}$.

Очевидно, что при включении даже десяти модулей в трассу доставки ТС дополнительная составляющая, снижающая величину интегральной достоверности, равна 10^{-17} . Таким образом, предложенный подход обеспечивает практическую независимость системной интегральной достоверности информации, достигнутой в модулях-источниках информации, от остальных модулей трассы доставки данных ТС в приемник.

Список литературы

1. Баин А.М. Методика оценки качества систем обеспечения энергоэффективности// Естественные и технические науки. 2012. № 4. С. 273-274.
2. Баин А.М. Способ кодирования в системах управления энергообеспечением// Естественные и технические науки. 2012. № 3. С. 238-239.

Баин А.М., Каунг Сан, Портнов Е.М.
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

Национальный исследовательский университет “МИЭТ”
evgen_uis@mail.ru

Одной из основных задач системы управления в энергетике является защита от перегрузок силового энергетического оборудования, например, двигателя глубинно-насосной установки на нефтепромыслах [1]. Для этих целей в состав системы вводятся каналы измерения тока в обмотках двигателя во включенном и отключенном состояниях. По первому из указанных параметров определяется соответствие режима работы двигателя норме, а по второму – целостность обмоток двигателя, а, следовательно, фиксируются попытки несанкционированного демонтажа двигателя. В традиционном способе измерений используется многократное за один период частоты сети питания двигателя сканирование мгновенных значений измеряемого параметра и последующее вычисление по полученным отсчетам действующего (амплитудного) значения. Так, действующее значение напряжения (U_d), которое отображает искомый ток в обмотках двигателя, вычисляют по формуле:

$$U_d = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i^2} \quad , \quad (1)$$

где « n » – число отсчетов мгновенных значений измеряемого напряжения за один период частоты электрической сети, U_i – значение напряжения в интервале « i ». Вычисления по формуле (1) требуют значительных затрат времени и приводят к уменьшению числа интервалов и соответствующему увеличению погрешности.

Предлагается альтернативный способ измерений, который резко упрощает выполняемые процедуры и, тем самым, повышает надежность измерительной системы [2].

Для реализации измерений электрических параметров силового энергетического оборудования переходят от многократного (в течение одного периода частоты электрической сети питания двигателя) аналого – цифрового преобразования измеряемого параметра к однократному измерению амплитудного значения искомого параметра в каждом периоде и последующему усреднению полу-

ченных мгновенных значений для определения искомого амплитудного значения измеряемого сигнала.

Для вычисления среднего значения кода предлагается использовать легко реализуемый алгоритм, определяемый формулой (2):

$$C_i = \frac{(i-1) \cdot C_{i-1}}{i} + \frac{X_i}{i}, \quad (2)$$

где i ($50 \geq i \geq 2$) – номер текущего (« i ») отсчета амплитудного значения параметра; C_i – среднее значение сигнала, вычисленное по « i » отсчетам; X_i – значение сигнала, полученное в отсчете « i »; C_{i-1} – среднее значение сигнала, полученное по « $i-1$ » отсчетам. Усредненное по выбранному числу отсчетов амплитудное значение параметра получается за время $i \cdot 20$ мс.

Усредненное действующее значение измеряемого сигнала получают из C_i делением на коэффициент $K = \sqrt{2}$.

Видно, что применение нового способа измерений электрических параметров позволяет повысить информативность и надежность работы силового энергетического оборудования.

Список литературы

3. Портнов Е.М. К вопросу создания интегрированных информационно-управляющих систем в энергетике// Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2011. № 4. С. 77-80.
4. Баин А.М. Способ прямых измерений параметров распределительных электросетей// Естественные и технические науки. 2012. № 3. С. 240-241.

Балабанов П.В.

МЕТОД ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИСЧЕРПАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ХЕМОСОРБЕНТА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Тамбовский государственный технический университет
pav-balabanov@yandex.ru

Одной из актуальных задач, возникающих при разработке и управлении работой изолирующих средств регенерации воздуха на основе надпероксидов щелочных металлов, является оценка сорбционной активности хемосорбента (ХС) по поглощаемому диоксиду углерода. До настоящего времени, наиболее распространенным способом такой оценки являлось взятие пробы сорбента, расположенного в различных слоях аппарата, и его химический анализ, позволяющий определить массовую (или объемную) долю погло-

щенного CO_2 [1]. Недостатком способа является необходимость остановки процесса, разрушение целостности слоя, а, следовательно, искажение получаемых результатов. Предложенный тепловой метод, обладая достаточной для решаемых задач точностью, лишен указанных недостатков.

Внутри аппарата 1 в сечениях I, II, III, IV (рис. 1) слоя 2 хемосорбента размещают датчики температуры 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 1-2, 2-2, 3-2, 4-2.

В процессе продувки регенерируемой газовой воздушной смеси (ГВС), в слое хемосорбента действуют источники теплоты, обусловленные протекающей экзотермической реакцией. При этом температурное поле описывается уравнением

$$q_v(x, \tau) - w c_{\Gamma} \rho_{\Gamma} \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} - \frac{2\alpha}{R} (T(x, \tau) - T_{\text{ср}}) + \lambda_{\Gamma} (T, \varepsilon) \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2} = c_{\Gamma} \rho_{\Gamma} (T) (1 - \varepsilon) \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} + c_{\Gamma} \rho_{\Gamma} \varepsilon \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau}.$$

где T , $T_{\text{ср}}$ – температура сорбента и температура среды; c_{Γ} , c_{Γ} , ρ_{Γ} , ρ_{Γ} – удельные теплоёмкости и плотность соответственно твердой фазы сорбента и ГВС; λ_{Γ} , ε – эффективная теплопроводность насыпного слоя сорбента и его порозность; W – объемная мощность внутренних источников тепла, отнесенная к единице объема насыпного слоя шихты хемосорбента; R – радиус патрона цилиндрической формы; α – коэффициент теплообмена с окружающей средой, w – средняя скорость ГВС в слое ХС, определяемая по известному расходу ГВС и площади сечения слоя.

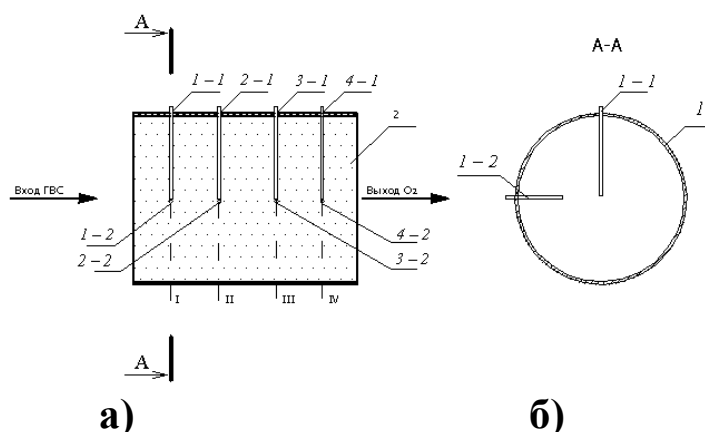


Рис.1 Схема макета для испытаний: продольное (а) и поперечное сечение (б)

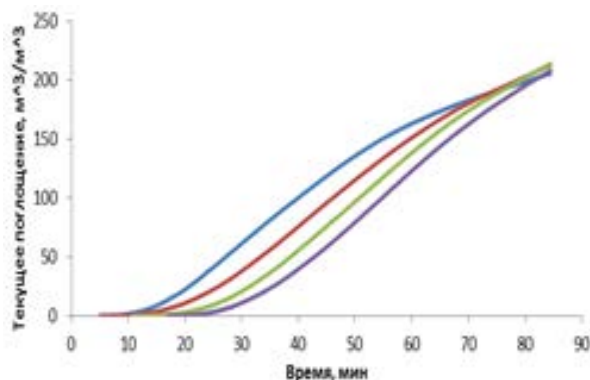


Рис. 2 Зависимость $\varphi = f(\tau)$

поглощение CO_2 . Интегрирование последнего выражения позволяет вычислить величину φ , определяющую массовую долю CO_2 , сорбированного единицей объема ХС. При $\tau \rightarrow \infty$ текущее поглощение стремится к максимально возможному, т.е. $\varphi \rightarrow \varphi_{\max}$. При этом величина $\varphi/\varphi_{\max}$ характеризует текущую степень исчерпания защитных свойств ХС.

Список литературы

1. Путин, С. Б. Экспериментальные исследования процесса регенерации воздуха в регенеративном патроне изолирующего дыхательного аппарата / С. Б. Путин, С. В. Гудков [и др.] // Вестник ТГТУ, 2008. – Т.14, № 1. – С. 90–96.

Балашов А.А., Кацуба Д.С.

**МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛИМЕРЕ
«Тамбовский государственный технический университет»
enefsystem@nnn.tstu.ru**

Согласно теореме статистической физики [1] о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы, теплоемкость полимера зависит от числа степеней свободы. В стеклообразном или кристаллическом состоянии наблюдаются колебательные степени свободы, а в высокоэластическом и вязкотекучем, кроме того, – и вращательные, и поступательные степени свободы. Этим объясняется хорошо известный факт, что при переходе полимера через температуру стеклования его теплоемкость возрастает. В области фазовых переходов (плавление, кристаллизация) также наблюдается резкое изменение теплоемкости полимеров. Предполагается фиксировать фазовые переходы в полимере методом не-

разрушающего контроля [2]. При реальной работе информационно-измерительной системы, которая реализует метод, возникает шум с достаточно большой амплитудой из-за теплового движения заряженных частиц в элементах электрических цепей. Поэтому исследование каналов передачи информации о возможных фазовых переходах в полимере является актуальным.

Подходящей моделью для данной задачи может быть следующая:

$$\begin{aligned}x(t) &= n(t) + s(t), \quad 0 \leq t \leq T : H_1, \\x(t) &= n(t), \quad 0 \leq t \leq T : H_0.\end{aligned}$$

Здесь $x(t)$ – сигнал, содержащий полезную периодическую составляющую сигнала $s(t)$ и шумовую составляющую $n(t)$; t – время; H_0, H_1 – гипотезы.

Обработка сигнала на этапе устранения шумовой составляющей и оценки полезной составляющей осуществляется с помощью критериев и правил принятия решения. Выделяют две большие группы критериев принятия решения: минимизация среднеквадратичного расстояния между элементами определенного класса функции (при обработке в пространстве непрерывных функций) и минимизация средне абсолютного расстояния (при обработке в пространстве кусочно-непрерывных функций). В теории обработки сигналов метод наименьших квадратов имеет широкое применение. Наряду с существующими методами выделения полезной составляющей, также используются различные методы сглаживания на основе квадратичной функции потерь. Способы устранения априорной неопределенности при решении задачи выделения полезного сигнала на фоне аддитивного шума рассматриваются в работах Давенпорта В.Б., Егизаряна К.О., Катковника В.Я., Уидроу В., Цыпкина Я.З. Одним из эффективных способов решения данной проблемы является использование адаптивных методов. Процесс адаптации в большинстве случаев является итерационным и основывается на результатах теории оптимизации. Для описания сигналов в частотной области применяется аппарат преобразования Фурье в большинстве радиотехнических систем. В основе многих методов фильтрации используется байесовский критерий – минимум байесовского риска.

Таким образом, в литературе не существует последовательных и четких правил выбора критерия обработки. Однако, в этом направлении ведутся активные исследования, и разрабатываются

методы оценки на основе нескольких критериев с использованием как нелинейных, так и адаптивных алгоритмов. Выбор критерия для оценки полезного сигнала определен объемом априорной информации о фазовом переходе в полимере.

Список литературы

1. Бартенев, Г.М. Физика и механика полимеров / Г.М. Бартенев, Ю.В. Зеленев. – М.: Высш. школа, 1983. – 391 с.
2. Балашов, А.А. Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.16 / А.А. Балашов. – Тамбов, 2005. – 16 с.
3. Шерстобитов, А.И. Метод и алгоритмы выделения полезного сигнала на фоне шумов при ограничениях на объем выборки и в условиях априорной неопределенности: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.04 / Шерстобитов Александр Иванович. – Ростов-на-Дону, 2008. – 155 с.

Баршутина М.Н.

КОНТРОЛЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ БАРБОТАЖНЫМ ОБЪЕМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Тамбовский государственный технический университет
barshutina.marie@yandex.ru

В настоящее время ферромагнитные жидкости благодаря своим уникальным свойствам и широким возможностям практического применения привлекают к себе большое внимание исследователей и ученых во всем мире. Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные дисперсии наночастиц магнитных материалов, стабилизированных в полярной (водной или спиртовой) и неполярной (углеводороды и силиконы) средах с помощью поверхностно-активных веществ. Наиболее важным параметром ферромагнитных жидкостей является их стабильность, которая может контролироваться путем изменения физико-химических свойств этих жидкостей (плотности, поверхностного натяжения, вязкости). В свою очередь эффективность контроля во многом определяется точностью методов, используемых для измерения физико-химических свойств. При этом предпочтение отдается тем методам, которые позволяют проводить комплексные исследования сразу нескольких параметров.

К таким методам относится барботажный объемомерный метод [1], который позволяет осуществлять одновременные измерения сразу трех параметров среды (плотности $\rho_{жс}$, поверхностного натяжения $\sigma_{жс}$ и вязкости $\eta_{жс}$) и отличается высокой точностью, простотой реализации, пожаро- и взрывобезопасностью. Еще одним достоинством метода является возможность проведения измерений в сверхмалых объемах (от 1 мл), что имеет большое значение для ферромагнитных жидкостей в связи с их высокой стоимостью.

В основу метода положена зависимость давления внутри пузырьков, образующихся на конце газоподводящей трубки, и их отрывного объема от свойств исследуемой жидкости ($\rho_{жс}$, $\sigma_{жс}$, $\eta_{жс}$). При этом методика измерений данным методом включает в себя следующие этапы: 1) газ с заданным расходом Q_1 через газоподводящую трубку подают в контролируемую жидкость; 2) измеряют разность давлений ($P_u - P_0$) в момент отрыва пузырька от конца газоподводящей трубки при Q_1 ; 3) определяют частоту следования пузырьков f_1 при расходе Q_1 ; 4) изменяют расход газа с Q_1 до Q_2 ; 5) определяют частоту следования пузырьков f_2 при расходе Q_2 ; 6) на основании полученных значений ($P_u - P_0$) f_1 и f_2 определяют плотность $\rho_{жс}$, поверхностное натяжение $\sigma_{жс}$ и вязкость $\eta_{жс}$ жидкости по формулам:

$$\rho_{жс} = \frac{P_u - P_0}{\frac{4}{K_1 \cdot \left(K_2 - \frac{f_1}{f_2} \right)^3 - \frac{K_3}{f_1} + \frac{K_4}{f_2} + K_5}}}, \quad (1)$$

$$\sigma_{жс} = \frac{K_6 \cdot (P_u - P_0) \cdot \left(\frac{1}{f_2} - \frac{K_7}{f_1} \right) + K_8 \cdot \frac{P_u - P_0}{f_2}}{\frac{4}{K_1 \cdot \left(K_2 - \frac{f_1}{f_2} \right)^3 - \frac{K_3}{f_1} + \frac{K_4}{f_2} + K_5}}, \quad (2)$$

$$\eta_{жс} = \frac{K_9 \cdot (P_u - P_0) \cdot \left(\frac{K_7}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right)^{\frac{4}{3}}}{\frac{4}{K_1 \cdot \left(K_2 - \frac{f_1}{f_2} \right)^3 - \frac{K_3}{f_1} + \frac{K_4}{f_2} + K_5}}, \quad (3)$$

где $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9$ – коэффициенты пропорциональности.

Экспериментальная проверка представленного метода показала, что погрешность измерения плотности, поверхностного натяжения и вязкости ферромагнитных жидкостей различного состава не превышает 4,7%.

Список литературы

1. Подольская (Баршутина) М.Н. Измерение плотности, поверхностного натяжения и вязкости барботажным объеметрическим методом / Подольская М.Н., Мордасов М.М. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2011. - №11. - С. 39-42.

Васильев С.О., Антонов А.О., Попов О.Н.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЖИРОВ

Тамбовский государственный технический университет

teplotehnika@nnn.tstu.ru

Температура плавления имеет большое практическое значение в технологических процессах для контроля процесса гидрогенизации жиров, контроля качества сырья и потребительских свойств готовой продукции. Температура плавления является константой, очень чувствительной к примесям, поэтому по значению температуры плавления можно провести идентификацию жира и определить степень его чистоты [1].

При охлаждении жидкого жира он переходит в твердое состояние. Плавление и застывание представляют собой обратимые процессы. Для химически чистых индивидуальных веществ значения температуры плавления и застывания совпадают. Для жиров (смеси жирных кислот и триглицеридов) температура застывания ниже значения температуры плавления, что обусловлено различными значениями температуры застывания триглицеридов с разным жирнокислотным составом, эффектом переохлаждения и наличием полиморфизма [1].

Основными преимуществами автоматизированных приборов являются: возможность определения качества жира по кривой расплавления; автоматизация измерения; отсутствие субъективной погрешности анализа; возможность документирования полученных результатов.

Разработанный в Тамбовском государственном техническом университете мобильный вариант портативной измерительной системы (ИС) состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, измерительного зонда (ИЗ), блока управления и питания (БУП).

Схема измерительной системы представлена на рис. 1.

1. Технологический контроль жиров и жирозаменителей: учебное пособие / Под ред. проф. О.Б. Рудакова. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 576 с.

**Гагарина Л.Г., Дорогов В.Г., Масалов В.В., Масалов В.В.,
Масалова А.А., Рыгалин Д.Б., Хамидулин А.Р.**

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ВОЗДУШНЫХ ЛЭП НА ОСНОВЕ СЕТИ БЕСПРОВОДНЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ**

*Федеральное государственное автономное учреждение высшего
профессионального образования*

«Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

gagar@bk.ru

Эффективность использования современных технологий мониторинга воздушных электросетей ЛЭП значительно возрастает в случае автоматизации процессов управления режимами работы, диагностики и тестирования беспроводных интеллектуальных измерителей, являющихся неотъемлемой частью реализованной ранее [1, 2, 3] системы мониторинга.

Предложена модульная структура программных компонентов (ПрК) автоматической системы мониторинга воздушных ЛЭП на основе сети беспроводных интеллектуальных измерителей (АСМ БИИ), включающих:

- системное программное обеспечение (ПО) для управления режимами работы, диагностики и тестирования оборудования измерителя;
- подсистему управления внешними устройствами;
- подсистему обработки информации для вычисления передаваемых в сеть параметров.

Функционал перечисленных ПрК в настоящее время находится в стадии верификации; также определяются этапы разработки программных модулей каждого ПрК.

Кроме того, для взаимодействия с любым ПрК, находящимся в зоне досягаемости сетевого протокола верхнего уровня ZigBee, предусматривается создание переносного терминального устройства, которое обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- авторизацию оператора терминала по защищенному

каналу;

- сканирование всех устройств АСМ БИИ с последующим выводом информации о состоянии каждого на экран терминального устройства;
- принудительную самодиагностику каждого ПрК на наличие неисправностей и вывод результатов;
- перезапуск каждого ПрК и общего программного обеспечения АСМ БИИ;
- чтение аварийных параметров ПО АСМ БИИ из энергонезависимой памяти;
- сброс всех параметров программного обеспечения;
- получение сведений об установленном ПО (версия, прошивка).
- обновление программного обеспечения АСМ БИИ с сохранением текущего ПО (backup + new update).

Ценность ожидаемых результатов создаваемого программного обеспечения АСМ БИИ заключается в значительном увеличении средней полезной пропускной способности канала спутниковой связи и заметном повышении отказоустойчивости АСМ БИИ

Предложенное к реализации программное обеспечение использует единые технологии и архитектуру, а также имеет практически неограниченные возможности масштабирования, что выгодно для перспективного использования энергосетевыми компаниями в задачах обеспечения энергоэффективности и энергосбережения.

Список литературы

1. Масалов В.В., Самарин А.В. «Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП». – Control Engineering, Россия, #3 (45), 2013. – с.88-94.
2. Масалов В.В., Самарин А.В. Синхронизация измерений в системе мониторинга воздушных ЛЭП.- «Электроника и электрооборудование транспорта» -№2, 2013.- с.23-27
3. Масалов В.В., Самарин А.В. «Мониторинг стрелы провеса проводов воздушных ЛЭП с помощью акселерометра» Естественные и технические науки» №2, 2013. - с. 264-273

Гагарина Л.Г., Дорогов В.Г., Масалов В.В., Масалов В.В.,

Масалова А.А., Рыгалин Д.Б., Хамидулин А.Р.
ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП
Федеральное государственное автономное учреждение высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
gagar@bk.ru

При создании программного обеспечения (ПО) автоматической системы мониторинга воздушных ЛЭП на основе сети беспроводных интеллектуальных измерителей предусматривается применение единых технологии и архитектуры составляющих его программных компонентов (системное ПО, подсистема управления внешними устройствами, подсистема обработки информации), имеющих модульную структуру. В свою очередь, количество и назначение программных модулей определяется функционалом и задачами программного компонента.

В частности, задачами подсистемы управления внешними устройствами являются оперативное определение мест и характера повреждения участков ЛЭП; измерение и вычисление механических параметров проводов непосредственно на уровне отдельных устройств: стрелы провеса, критического уровня обледенения и обрывов на основе данных акселерометра (амплитуды и частоты вибраций и раскачиваний), а также передача сообщений об аварийном состоянии провода, характере и месте повреждения в режиме онлайн. Кроме того, требуется обеспечение достоверности измерений без значительного удорожания программно-аппаратного обеспечения всей системы мониторинга.

С учетом того, что каждый измерительный блок автоматической системы мониторинга воздушных ЛЭП оснащен совокупностью датчиков, в том числе, акселерометром, в составе вышеописанной подсистемы было предложено создание программного модуля «Акселерометр», выполняющего следующие функции:

- сбор информации о мгновенном ускорении;
- обработка извлеченных данных;
- калибровка эталонного положения;
- передача информации о характеристиках текущего состояния;
- ведение базы данных для выяснения причин

непредвиденных ситуаций.

Входные данные программного модуля представлены вектором мгновенных значений ускорения в пространстве, разложенным по координатным осям. Разработаны математическая модель, методика и алгоритмы измерения стрелы провеса в пролете ЛЭП на основе измерения угла наклона провода в точке подвеса к опоре. Через заданные промежутки времени производится калибровка эталонного положения акселерометра в пространстве, вычисляется величина амплитуды и периода колебаний провода, а также угла наклона относительно поверхности земли. Далее предусматривается анализ и сравнение полученных значений с предельно допустимыми (критическими), после чего при необходимости подается сигнал об аварийных значениях.

Таким образом, программный модуль реализует вычисление стрелы провеса косвенным методом без дополнительной установки специализированного оборудования (теодолитов, лазерных дальномеров и т.п.); для передачи данных используются беспроводные каналы связи (GSM, ZigBee) - в результате на подстанциях имеется возможность оперативно выявлять предаварийные и критические ситуации

Применение специального программного решения для оперативной обработки данных измерений трехосевых интегральных акселерометров с высокой чувствительностью обеспечивает высокую точность вычисления стрелы провеса проводов (режим онлайн), что в свою очередь гарантирует динамическое управление нагрузочной способностью ЛЭП и улучшает характеристики надежности и безопасности энергосистем.

Список литературы

1. Масалов В.В., Самарин А.В. «Мониторинг стрелы провеса проводов воздушных ЛЭП с помощью акселерометра» Естественные и технические науки» №2, 2013. - с. 264-273

Демидов А.Н., Москвитин С.П.

СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА

Тамбовский государственный технический университет

kafelnikov2010@yandex.ru, sergey.msk@mail.ru

В последние годы наибольшую актуальность приобрели разработки в области создания мультисенсорных систем различного назначения. В основу этого направления положены принципы построения преобразователей различных физических величин в электрические сигналы, а также новые принципы извлечения полезной информации из этих сигналов, базирующиеся на совместной интеллектуальной обработке всей совокупности сигналов, поступающих от мультисенсорной системы. Потребность в таких системах стремительно растет в связи с быстрым развитием автоматизированных систем контроля и управления, внедрением новых технологических процессов, переходом к гибким автоматизированным производствам.

Одна из таких систем нашла применение при контроле характеристик качества биметаллических материалов электронной техники в процессе производства. Основными характеристиками качества биметалла являются его толщина, соотношение толщин слоев его компонент до плакирования и прочность их соединения после. Предложенная сенсорная система объединяет в себе совокупность методов и средств для ведения контроля геометрических параметров заготовок после их обработки и подготовки к плакированию, контроля прочности соединения слоев и соотношения их толщин после совместной холодной прокатки, а так же скорости движения полос на входе и выходе прокатных валков [1-3].

Система содержит (рис.1) [2] канал контроля толщин исходных компонент, составляющих биметалл (1,2,4); канал измерения скорости движения полос на входе в зону пластической деформации заготовок биметалла и на выходе биметалла из зоны пластической деформации (13,14); канал контроля толщины биметалла на выходе из зоны пластической деформации (3,4); канал контроля толщины плакирующего слоя биметалла (5,6,7); канал контроля прочности соединения слоев биметалла (8-12).

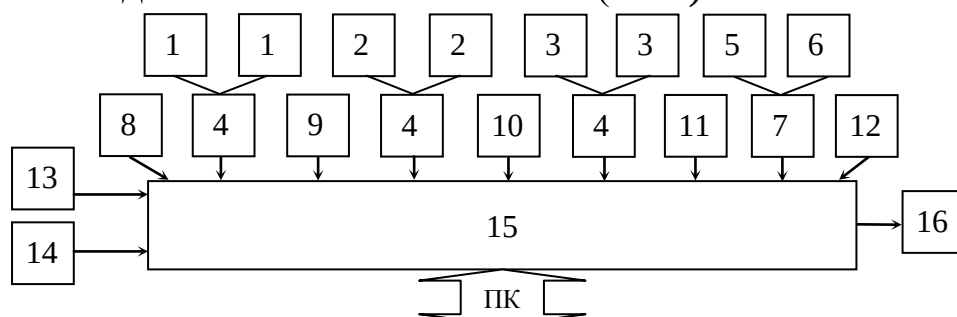


Рис. 1 Структурная схема сенсорной системы контроля характеристик качества биметалла: 1,2,3 – лазерные преобразователи толщины плакирующего слоя, основания и биметаллической полосы; 4 – устройство сравнения; 5,6 – вихретоковые преобразователи толщины плакирующего слоя; 7 – схема сравнения; 8,9,10 – термоприемники; 11 – контроль мощности точечного источника тепловой энергии; 12 – контроль параметров импульсного тока; 13,14 – датчики скорости движения заготовок и биметалла; 15 – устройство обработки информации сенсоров; 16 – маркирующее устройство; ПК – обмен данными с компьютером.

Предложенная сенсорная система позволяют оперативно, без нарушения целостности материала одновременно определить толщину исходных компонент двухслойных материалов, соотношение толщин слоёв и прочность их соединения в технологическом процессе производства и тем самым не только отслеживать качество полученного материала, но и оперативно управлять процессом производства.

Проведенные экспериментальные исследования каналов в [1] доказывают их применимость в данной измерительной системе. Применение рассмотренных средств контроля обеспечивает измерения с требуемой по технологии точностью в данных условиях производства.

Список литературы

1. Москвитин С.П., Разработка комплексного метода контроля характеристик качества биметалла в процессе производства: Дис. к-та техн. наук. – Тамбов, 2009
2. Москвитин С.П., Пудовкин А.П. Микропроцессорная система контроля прочности соединения слоёв биметалла // Проектирование и технология электронных средств. – 2007. – № 2. – С. 45 – 48.
3. Москвитин С.П., Пудовкин А.П. Контроль характеристик качества при производстве многослойных материалов электронной техники с использованием электропластического эффекта // Радиотехника. – 2011. – №5. – С. 66 – 70.

Дубровин В.В., Голубятников О.О., Рязанов И.С.
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Тамбовский государственный технический университет
golubyatnikov_ol@mail.ru

Вопрос времени проведения поверки приборов является спорным, так как он зависит не только от наработки, но и от условий хранения приборов измерения. Прогнозирование погрешности может помочь разрешить эту задачу и выбрать оптимальное время проведения поверки.

В качестве измерительного прибора был выбран электронный динамометр ДЭР-120-0,5-И-Д-А, который предназначен для измерения приложенной силы кисти руки в медицинских учреждениях, класс точности по ГОСТ 29329 Средний (III). В приборе используется тензорезисторный датчик сопротивления, который чувствителен к изменению температуры, атмосферного давления, вибрации и прочих сторонних факторов, воздействующих на металлическую струну, входящую в устройство датчика.

Для прогнозирования погрешности прибора, необходимо спроектировать аппроксимирующую нейронную сеть. Суть метода заключается в том, что по значениям исследуемого параметра за прошлые периоды сеть обучается и уже по ней рассчитываются прогнозные значения. При этом предполагается, что будущие значения зависят от данных прошлых периодов, имеют определенную инерцию и не зависят от других факторов. В рамках модели рассматривается погрешность показаний сенсора при различных силовых воздействиях. Для прогнозирования на долгосрочный период выбран метод скользящего окна. Прогнозирование величины на следующую итерацию будет осуществляться по результатам предыдущих итераций (см. таблица 1). Данные D1-D4 – известные приращения прогнозируемой величины, D5-D6 данные, полученные на выходе сети при прогнозировании.

В качестве проверки работы нейронной сети используем идеальный входной вектор: $p = [-1; 0.05; 1]$ – входной вектор; $t = \sin(2\pi p)$ – выходной (целевой) вектор.

Таблица 1. Первый вариант «таблицы окна»

Hist1	Hist2	Hist3	Hist4	Hist0
D-1	D-2	D-3	D-4	D
D-2	D-3	D-4	D-5	D-1
D-3	D-4	D-5	D-6	D-2
...	...	...	...	...

Сеть учится с максимальным количеством циклов обучения 500 или до достижения допустимой средней квадратичной погрешности 10^{-5} . Процесс обучения иллюстрируется графиком зависимость ошибки (между выходом сети и требуемым выходом) от циклов обучения (рисунок 1). Монотонно убывающий характер кривой говорит об успешном обучении сети и возможность ее использования в прогнозировании.

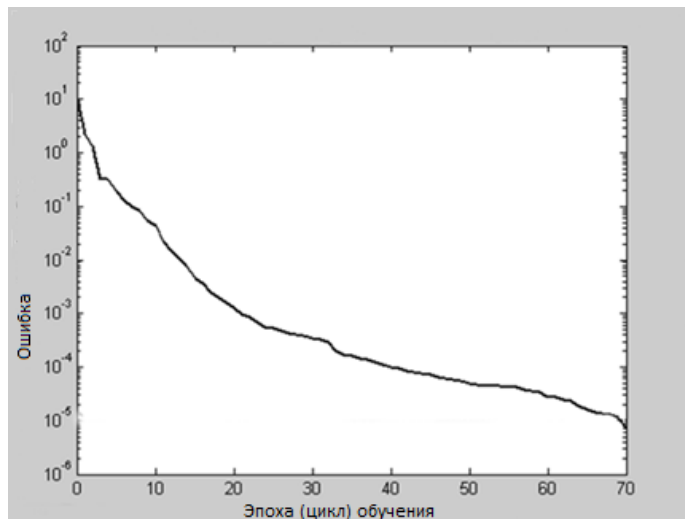


Рис.1. Зависимость ошибки обучения от количества циклов обучения.

Результаты, полученные в ходе проектирования нейронной сети, показали, что система может быть обучена для выполнения прогнозирования межповерочного дрейфа (ошибки сенсора/датчика). Сеть можно использовать для широкого круга приборов, использующих различные виды датчиков и корректировать межповерочный интервал, что позволит увеличить точность и безопасность, за счет получаемого прогноза.

Список литературы

1. Головки В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение : учеб. пос. М. : Изд-во «Радиотехника», 2001. С. 181-204.

Ефремов Р.А.

СИСТЕМА СВЯЗИ С МОДУЛЯЦИЕЙ СМЕНОЙ СТРУКТУРЫ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА

Тамбовский государственный технический университет

roma2004@tamb.ru

Широкополосные сигналы (ШПС) представляют большой интерес для применения в радиотехнических системах передачи дискретных сообщений благодаря ряду преимуществ, которыми они обладают по сравнению с узкополосными сигналами[1].

В общей теории оптимальной обработки сигналов различают взаимокорреляционные и автокорреляционные методы приема ШПС.

Автокорреляционные методы используют в качестве опорных сигналов задержанные копии принимаемых сигналов и не требуют специальных устройств синхронизации.

Нами разработан метод передачи дискретной информации, заключающийся в том, что передаваемый символ двоичного алфавита a_1 - логической «единицы» или a_0 - логического «нуля» представляют сменой структур двух посылок периодической псевдошумовой последовательности, причем если передается символ a_1 , то структура передаваемого ШПС не меняется относительно предыдущей посылки сигнала, если передается символ a_0 , то структура меняется на зеркальную копию (относительно оси времени) ранее переданной посылки сигнала, причем передаваемый ШПС получен путем m – кратного повторения отрезка образующего ШПС, период повторения которого T_0 равен T/m , где T длительность одной посылки сигнала.

Демодуляцию такого сигнала можно осуществлять автокорреляционным методом, на основе сравнения формы автокорреляционной функции (АКФ) соседних посылок периодических последовательностей ШПС с различной структурой. Для этого на приемной стороне должно быть два канала обработки входного сигнала. В канале логической единицы производится нахождение значения АКФ в точке $T+T_0$. В канале логического нуля также производится нахождение значения АКФ в точке $T+T_0$, только предварительно сигнал “зеркально отображают” относительно временной оси за период T . Решающее устройство (РУ) считает принятым тот символ, который соответствует каналу с максимальным значением АКФ на выходе (рис. 1).

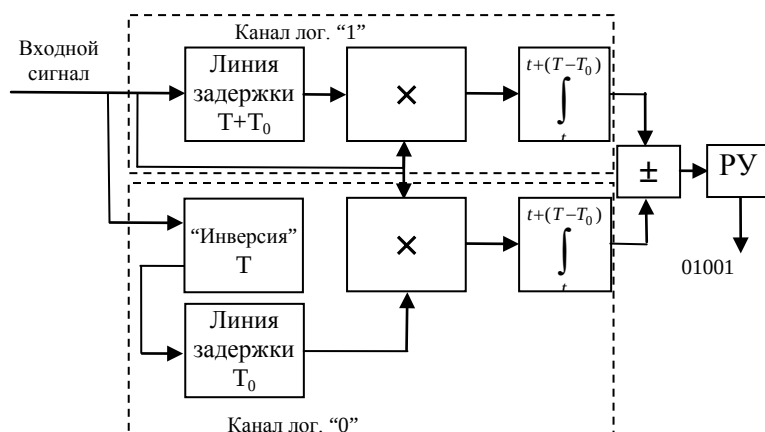


Рис. 1 Блок-схема автокорреляционного демодулятора

На рис. 2 представлены кривые зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум, рассчитанные при базе сигнала $V=30000$.

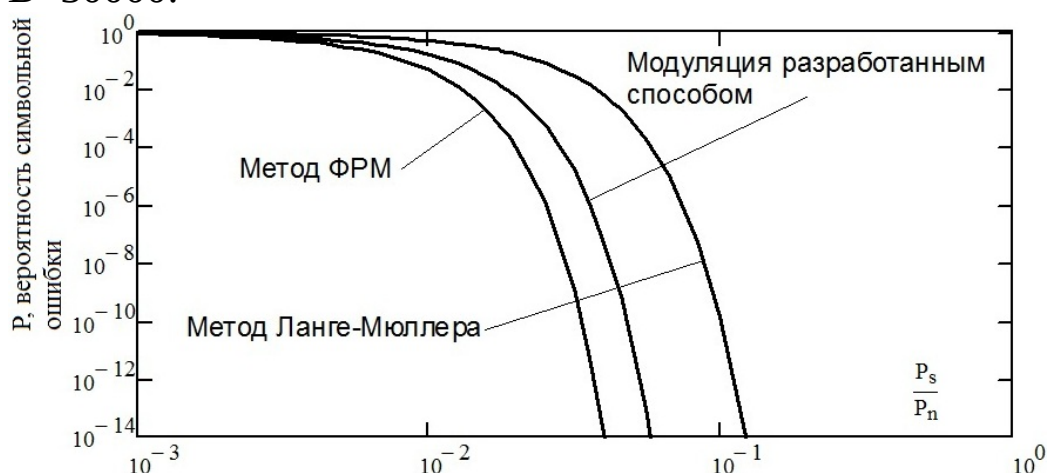


Рис. 2 Вероятность символьной ошибки для различных методов

Список литературы

- 1 Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. / Бернард Скляр, – 2 – е изд. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.

Жарикова М.В., Чернышов А.В., Чернышов В.Н.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ СВЧ-МЕТОД
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Тамбовский государственный технический университет

elters@crimeinfo.jesby.tstu.ru

В современном мире одной из актуальных проблем является создание точных, надежных, простых в реализации методов контроля теплофизических характеристик строительных материалов и готовых

изделий, позволяющих решить проблему экономии топливно-энергетических ресурсов вследствие их рационального использования. Разработка и внедрение бесконтактных неразрушающих методов и реализующих их систем с использованием СВЧ-нагрева позволяет оперативно получать необходимые данные о теплофизических характеристиках исследуемых материалов, оценивать их качество.

Исходя из вышесказанного, был разработан новый бесконтактный СВЧ-метод неразрушающего контроля строительных материалов и изделий, суть которого заключается в следующем.

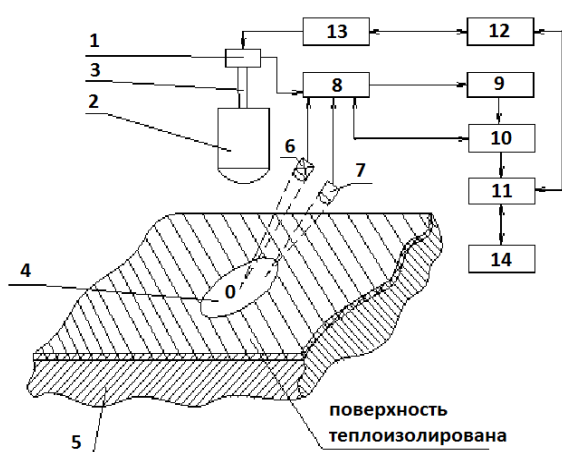


Рис.1. Система бесконтактного метода неразрушающего контроля ТФХ материалов

На поверхность исследуемого строительного материала или изделия воздействуют электромагнитным полем СВЧ-диапазона, подаваемого через рупорную антенну 2, соединенную с СВЧ-генератором 1 волноводом 3, осуществляя нагрев исследуемого полуограниченного в тепловом отношении тела 5 через круговую область 4 (рис.1). При этом расстояние от рупорной антенны 2 СВЧ-

генератора 1 подобрано так, чтобы минимизировать рассеивание электромагнитных волн в окружающую среду. Остальную поверхность исследуемого объекта 5 теплоизолируют от окружающей среды. После начала воздействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона измеряют избыточную температуру в центре круга бесконтактным датчиком инфракрасного диапазона 6. Тепловой поток с поверхности круга замеряют с помощью ваттметра 7. Полученные данные с бесконтактного датчика 6, ваттметра 7 и СВЧ-генератора 1 поступают на коммутатор 8, затем на нормирующий прецизионный усилитель 9, и через аналого-цифровой преобразователь 10 поступают на микропроцессор 11. Микропроцессор 11 соединен с СВЧ-генератором 1 через порт ввода-вывода 12 и цифро-аналоговый преобразователь 13. Используя полученную измерительную информацию, в микропроцессоре 11 определяются искомые ТФХ по алгоритмам, построенных на основе аналитических соотношений (1), (2), (3). Данные эксперимента могут быть вызваны оператором на индикатор 14.

Расчетные соотношения для определения искоемых ТФХ были получены из решения краевой задачи теплопроводности для теплофизической модели, состоящей из полуограниченного в тепловом отношении тела, на поверхность которого через круг заданного радиуса R_n воздействует СВЧ-излучение заданной мощности с частотой не менее 5 ГГц.

Формула для определения тепловой активности исследуемого объекта:

$$b = \frac{2q_H\sqrt{\tau}}{T(0,0,\tau)\sqrt{\pi}}. \quad (1)$$

где q_H – удельный тепловой поток, R_n , $T(0,0,\tau)$ – температура в центре круга.

Коэффициент температуропроводности определяем по соотношению:

$$a = \frac{R_H^2}{\tau} Fo. \quad (2)$$

где $Fo = \frac{a\tau}{R_H^2}$ – критерий Фурье.

Список литературы

1. Чернышов, В.Н. Методы и системы неразрушающего контроля теплозащитных свойств строительных материалов и изделий / В.Н. Чернышов, В.Г. Однолько, А.В. Чернышов. – М.: Спектр, 2012. – 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.; заявл. 20.11.2008; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.
3. Чернышов, В.Н. СВЧ-метод и система оперативного контроля теплофизических характеристик строительных материалов / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов, Д.О. Голиков // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2010. – № 1. – С. 17 – 23.

Жуков Н.П., Попов О.Н., Попов В.Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Тамбовский государственный технический университет
valentin.poopov@mail.ru*

Применяющиеся для изучения полимерных материалов рентгеновские методы, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия и др. требуют изготов-

ления специальных образцов, длительного времени испытания, использования дорогостоящего оборудования.

В данной работе рассматривается тепловой метод неразрушающего определения температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах, сопровождающихся тепловыми эффектами [1].

Согласно измерительной схеме, представленной на рис. 1, тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, осуществляется с помощью двух линейных нагревателей постоянной мощности, встроенных в подложку измерительного зонда (ИЗ). Начальное температурное распределение контролируется одновременно пятью термоэлектрическими преобразователями, расположенными на поверхности подложки ИЗ. Нагреватели, выполненные в виде полос шириной $2h = 2,2$ мм, расположены на расстояниях 2,75 мм по обе стороны от центральной оси ИЗ. Один термоприемник расположен на линии центральной оси ИЗ, 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.

В результате проведенного численного моделирования процесса теплопереноса методом конечных элементов в соответствии с измерительной схемой (рис. 1) получены термограммы в заданных точках контроля. Моделирование проводилось при следующих условиях: подложка ИЗ выполнена из пенополиуретана марки «Рипор» ($\lambda = 0,028$ Вт/(м·К), $c = 1050$ Вт/(м·К), $\rho = 50$ кг/м³); объект исследования – полиэтилен низкой плотности, ПЭНП ($\lambda = 0,32$ Вт/(м·К), $c = 1800$ Вт/(м·К), $\rho = 920$ кг/м³). Режимные характеристики: тепловая мощность на нагревателе задавалась в интервале от 20 до 25 Вт; частота дискретизации $\Delta\tau = 0,5$ с. Структурный переход в ПЭНП, сопровождающийся эндотермическим тепловым эффектом, моделировался скачком теплоемкости в интервале от 80,5 до 81,5 °С.

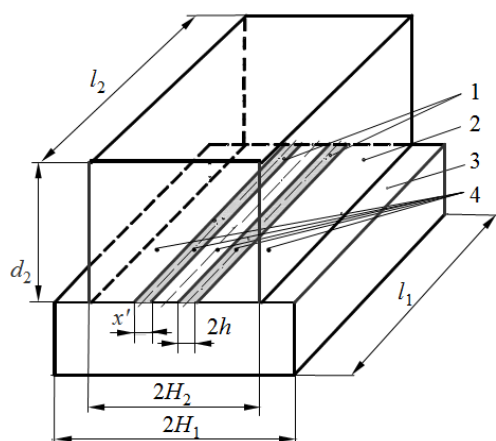


Рис.1. Измерительная схема: 1 – нагревателя; 2 – подложка измерительного зонда; 3 – исследуемое тело; 4 – термопары.

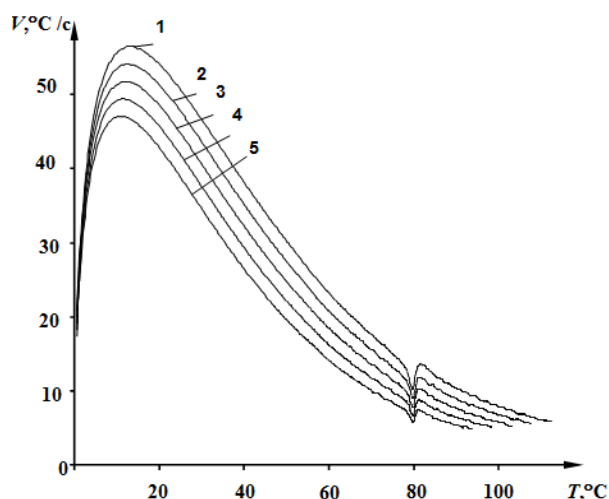


Рис. 2. Зависимость $V = f(T)$. 1) $q_1 = 24000 \text{ Вт/м}^2$; 2) $q_2 = 23000 \text{ Вт/м}^2$; 3) $q_3 = 22000 \text{ Вт/м}^2$; 4) $q_4 = 21000 \text{ Вт/м}^2$; 5) $q_5 = 20000 \text{ Вт/м}^2$.

На рис.2 твердофазное структурное превращение явно проявилось в исследуемой точке полимерного объекта (на линии центральной оси ИЗ) при достижении температуры структурного перехода по мере нагревания в соответствующее время.

Таким образом, структурные превращения в полимерных материалах, сопровождающиеся тепловыми эффектами, могут быть зафиксированы разработанным методом по изменениям скорости нагрева.

Список литературы

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.

Иванов В.М., Винокуров Е.Б., Моторина Н.П., Терехов К.И.

ТЕПЛОВОЙ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ

ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.

Тамбовский государственный технический университет.

ee@nnn.tstu.ru

В настоящей работе анализируется механизм процесса теплового разрушения. Механизм теплового разрушения, основан на равенстве энергий электромагнитного поля, которое возникает в про-

воднике, и энтальпии, которая соответствует материалу проводника в предохранителе.

Известно, что ток, проходящий через проводник, вызывает повышение его температуры, а энергия, выделяющаяся в нем, есть джоулева теплота. При кратковременных токах короткого замыкания может наступить критическое состояние проводника, которое является неустойчивым из-за близости фазового перехода «солидус-ликвидус». Очевидно, для каждого проводящего материала существует критический ток, при котором наступает эта неустойчивость.

Оценим такое нестабильное состояние проводника, исходя из его теплофизических свойств.

Будем считать, что токовый нагрев проводника протекает равномерно по его сечению, а поперечная тепловая волна распространяется с одинаковой скоростью. Тогда температура определяется выражением [1]:

$$T = \frac{GE^2}{\rho C} \cdot t, \quad (1)$$

Где σ – удельная проводимость, См/м, E – напряженность электрического поля тока В/м, ρ – плотность материала проводника кг/м³, C – его теплоемкость, Дж/моль·С°, t – время действия скачка тока (тока короткого замыкания).

В связи с кратковременным режимом короткого замыкания время действия тока определяется характерным временем термической диффузии [2]:

$$\tau = \frac{r^2}{x}, \quad (2)$$

где r – линейный размер распространения тепловой волны. В настоящем случае в докритическом состоянии или в квазиустойчивом равновесии, он равен размеру проводника R . Здесь предполагается, что проводник круглого сечения.

При условии, что $t < \tau$ процесс нарастания температуры можно считать адиабатическим, поэтому температуру проводника определяем через ток I :

$$T = \frac{I^2}{R^2 \sigma \rho C x r^2} \cdot t. \quad (3)$$

Учитывая, что в процессе нагревания тепловая волна распространяется без учета теплопроводности, получим:

$$T = \frac{I^2}{\pi \sigma \rho C x r^2}. \quad (4)$$

В этом случае критический ток достаточный для плавления проводника, определяется из выражения (при $r=R$ и $T=T_{пл}$):

$$I = R\sqrt{T_{пл}}\sigma\rho Cx. \quad (5)$$

Например, для медного круглого провода радиусом $R=10^{-3}$ м и $T_{пл}=1083^{\circ}\text{C}$;

$$\rho=8930 \text{ кг/м}^3; \sigma=0.59 \cdot 10^8 \text{ Ом/м}; C=24,5 \text{ Дж/моль}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$x=7\cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}; I_{кр} = 10^3 \text{ А}=1 \text{ кА}.$$

В действительности, величина критического тока значительно меньшая из-за нарушения его сплошности, наличия поверхностных дефектов, непостоянства теплофизических констант в процессе разрушения и других внешних воздействий.

Список литературы

1.Иванов В.М. О концентрации энергии на отверстиях в плоском проводнике с током . В.М. Иванов, А.В.Лановая, Г.А. Барышев. Вестник Тамб. гос. ун-та. Сер. Естественные и технические науки.- Тамбов,2000. Т.5. Вып.2-3. С.326-330.

2. Миркин Л.Ф. Физические основы обработки материалов лучами лазера.- М., Изд. МГУ.1975.-382с.

Иванов В.М., Винокуров Е.Б., Никитина А.М., Терехов К.И. **ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ** **ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ.**

Тамбовский государственный технический университет.

ee@nnn.tstu.ru

В настоящей работе анализируются причины данного явления и предлагаются два механизма этого процесса. Первый, названный тепловым по характеру разрушения, основан на равенстве энергий электромагнитного поля, которое возникает в проводнике, и энтальпии, которая соответствует материалу проводника в предохранителе. Второй, названный, электродинамическим, предполагает равенство энергии электромагнитного поля в проводнике и энергии сублимации материала проводника.

Преобладание электродинамических усилий в разрушении над его тепловым характером физически означает, что электромагнитная энергия так быстро внедряется в проводник, что последний из-за своей инертности не успевает превратиться в жидкость. Поэтому, минуя этот фазовый переход, он стремится к газообразному со-

стоянию, чему соответствует энергия сублимации или теплота испарения S . Причем внедрение электромагнитной энергии идет со скоростью выше (или в пределе равной) скорости звука, поэтому разрушение проводника носит взрывной характер. В результате локального взрыва в оболочке предохранителя возникает металлический пар, который конденсируется на стенках с образованием твердой фазы в виде тонкой металлической пленки. Следует отметить, что структура этой пленки аморфная, что подтверждается рентгеноструктурными анализами и электронной микроскопией. Таким образом, предлагается простой способ получения аморфных металлов (стеклометаллов) в замкнутом объеме на любой подложке, используя эффект взрыва проводника при воздействии токов с большими амплитудами и малыми длительностями.

Проанализируем электромагнитную ситуацию в круглом проводнике с током.

Примем за критерий разрушения объемную плотность энергии, при которой происходит испарение металла (S , Дж/м³), и сравним её с плотностью потока электромагнитной энергии $P=[E \cdot H]$ втекающей в проводник со скоростью ударной волны ν : [1]:

$$\nu = \frac{E \cdot H}{S} \quad (1)$$

Используя известные зависимости E и H для проводника круглого сечения от протекающего тока, а именно:

$E = \frac{j}{\sigma} = \frac{I}{\pi R^2 \sigma}$ и $H = \frac{I}{2\rho R}$ и подставив в уравнение баланса энергий (6), получим:

$$I = \pi R \sqrt{2RG\nu S} \quad (2)$$

Если в уравнение (2) принять скорость ударной волны ν , равную скорости звука, получим критическое значение тока, при котором наступает импульсное динамическое разрушение проводника.

Например, для медного проводника круглого сечения с радиусом $R=10^{-3}$ м и скоростью звука для поперечных волн $\nu=2.3 \cdot 10^3$ м с⁻¹, а также энергией сублимации для меди $S=48,2 \cdot 10^5$ Дж/м³ и ее проводимостью $\sigma = 0,59 \cdot 10^8$ Ом/м, получим по формуле (2) критическое значение тока, разрушающего проводник по электродинамическому механизму; $I_{кр}=10^5$ А=100кА.

Список литературы

1.Иванов В.М. Управление разрушением проводников электромагнитным полем Вестник Тамб. гос. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. Тамбов 2000.Т.5.Вып.4.С.689-692.

Иванов В.М., Фофана С.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Тамбовский государственный технический университет

ee@nnn.tstu.ru

Установлено, что качество проводников и диэлектриков можно контролировать с помощью электронно-оптических муаровых картин, полученных на магнитных и электрических полях в малых объемах. Предложена измерительная система на основе изменения симметричности и фрактальности муаровых узоров.

Электромагнитная энергия, воздействуя тем или иным способом на материалы, может доводить их до критического состояния, которое сопровождается разрушением по термомеханическому или пн-деромоторному механизмам. Более того, наличие дефектов уменьшает критические плотности энергии из-за эффектов концентрации и сильно искажает симметрию поля. Если наблюдать за этими искажениями с помощью теневого электронно-оптического метода, то картины муара на электрическом поле в диэлектрике и магнитном поле в проводнике асимметричны, а их фрактальная размерность не постоянна [1–2]. В работе предлагается измерительная система по оценке качества проводников и диэлектриков, в основе которой заложена информативность муаровых картин в виде коэффициента асимметрии и фрактальной размерности. Несмотря на многопараметрический массив информации, такой выбор критериев в системе измерения обусловлен реальным состоянием материалов, подтвержденным физическим и математическим моделированием, а также экспериментальными результатами локального усиления и искажения электромагнитного поля вокруг дефектов. Структура измерительной системы состоит из электронного микроскопа, цифровой фотокамеры и персонального компьютера, где информация кодируется, фильтруется, сравнивается с эталонной муаровой картиной поля бездефектного материала и численно обрабатывается по количеству черных и белых пикселей. Установлено, что ансамбли пикселей муаровой картины-

эталоны сбалансированы, а муаровые картины образцов с дефектами давали разницу в массивах черных и белых пикселей, причем тем сильнее, чем более искажен муаровый узор. Характер искажений для дефектов различной геометрии также отличается и связан с асимметрией муаровых картин. Показано, что коэффициент асимметрии, равный отношению черных и белых пикселей, качественно и количественно аналогичен распределению электромагнитного поля вокруг дефектных зон, а его машинная обработка является одним из информационных критериев в оценке качества электротехнических изделий. С другой стороны, муаровая картина формируется по механизму самоорганизации с образованием множества подобных структур или картин, построенных на одном и том же физическом явлении и обладает фрактальностью. Рассматривая фрактал муара, можно обнаружить единый алгоритм на всех его уровнях формирования с чередованием темных и светлых полос, которые в зависимости от исследуемого поля могут быть как симметричными, так и асимметричными. Поэтому изменение степени искажения муаровых картин приводит к изменению фрактальной размерности, которая также является информационным критерием в измерительной системе по оценке качества электротехнических изделий.

Список литературы

1. Иванов В.М., Плужникова Т.Н., Лановая А.В., Лозенков А.А., Винокуров Е.Б.. Механизмы электромагнитного разрушения элементов электрооборудования и электроники // Вопросы современной науки и практики. Университет им.В.И.Вернадского.2009. № 9. С.114-120.
2. Иванов В.М., Плужникова Т.Н., Лановая А.В., Желтов А.И. Критерии дефектности пластин с током по электронно-оптическим муаровым узорам // Вестник Тамбовского университета.Серия: Естественные и технические науки.2010. Т. 15. Вып.3. С.1052-1054.

Ивановский В.А., Мухин К.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Тамбовский государственный технический университет

iwanows@yandex.ru, meelstorm90@gmail.com

Механические свойства полимеров характеризуют изменение размеров, формы и структуры полимерного тела при воздействии на

него механических сил. В зависимости от величины и продолжительности воздействия механических сил полимеры подвергаются деформации или разрушению. Деформационные свойства характеризуют способность полимерных материалов деформироваться под воздействием механических напряжений, прочностные – способность сопротивляться разрушению.

При температуре T каждый элемент структуры полимерного тела обладает минимумом потенциальной энергии, т.е. находится на дне «потенциальной ямы», образованной взаимодействием с соседним атомом, и совершает малоамплитудные колебания с частотой $\cong 10^{13}$ Гц.

Вследствие хаотичности теплового движения такие колебания атомов время от времени нарушаются. В результате возникают термические флуктуации и подсистемы полимера возбуждаются, что связано с существованием в материале флуктуационного электромагнитного поля, которое может быть использовано для получения измерительной информации.

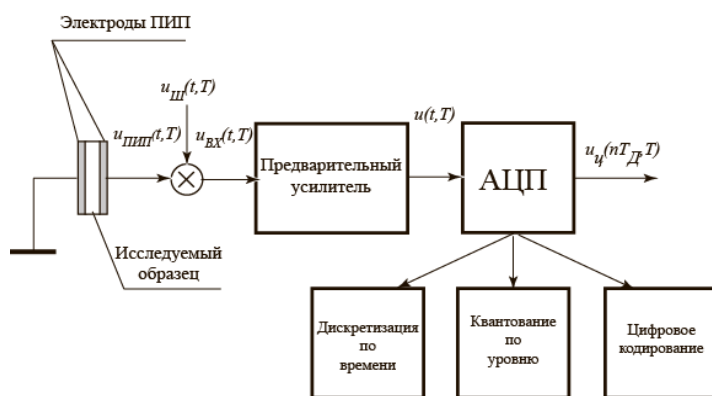


Рис. 1 Общая схема измерения флуктуационного напряжения: $u_{ППП}(t, T)$ на зажимах первичного измерительного преобразователя. $u_{ш}(t, T)$ - суммарное напряжение шума входной части измерительного устройства

Основная измеряемая характеристика электромагнитных флуктуаций - источника измерительной информации, - это напряжение, возникающее на зажимах емкостного измерительного преобразователя с исследуемым материалом в качестве диэлектрического слоя

(рис.1) $u_{ППП}(t, T)$ и усиленное предварительным малошумящим усилителем, зависящее явно от времени t и температуры T .

Выражение, представляющее математическую модель ПИП для флуктуационных измерений, может быть записано в следующем виде [1].

Выражение, представляющее математическую модель ПИП для флуктуационных измерений, может быть записано в следующем виде [1].

$$\langle U_{BX}^2 \rangle = \frac{4k\Delta\nu \left(\varepsilon'' T_x + \frac{2d}{\varepsilon_0 \pi^2 D^2 \nu R_{BX}} T_{BX} \right)}{\nu \frac{\varepsilon_0 \pi^2 D^2}{2d} \left[\left(\varepsilon'' + \frac{2d}{\varepsilon_0 \pi^2 D^2 \nu R_{BX}} \right)^2 + \left(\varepsilon' + \frac{4C_0 d}{\varepsilon_0 \pi D^2} \right)^2 \right]} + \langle E_{шy}^2 \rangle$$

где T_{BX} - температура входной части предварительного усилителя, T_x - температура образца, C_0 входная емкость измерительной системы, R_{BX} - входное сопротивление предварительного усилителя, частота анализа ν , $\Delta\nu$ полоса частот, в которой измеряется $\langle U_{BX}^2 \rangle$, d - толщина образца.

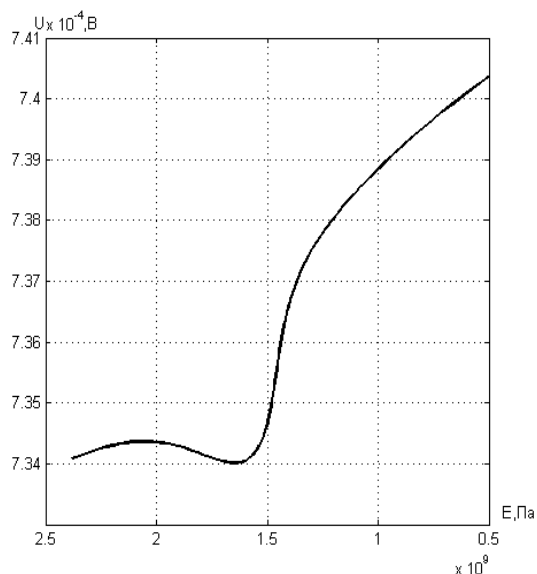


Рис. 2 Зависимость среднего квадрата напряжения электрических флуктуаций ПММА от модуля упругости при растяжении

Моделирование $\langle U_{BX}^2 \rangle(T_x)$ для диэлектрических характеристик ПММА, приведенных в [2], и изменении модуля упругости $E(T_x)$ [3] при следующих значениях величин, входящих в выражения (25): $k=1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; $\Delta\nu=10^4$ Гц; $\varepsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; $\nu=50 \cdot 10^3$ Гц; $D=20$ мм; $d=1.5$ мм; $R_{BX}=100$ МОм; $Rd=\infty$; $C_0=10 \cdot 10^{(-12)}$. Температура изменения T_x варьировалась от 280 до 400 К.

Результаты моделирования $\langle U_{BX}^2 \rangle(T_x) = f[E(T_x)]$ для ПММА представлены на рис. 2.

Зависимость среднего квадрата напряжения электрических флуктуаций от модуля упругости ПММА при растяжении показывает, что средний квадрат напряжения электрических флуктуаций полимерной системы может быть использован для диагностики и прогнозирования механических свойств материалов.

Список литературы

1. Ивановский В.А. Диагностика состояния полимерных материалов на основе анализа их электромагнитных флуктуаций.- Приборы, 2010, № 6, с.46-54.
2. Торшхоева З. С. Процессы разрушения и релаксации в полиметиметакрилате при импульсных воздействиях.- Автореферат диссертации к.ф.-м.н, Нальчик, 2011.- С.18-19.
3. Аскадский А. А. Деформация полимеров, М., «Химия», 1973.- 448 с.

Комраков Д. В.

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ
ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ НАЗЕМНОГО ПОДВИЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Тамбовский государственный технический университет

radist41@bk.ru

Не вызывает сомнения тот факт, что передовые технологии на сегодняшний день позволяют предприятиям работать более продуктивно и энергоэффективно, выполнять коммерческие и в том числе технологические операции быстрее и поддерживать качественное обслуживание на высоком уровне. Во многих сферах человеческой деятельности применяются все более новые и совершенные технологии. В настоящее время широкое распространение получили глобальные системы навигации (GPS, ГЛОНАСС, Galileo и др.). Первые системы глобального позиционирования разрабатывались исключительно для военных целей, однако в дальнейшем эти системы стали широко использоваться не только для решения военных, но и гражданских навигационных задач.

Не секрет, что основными проблемами практически любого российского предприятия, так или иначе связанного с транспортировкой грузов, являются нецелевые рейсы, слив топлива, низкая трудовая дисциплина водителей и приписки, нарушение режимов эксплуатации транспортных средств. Все эти факторы наносят огромный экономический урон предприятиям. Внедрение систем спутникового мониторинга позволяет свести к минимуму издержки, связанные с этими проблемами. Кроме того трекинг позволяет снизить трудозатраты. Например, для диспетчерских такси введение таких систем позволяет вести работу практически автономно. Система сама находит автомобиль, располагающийся ближе всех к клиенту, оповещает клиента, доводит такси до точки, контролирует оплату.

В базовую структуру типового навигационного комплекса для мониторинга наземного подвижного транспорта входят: инерциальная навигационная система; спутниковая навигационная аппаратура; электронно-вычислительная машина и видеомонитор, осуществляющий вывод текущих значений X , Y , N в виде числовых значений на дисплей оператора или непосредственного местоположения наземного подвижного объекта на цифровой карте местности (рис. 1) [1].

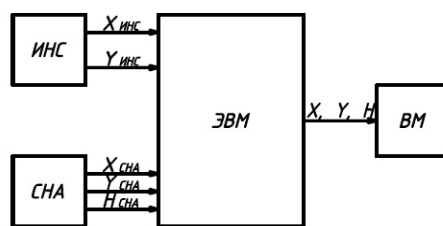


Рис. 1 Типовой состав навигационного комплекса

Для получения более подробной информации о транспортном средстве на него могут быть установлены дополнительные датчики. Например, датчики расхода и уровня топлива, датчики открывания дверей и капота, датчик температуры в рефрижераторе, тревожная кнопка, датчиков работы механизмов и т. п.

При внедрении систем спутникового мониторинга при организации товародвижения и построения эффективной логистики на предприятии решаются такие задачи, как: мониторинг и контроль местоположения, скорости и направления движения, времени стоянок транспортного средства; контроль своевременного посещения точек доставки товаров; контроль отклонения от маршрутов; оптимизация маршрута; выявление нецелевого использования транспорта; обеспечение безопасности водителя и перевозки грузов; контроль использования топлива.

Таким образом, экономическая эффективность предприятия повышается за счет снижения эксплуатационных расходов, сокращения пробегов и простоев, предотвращение не производственных расходов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00523 А

Список литературы

1. Иванов А.В., Иванова Н.А. Навигация наземных объектов. «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2013 г. – 120 с.

Кузьяев Д.Р. Пудовкин А.П.

СИСТЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РАДИОДОСТУПА

Тамбовский государственный технический университет

damirkuzjaev@gmail.com, appudovkin@tstu.mail.ru

Технология ортогонального частотного уплотнения (OFDM) сигнала используется во многих системах для высокоскоростной беспроводной передачи данных. К ее преимуществам можно отнести высокую спектральную эффективность, низкий уровень меж-

символьной интерференции, высокое качество сигнала в условиях замираний без использования фильтров-эквалайзеров.

OFDM делит широкую полосу спектра сигнала на множество узких полос, параллельно передающие различные биты на меньшей скорости. Биты модулируются своей отдельной поднесущей, при этом каждая поднесущая может модулироваться различными видами модуляции, изменяя вид модуляции появляется возможность адаптации к параметрам канала связи. Большое количество близко расположенных поднесущих передается одновременно (см. рис. 1).

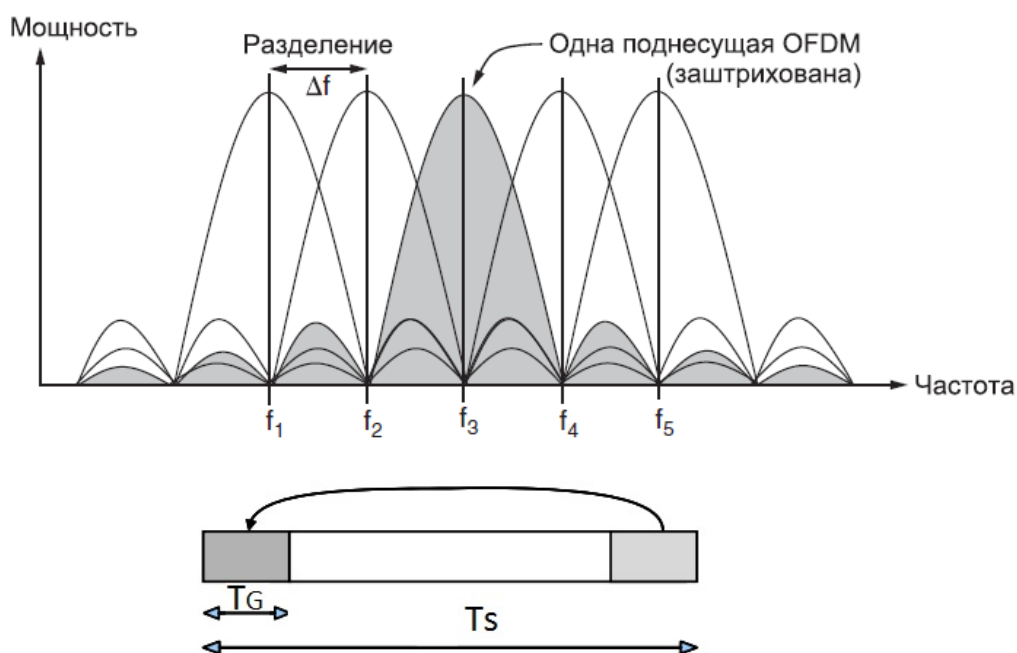


Рис. 1 Структура спектра сигнала (сверху) и символа (снизу) OFDM

Работа передатчика заключается в следующем (рисунок 2). На входе передатчика имеется последовательный поток данных в виде двоичной последовательности от источника информации. Эта последовательность поступает на последовательно-параллельный преобразователь, создающий множество параллельных потоков данных, количество которых равно количеству поднесущих, достигая несколько тысяч. Затем каждая поднесущая модулируется нужной манипуляцией. После модулятора сигнал поступает на блок, выполняющий обратное быстрое преобразование Фурье (ОБПФ), на выходе которого имеем спектр сигнала, состоящий из ортогональных поднесущих.

Для предотвращения межсимвольной интерференции используется защитный интервал (рисунок 1). Синхронизация по времени и частоте обеспечивается символами синхронизации, заранее из-

вестные на приемной стороне. Затем цифровой сигнал конвертируется в аналоговый и передается по каналу связи [1]. В приемнике OFDM сигнала происходит обратный процесс.

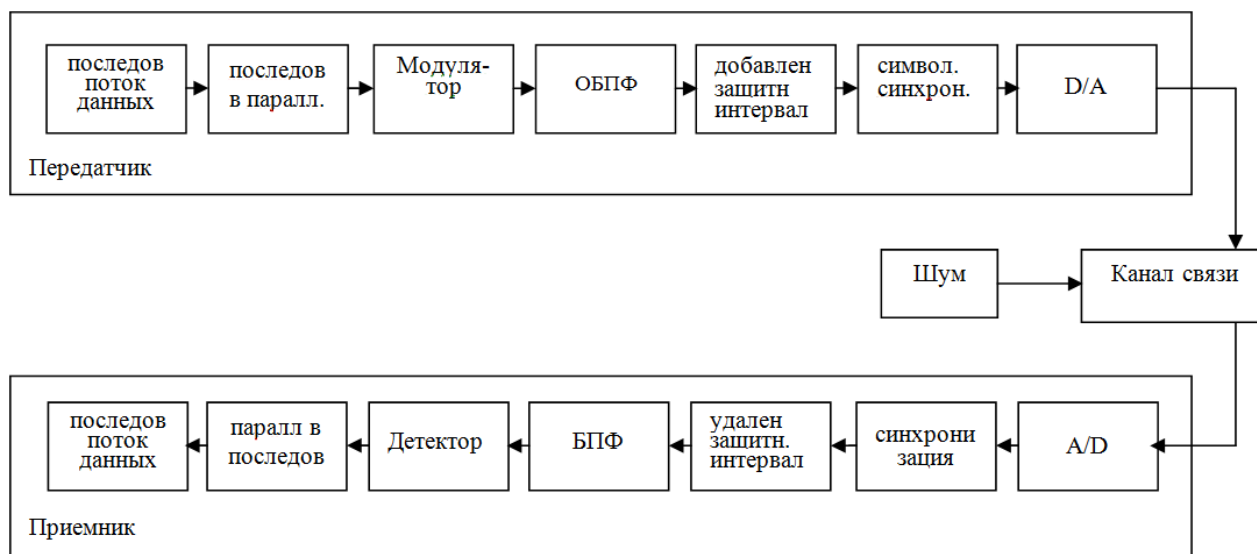


Рис. 2 Структурная схема OFDM

Модуляции с ортогональным частотным разделением нашла применение во многих современных стандартах беспроводной связи: WI-FI, WIMAX и LTE.

Список литературы

1. Ворошилин, Е.П. Моделирование процессов и явлений в системах связи: методическое пособие / Е. П. Ворошилин. – ТУСУР. Томск, 2012. – 90 с.

Кузьяев Д.Р.

МЕТОД КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тамбовский государственный технический университет

appudovkin@tstu.mail.ru, damirkuzjaev@gmail.com

В дефектоскопии при контроле многослойных материалов и изделий из них для выявления расслоений (несплошности соединения слоев) широкое применение находит теплотрический метод неразрушающего контроля качества. Тепло в многослойных материалах от одной соприкасающейся поверхности к другим может передаваться теплопроводностью через места непосредственного контакта, а также теплопроводностью через среду, заполняющую пространство между слоями (для случая расслоения).

Несплошность соединения слоев многослойных материалов приводит к росту температуры поверхности верхнего слоя по сравне-

нию с идеальным случаем, поэтому по изменению температуры на поверхности можно судить о наличии или отсутствии расслоений.

Сущность метода теплового неразрушающего контроля состоит в следующем (рис. 1). С помощью движущегося с постоянной скоростью V источника тепла 1 постоянной мощности происходит сфокусированный нагрев поверхности 4 исследуемого материала и измерение установившейся избыточной температуры в центре источника тепла первым термодатчиком 2 и температуру вторым термодатчиком 3 на поверхности материала 5 в точке, расположенной с обратной стороны, напротив источника тепла.

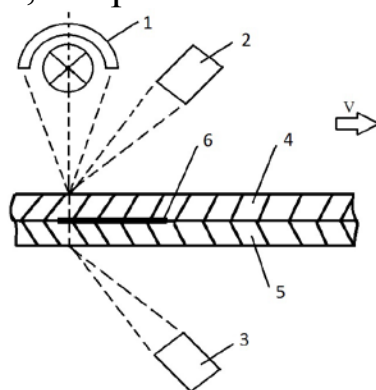


Рис. 1 Схема контроля несплошности соединения

Термическое сопротивление последовательно соединенных составных стенок, ориентированных перпендикулярно тепловому потоку [1], определяется

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{(\lambda_i S)}, \quad (1)$$

где R_i , h_i , λ_i – соответственно термическое сопротивление, толщина и теплопроводность i -ой стенки; $S=l \cdot b$ – площадь изотермической поверхности; l , b – соответственно длина и ширина сфокусированного источника тепла

Разность установившихся избыточных температур определяется в соответствии с зависимостью вида

$$T_1 - T_2 = qR = q \left(\frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_c}{\lambda_c} \right) \frac{1}{S}, \quad (2)$$

где h_1 , λ_1 – толщина и теплопроводность верхнего слоя; h_2 , λ_2 – толщина и теплопроводность нижнего слоя; h_c , λ_c – толщина и теплопроводность среды несплошности; q – мощность теплового потока; S – площадь участка активного теплового воздействия.

Формула для расчета термического сопротивления несплошности соединения слоев имеет вид

$$R_c = \frac{T_1 - T_2 - q(R_1 + R_2)}{q} \quad (3)$$

Таким образом, по измеренным значениям температур T_1 и T_2 и известным значениям толщин h_1 , h_2 и теплопроводностей λ_1 , λ_2 соответственно верхнего и нижнего слоя, можно оценить наличие несплошности соединения многослойных материалов.

Список литературы

1. Дульнев, Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре / Г.Н. Дульнев. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.

Мельникова Е.А., Шелохвостов В.П., Баршутин С.Н.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КАТИОННОГО СОСТАВА ОКСИДМАРГАНЦЕВЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ

Тамбовский государственный технический университет
mit@mail.nnn.tstu.ru

Технология производства оксидных терморезисторов предусматривает для каждой партии шихты операций физико-механических испытаний, которые проводятся с небольшим количеством прессовок изделий и включают выполнение пробных техпроцессов с варьированием температуры обжига в широком диапазоне. После определения оптимальной температуры обжига реализуется техпроцесс всей партии шихты.

Необходимость проведения таких испытаний диктуется низкой воспроизводимостью заданных конечных электрических параметров изделия. Одной из причин такой нестабильности является использование в качестве исходных материалов порошков, в которых марганец находится в разновалентном состоянии. В этой связи в работе поставлена цель определения изменений катионного состава в различных партиях исходных оксидмарганцевых порошков.

Определение катионного состава исходной шихты проводили на стандартной установке амперометрического титрования [1] по методике, описанной в работе [2]. В качестве измерительного электрода выбирали платиновый вращающийся индикаторный электрод. В качестве электрода сравнения применяли каломельный

электрод с насыщенным раствором хлорида калия. Для измерения количества катионов марганца образцы порошков помещали в платиновую чашку и растворяли при кипячении в 13-15 мл 49%-ной HNO_3 . Для ускорения процесса растворения добавляли H_2O_2 . После полного растворения добавляли 5-6 г NH_4F и тщательно перемешивали фарфоровой ложечкой. Фторид аммония брался в количестве, эквивалентном количеству HNO_3 . Смесь нагревали еще в течение 10 минут на кипящей водяной бане для полого окисления Mn(II) , а затем переносили в стакан емкостью 150 мл, смывая водой в количестве 50 мл. После этого прибавляли еще 2-3 мл 49%-ной HNO_3 , охлаждали раствор до комнатной температуры.

Для определения концентрации различных форм марганца из образца избирательно извлекали MnO и MnCO_3 раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Mn_2O_3 - раствором H_2SO_4 в присутствии сульфосалициловой кислоты.

Количественное определение марганца осуществляли титрованием солью Мора после перевода марганца в перманганат-ион, потенциал при этом устанавливали 0,4В для двухвалентного катиона и 1,2В для трехвалентного катиона. В этом случае определению марганца не мешают никель, железо и медь.

Содержание различных катионов марганца в двух партиях шихты, определенных предварительно общим химическим анализом на содержание марганца, приведено в таблице 1. Сравнение результатов анализа оксидов марганца различных партий показало значительное отличие по катионному составу и структурному состоянию при одинаковом химическом составе.

Таблица 1

Фазовый и катионный состав оксидмарганцевых систем

Вид анализа	Фазовый и катионный состав, %							Общее содержание катионов марганца. %
	Mn^{+2}	MnO	Mn^{+3}	Mn_2O_3	Mn^{+4}	MnO_2	H_2O	
Титрометрический, № 1	3,02	3,93	54,82	79,65	10,23	16,16	0,95	68,07

Титро- метриче- ский, № 2	7,19	9,28	46,43	67,11	14,06	22,21	1,36	67,68
Общий хим. ана- лиз, №№1/2	-	-	-	-	-	-	-	67,71/ 67,85

Таким образом, определение катионного состава различных поставляемых партий позволит оптимизировать катионный состав садки, что исключит физико-механические испытания и будет способствовать повышению энергоэффективности.

Список литературы

1. Сонгина, О.А. Амперометрическое титрование/ О.А. Сонгина, В.А. Захаров. - М:Химия, 1979.-304 с.
2. Шелохвостов, Р.В. Создание высокостабильной структуры материала кластер-селективных сенсоров на основе оксида марганца/ Р.В.Шелохвостов, С.Н.Баршутин, В.П.Шелохвостов, В.Н.Чернышов//Вестник ТГУ.-2007. Т.12.Вып.5.- С.590-592

Мордасов Д.М., Минаев А.М., Медведева А.В.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА В АНАЛИЗЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ТРОЙНЫХ СИСТЕМ

Тамбовский государственный технический университет

mit@mail.nnn.tstu.ru

При анализе структурного состояния многокомпонентных систем и определении фаз, находящихся в равновесии при определенной температуре чаще всего используется энергетический подход. Наиболее устойчивыми в данных условиях являются те фазы, которые имеют наименьший запас свободной энергии, а в равновесии будут находиться фазы, имеющие одинаковый химический потенциал μ . В материаловедении его чаще называют термодинамическим потенциалом. Термодинамический потенциал – это первая производная от любой энергетической величины по концентрации, например

$$\mu = \frac{\partial F}{\partial C},$$

где F – свободная энергия фазы, C – концентрация компонентов в данной фазе.

Поэтому, чтобы определить концентрации фаз, находящихся в равновесии, необходимо провести касательную к кривым, изображающим зависимости свободных энергий от концентрации. Точки касания покажут концентрации компонентов в фазах, находящихся в равновесии.

Геометрическая термодинамика позволяет решать многие практические задачи, связанные, например, с выбором сплава, находящегося в заданном структурном состоянии. Если в двойных сплавах изменение свободных энергий изображается в виде плоских кривых, а равновесная концентрация определяется общей касательной к этим кривым, то в тройных системах изменение свободных энергий будет представлено в виде пространственных поверхностей, а касательные прямые – касательной плоскостью. Необходимо отметить, что поверхности свободных энергий обращены выпуклостью вниз (как и в двойных сплавах), важным является и то, что при добавлении третьего компонента свободная энергия снижается.

При построении касательной плоскости к поверхности изменения свободных энергий в тройных сплавах, точки касания образуют так называемый концентрационный треугольник. Плоскость концентрационного треугольника будет изотермическим сечением пространственной диаграммы состояния.

Рассмотренные теоретические вопросы позволяют обоснованно получить заданное структурное состояние тройной системы (сплава) с необходимым количественным соотношением фаз. В качестве метода в этом случае обычно используется правило отрезков. Сумма трех перпендикуляров, опущенных из любой точки внутри равностороннего треугольника на его стороны, есть величина постоянная и равна высоте треугольника. Для количественного определения концентраций компонентов необходимо найти отношение длин перпендикуляров к высоте треугольника. Другой способ состоит в проведении через точку, характеризующую состав сплава линий, параллельных сторонам треугольника. Точки пересечения этих линий со сторонами треугольника, на которых отмечены концентрации двойных сплавов, будут характеризовать состав тройного сплава.

При исследовании системы Fe-Cu-Ni нами было построено изотермическое сечение, соответствующее нормальным условиям, где были указаны однофазные области α и β твердых растворов, а

также двухфазная $\alpha+\beta$ область. Для получения однофазного сплава с гранецентрированной решеткой был выбран сплав в виде β -твердого раствора с ферромагнитными свойствами следующего состава: 30 % Fe, 10 % Cu, 60 % Ni.

Результаты исследований могут быть использованы при формировании структуры дисперсных многокомпонентных порошковых систем, а также для описания состояния жидкокристаллических и твердых структур на поверхности жидкой фазы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31060-мол-а.

Мордасов Д.М., Минаев А.М., Медведева А.В.

**ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА В АНАЛИЗЕ
СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ТРОЙНЫХ СИСТЕМ**

Тамбовский государственный технический университет

mit@mail.nnn.tstu.ru

При анализе структурного состояния многокомпонентных систем и определении фаз, находящихся в равновесии при определенной температуре чаще всего используется энергетический подход. Наиболее устойчивыми в данных условиях являются те фазы, которые имеют наименьший запас свободной энергии, а в равновесии будут находиться фазы, имеющие одинаковый химический потенциал μ . В материаловедении его чаще называют термодинамическим потенциалом. Термодинамический потенциал – это первая производная от любой энергетической величины по концентрации, например

$$\mu = \frac{\partial F}{\partial C},$$

где F – свободная энергия фазы, C – концентрация компонентов в данной фазе.

Поэтому, чтобы определить концентрации фаз, находящихся в равновесии, необходимо провести касательную к кривым, изображающим зависимости свободных энергий от концентрации. Точки касания покажут концентрации компонентов в фазах, находящихся в равновесии.

Геометрическая термодинамика позволяет решать многие практические задачи, связанные, например, с выбором сплава, находящегося в заданном структурном состоянии. Если в двойных сплавах из-

менение свободных энергий изображается в виде плоских кривых, а равновесная концентрация определяется общей касательной к этим кривым, то в тройных системах изменение свободных энергий будет представлено в виде пространственных поверхностей, а касательные прямые – касательной плоскостью. Необходимо отметить, что поверхности свободных энергий обращены выпуклостью вниз (как и в двойных сплавах), важным является и то, что при добавлении третьего компонента свободная энергия снижается.

При построении касательной плоскости к поверхности изменения свободных энергий в тройных сплавах, точки касания образуют так называемый концентрационный треугольник. Плоскость концентрационного треугольника будет изотермическим сечением пространственной диаграммы состояния.

Рассмотренные теоретические вопросы позволяют обоснованно получить заданное структурное состояние тройной системы (сплава) с необходимым количественным соотношением фаз. В качестве метода в этом случае обычно используется правило отрезков. Сумма трех перпендикуляров, опущенных из любой точки внутри равностороннего треугольника на его стороны, есть величина постоянная и равна высоте треугольника. Для количественного определения концентраций компонентов необходимо найти отношение длин перпендикуляров к высоте треугольника. Другой способ состоит в проведении через точку, характеризующую состав сплава линий, параллельных сторонам треугольника. Точки пересечения этих линий со сторонами треугольника, на которых отмечены концентрации двойных сплавов, будут характеризовать состав тройного сплава.

При исследовании системы Fe-Cu-Ni нами было построено изотермическое сечение, соответствующее нормальным условиям, где были указаны однофазные области α и β твердых растворов, а также двухфазная $\alpha+\beta$ область. Для получения однофазного сплава с гранецентрированной решеткой был выбран сплав в виде β -твердого раствора с ферромагнитными свойствами следующего состава: 30 % Fe, 10 % Cu, 60 % Ni.

Результаты исследований могут быть использованы при формировании структуры дисперсных многокомпонентных порошковых систем, а также для описания состояния жидкокристаллических и твердых структур на поверхности жидкой фазы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-31060-мол-а.

Москвитин С.П., Демидов А.Н.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ
В СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК
КАЧЕСТВА БИМЕТАЛЛА НА СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА

Тамбовский государственный технический университет

sergey.msk@mail.ru, kafelnikov2010@yandex.ru

На сегодняшний день чрезвычайно актуально внедрение современных беспроводных технологий в сетях промышленного назначения. Уже давно назрела необходимость в надежных беспроводных распределенных системах управления технологическим процессом, причем не только на уровне предприятия, но и за его пределами.

Сегодня важной задачей комплексной автоматизации промышленности является организация обмена информацией в масштабах предприятия и за его пределами на основе единой, стандартной, масштабируемой и высокопроизводительной сети.

При выборе беспроводной сенсорной технологии для сетей промышленного назначения необходимо учитывать следующие важные особенности:

- интенсивность обмена данными на полевом уровне;
- возможность использования автономных источников электропитания большой емкости;
- топологию построения радиосети. Нужно обеспечить избыточность связей, а также возможность самоорганизации сети. Это повысит надежность радиосети, а также упростит ввод в действие конечных объектов (беспроводных датчиков и исполнительных механизмов).

Одними из перспективных сетей, для организации беспроводной передачи данных с датчиков, и организации сенсорных сетей промышленного назначения являются технологии ZigBee [1]. На основе устройств ZigBee сенсорная сеть строится следующим образом. Сетевым узлом является трансивер с управляемым маршрутизацией стеком ZigBee и программным профилем. Если к трансиверу подключается сенсор, узел получает профиль сенсорного узла. Этот профиль предписывает ему собирать данные и отправлять узлу, который является центром сбора данных. Этот узел имеет профиль центра сбора данных, который предписывает ему ждать и собирать поступающие данные от сенсоров. Узел также может являться координатором ZigBee, а может и не быть таковым [2].

В работе [3] описана ИИС контроля характеристик качества биметалла на стадии его производства. Данная система объединяет совокупность сенсоров различного назначения, расположенных на протяжении всей линии производства. Данные со всех сенсоров обрабатываются в узловом центре по заранее заданной программе и алгоритму [3]. Описанная выше технология организации беспроводной сети является наиболее приемлемой, для организации работы ИИС с наименьшими затратами. Применение технологии ZigBee позволит оперативно получать информацию от всех датчиков, что позволит повысить эффективность принятия решений, избежать выпуск дефектной продукции и снизить временные и финансовые затраты на переналадку оборудования и выявление брака.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00523 А

Список литературы

1. В. Heili «ZibBee Alliance Tutorial», September November 2005, www.zigbee.org
2. В. Варгаузин. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 // Теле МультиМедиа №6, 2005
3. С.П. Москвитин, Метод и система контроля характеристик качества биметалла // Москвитин С.П., Пудовкин А.П. - Тамбов: Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2009. Т.15. № 2. С. 315 – 320.

Образцов Д.В., Дутов М.Н.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРНЫХ ПЛЕНОК

Тамбовский государственный технический университет

odvru@rambler.ru

На сегодняшний день особый интерес во всем мире представляют энергоэффективные технологии, приводящие к снижению экологической нагрузки на природную среду и уменьшающие материальные затраты. В связи с глобальным переходом электроники на наноуровень, возникает необходимость разработки методов получения нанoeлектронных компонентов с минимальным уровнем брака и уменьшением материальных и энергетических затрат. Основной технологией производства электронных нанокomпонентов является вакуумное напыление веществ на подложки с целью получения функциональных тонкопленочных покрытий.

Целью настоящей работы является разработка метода активного контроля технологического процесса производства электрон-

ных нанокomпонентов без дополнительных технологических операций подгонки их параметров.

Для достижения поставленной цели был разработан метод активного контроля процесса получения наноструктурных пленок, суть которого заключается в том, что в камеру установки вакуумного напыления УВН-71 рядом с поверхностью подложек (пластины марки СТ50-1 размером 48х60 мм) помещаются контрольные образцы из того же материала размером 5х5 мм. Так как контрольные образцы находятся в относительно равных технологических условиях с подложками то, на поверхности подложек и на поверхности контрольных образцов формируется близкая по структуре и толщине наноструктурная пленка. Контрольные образцы через определенные промежутки времени с помощью шлюзового устройства последовательно извлекают из вакуумной камеры без остановки технологического процесса. После выемки очередного контрольного образца из вакуумной камеры проводят оперативное исследование синтезированной на его поверхности наноструктурной пленки с помощью сканирующего зондового микроскопа.

По результатам исследований принимают решение о необходимости изменения технологических параметров процесса синтеза (степень разрежения в вакуумной камере, температура нагрева контрольных образцов и подложек, величины тока через испарители веществ, отключение или включение испарителей, перекрытие молекулярных потоков на заданное время и т.д.).

При достижении наноструктурной пленки на очередном контрольном образце и на поверхности подложек необходимых заданных значений толщины, структуры и фазового состава, процесс синтеза завершают. Для повышения точности контроля процесса синтеза нано структурных пленок увеличивают количество выборок контрольных образцов при достижении на предыдущем контрольном образце измеряемых параметров близких к заданным значениям.

Полученные в ходе экспериментов данные используют для определения оптимальных режимов процесса получения электронных нанокomпонентов с заданными параметрами без дополнительных технологических операций их подгонки. Уменьшение числа технологических операций и процента брака при производстве электронных нанокomпонентов позволит снизить энергетические и материальные затраты.

Список литературы

1. Способ синтеза наноструктурной пленки на изделии и устройство для его реализации: Патент №2466207 Рос. Федерация: Образцов Д.В., Гумбин В.В., Шелохвостов В.П., Чернышов В.Н., Макаrchук М.В.; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т.. – № 2010153001/02, заявл. 23.12.2010; опубл. 10.11.2012.

2. Способ идентификации и контроля концентрации нанобъектов в дисперсных средах: Патент №2411513 Рос. Федерация: Чернышов В.Н., Баршутин С.Н., Шелохвостов В.П., Платёнкин А.В., Ушаков А.В. заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т.. – № 2009146363/28, заявл. 14.12.2009; опубл. 10.02.2011.

Образцов Д.В., Стивкин А.Г.

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА НАНООБЪЕКТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Тамбовский государственный технический университет
mitnanotech@yandex.ru

В последние годы интенсивно ведутся работы по синтезу различных функциональных нанобъектов. Большинство способов синтеза нанобъектов имеют малый процент выхода целевого продукта и обычно требуют очистку от примесей и разделения их по фракциям, что не позволяет из-за высокой себестоимости широкого применения наноматериалов. В связи с этим актуальной задачей является разработка новых энергоэффективных и совершенствование известных способов синтеза нанобъектов с целью увеличения процента выхода целевого продукта и уменьшения энергетических затрат при их синтезе.

На практике широко применяется метод синтеза нанобъектов испарением различных веществ с последующей конденсацией их паров в газовом объёме, либо на охлаждаемой поверхности. Данный метод отличается высокой производительностью, но за счет многовариантности процесса является весьма сложным в управлении, что не позволяет в конечном продукте получать большой процент нанобъектов заданного состава и вида. Для решения этой проблемы был разработан метод контроля и управления процессом синтеза нанобъектов, сущность которого состоит в том, что контроль и управление производят на протяжении всего технологического процесса синтеза нанобъекта с помощью получения информации с датчика, установ-

ленного в непосредственной близости с поверхностью на которой осуществляется синтез нанобъектов. Датчик представляет собой две параллельные медные площадки (электроды) на стекле, к которому по схеме измерительного моста подключают LCR-метр, с целью измерения индуктивности структуры, образующейся между медными площадками на датчике. По полученным экспериментальным данным строят график изменения индуктивности в процессе напыления рис. 1.

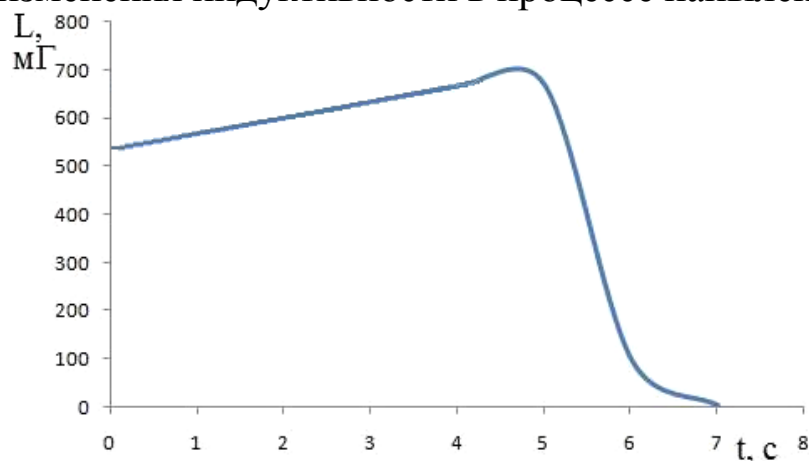


Рис. 1 График изменения индуктивности между электродами датчика в процессе напыления никеля

Для апробации разработанного метода проводили серию экспериментов на вакуумной установке УВР-3М, в которой никель (катализатор) испарялся резистивным нагревом, а углерод испарялся электрической дугой, напыление проводили на стеклянную пластину, рядом с которой устанавливали датчик индуктивности. Проводили корреляцию значений индуктивности на датчике с параметрами синтезируемых нанобъектов на стеклянных пластинах. По полученным данным проводили активный контроль с целью оптимизации процесса синтеза и увеличения процента выхода нанобъектов заданного вида.

Разработанный метод управления процессом синтеза нанобъектов позволяет повысить процент выхода углеродных нанобъектов заданного состава, вида и одновременно уменьшить энергетические затраты на их синтез.

Список литературы

1. Баршутин, С.Н. Резонансно-туннельный метод идентификации наноструктурных объектов в многослойных структурах / С.Н. Баршутин, А.В. Платенкин, В.Н. Чернышов, А.В. Ушаков, В.П. Шелохвостов // Вести высших учебных заведений Черноземья, 2013. № 4. С. 51-60.

Платёнкин А.В.

КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНООБЪЕКТОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИХ СИНТЕЗА

Тамбовский государственный технический университет

lepilalex@yandex.ru

Одним из способов идентификации и определения концентрации наноразмерных частиц в жидких средах, являются метод, основанный на использовании селективных, туннельно-резонансных структур.

Современные технологии позволяют создавать элементы с заданными дискретными уровнями. Такие элементы образуют датчик (сенсор), реагирующий на определенные свойства окружающей среды и позволяющий регистрировать этот отклик в виде соответствующего электрического сигнала.

Принцип туннельно-резонансного метода следующий: ток, протекающий через датчик, зависит от величины приложенного напряжения. Если приложенное напряжение мало, и энергия электронов, проходящих через потенциальный барьер, меньше энергии дискретного уровня, то прозрачность барьера и, следовательно, протекающий ток

будут малы. Ток достигает максимального значения при таких напряжениях, когда энергия электронов равна энергии дискретного

уровня. При более высоких напряжениях энергия электронов станет больше энергии дискретного уровня, и прозрачность барьера для электронов уменьшится. При этом ток также уменьшится [1].

Туннельно-резонансный датчик (рис.1), выполнен на

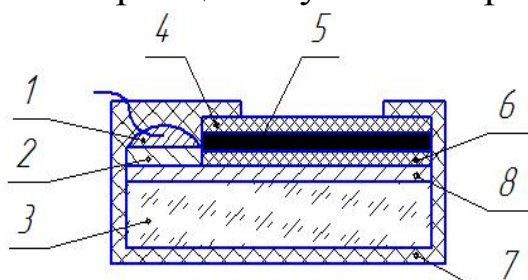


Рис. 1. Туннельно-резонансный датчик

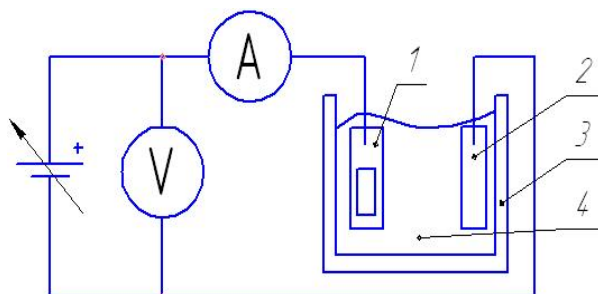


Рис. 2. Подключение системы для снятия характеристик

полупроводниковой подложке (3), между слоями диэлектрика (4, 6) расположен слой нанообъектов (5), к подложке приклеен контакт (1, 2), датчик изолирован диэлектриком (7) [2].

Подключение датчика (рис. 2) к компьютеру (ПК), для измерения вольтамперной характеристики, производится через аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Изменение характеристик системы осуществляется при помощи перестройки напряжения блока питания (БП). Датчик находится в жидкой среде, с растворенными нанобъектами.

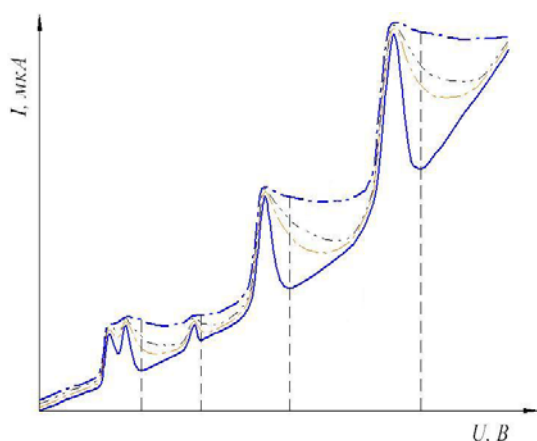


Рис. 3. ВАХ снятая с датчика в растворе

При измерении вольтамперных характеристик (рис. 3), концентрация наночастиц изменялась, путем разбавления дистиллированной водой половины объема исследуемого раствора.

В зависимости от концентрации нанообъектов в растворе интенсивность и четкость пиков изменяется. Размытость пиков объясняется искажением дискретных уровней

потенциального барьера, под влиянием энергетических зон частиц, взаимодействующих с датчиком. У различных элементов разная интенсивность и количество резонансных пиков, соответственно по графику можно определить тип и приблизительную концентрацию вещества в растворе. Благодаря предложенному методу возможно оперативно получать данные по составу и концентрации нанообъектов в жидких средах, что позволит оперативно менять параметры синтеза нанообъектов, улучшая энергоэффективность применяемых методов.

Список литературы

1. Физика квантовых низкоразмерных структур [Текст] / В. Я. Демиховский, Г. А. Вугальтер. - М. : Логос, 2000. - 247 с. : ори. + 1. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-88439-045-9
2. Платёнкин А.В. Метод определения наноструктурных объектов в дисперсных материалах / А.В. Платёнкин, С.Н. Баршутин, В.Н. Чернышов, В.П. Шелохвостов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2011.

Полухин В.И.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ КАК ОДИН ИЗ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Тамбовский государственный технический университет

poluhinvadim@rambler.ru

Одной из важнейших характеристик качества средств измерений (СИ) является метрологическая надежность.

Под метрологической надежностью (МН) понимают свойство СИ сохранять во времени метрологические характеристики в пределах установленных норм при эксплуатации в заданных режимах и условиях использования, техническом обслуживании, хранении и транспортировании. [1] Следовательно, метрологическая надежность определяется характером и темпом изменения нормируемых характеристик согласно метрологическим характеристикам исследуемого СИ.

Усложнение измерительной аппаратуры, повышенные требования к точности, применение качественно новых элементов, с одной стороны, и все возрастающая роль СИ в производственном процессе, с другой, ставят задачу разработки научно обоснованных методов оценки метрологической надежности проектируемых СИ в число важнейших задач теоретической и практической метрологии.

Показателем применяемым, прежде всего, при прямом прогнозировании МН, является вероятность сохранения метрологической исправности $p_{испр}(t)$ в произвольный момент времени эксплуатации, которая рассчитывается по формуле:

$$p_{испр}(t_k) = \int_{-s_{доп}}^{s_{доп}} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_s(t_k)} \cdot \exp \left\{ -\frac{[s(t_k) - m_s(t_k)]^2}{2\sigma_s^2(t_k)} \right\} \cdot ds$$

где $[-s_{доп}, s_{доп}]$ - область допустимых значений метрологической характеристики;

$m_s(t_k)$ -, $\sigma_s(t_k)$ - математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение исследуемой метрологической характеристики СИ в произвольный момент времени предстоящей эксплуатации t_k .

Расчет указанного показателя МН производится на основе прогнозирования состояния нормируемых метрологических характеристик ИИС, на область значений времени предстоящей эксплуатации.

В основу метода определения показателей МН электронных ИС положен аналитико-вероятностный подход, базирующийся на математическом моделировании нестационарных случайных процессов изменения во времени метрологических характеристик измерительных средств. Наиболее ответственным этапом использования этого метода является математическое моделирование исследуемых ИС.

На основе разработанного метода оценки и повышения МН предложена обобщенная методика оценки и повышения МН при проектировании ИИС. Использование разработанной методики позволяет не только оценить метрологическую исправность проектируемых аналоговых блоков и ИИС в целом, но и принять меры по повышению рассматриваемого показателя МН.

Использование разработанного метода оценки МН при проектировании СИ позволяет не только определить МН исследуемого ИС, но и обоснованно принять сроки его метрологических проверок, профилактических работ и в конечном итоге – повысить эффективность функционирования широкого класса СИ.

Список литературы

1. Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И., Метрологическая надежность измерительных средств. М.: Машиностроение – 1,2001.-96С.

Попов О.Н., Жуков Н.П.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ

*Тамбовский государственный технический университет
teplotehnika@nnn.tstu.ru*

Современные методы неразрушающего контроля (НК), позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) и температурные характеристики структурных переходов в 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].

Структурная схема ИС, реализующей методы НК твердофазных переходов в ПМ, представлена на рис. 1. Основными элементами

входящими в состав ИС являются: персональный компьютер (ПК), измерительно-управляющая плата E14-140-MD, усилитель сигналов (У), измерительный зонд (ИЗ), блока управления питанием (БУП).

В результате проведения эксперимента были зафиксированы зависимости разности значений температуры в точках расположенных на поверхности исследуемого объекта (между центральной осью ИЗ и центральными осями нагревателей), от времени и температуры. Эксперимент проводился при следующих условиях: подложка ИЗ выполнена из политетрафторэтилена (теплопроводность $\lambda = 0,25$ Вт/(м·К); теплоемкость $c = 1005$ Дж/(кг·К); плотность $\rho = 2200$ кг/м³); объект исследования – полиамид блочный, ПА – 6 ($\lambda = 0,3$ Вт/(м·К), $c = 1750$ Вт/(м·К), $\rho = 1550$ кг/м³). Режимные характеристики: начальная температура 21 °С; тепловая мощность на каждом из нагревателе 0,68 Вт; частота дискретизации $\Delta\tau = 1$ с.

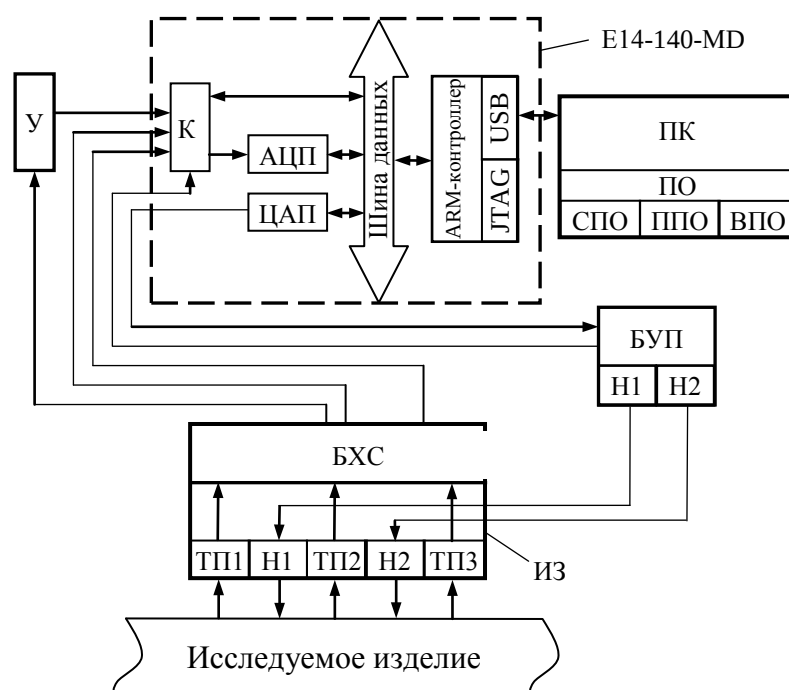


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы. БУП – блок управления питанием; БХС – блок холодных спаев; ИЗ – измерительный зонд; Н – нагреватель; ПК – персональный компьютер; ПО – программное обеспечение; ТП – термоэлектрический преобразователь; У – усилитель сигналов.

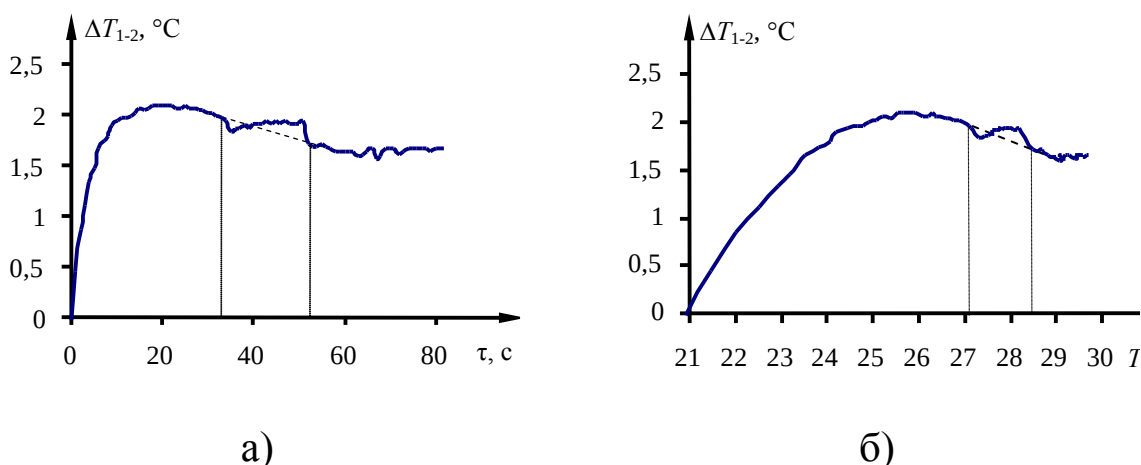


Рис. 2. Экспериментальные зависимости: а) $\Delta T_{1-2} = f(\tau)$; б) $\Delta T_{1-2} = f(T_1)$.

На рис. 2 (а) твердофазное структурное превращение явно проявилось при достижении температуры структурного перехода (по мере нагревания в соответствующее время). Из представленных (рис. 2.) зависимостей $\Delta T_{1-2} = f(\tau)$ и $\Delta T_{1-2} = f(T_1)$ видно, что твердофазное превращение в ПА – 6, сопровождающееся поглощением тепла, проявилось в узком интервале значений температуры от 27,1 до 28,4 °С.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что структурные превращения в полимерных материалах, сопровождающиеся тепловыми эффектами, могут быть зафиксированы по изменениям разности значений температуры разработанным методом.

Список литературы

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.

Пудовкина Е.В.

МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Тамбовский государственный технический университет
teplotehnika@nnn.tstu.ru

При решении задач оперативного контроля теплофизических свойств (ТФС) материалов определенный интерес представляют не-

разрушающие методы. Исследования в этой области на сегодняшний день остаются актуальными. Это определяется, прежде всего, тем, что ТФС материала находят на основании косвенных экспериментов и рассчитывают по определенным математическим моделям. В результате точность и надежность определения ТФС во многом обуславливается тем, насколько адекватно математическая модель описывает тепловые процессы, проходящие при измерении [1].

В Тамбовском государственном техническом университете разработан метод неразрушающего контроля ТФС теплоизоляционных покрытий на металлических подложках. Данный метод основан на физической модели, согласно которой тепловое воздействие на исследуемый объект с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности (q), выполненного в виде тонкого диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). Подложка ИЗ изготовлена из теплоизолятора. Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый – низкотеплопроводный (металл) с ТФС: a_1, λ_1 ; второй – высокотеплопроводный с ТФС: a_2, λ_2 [1 – 3].

Теоретическое обоснование данного метода неразрушающего контроля двухслойных изделий представлено в работе [2]. Решение получено путем упрощения тепловой схемы и приведения решения к случаю одномерного распространения тепла для установившегося режима регуляризации тепловых потоков в локальной области объекта исследования от неограниченного плоского источника тепла постоянной мощности.

В результате решения краевой задачи теплопроводности математическая модель теплопереноса:

$$T_1(0, \tau) = \frac{2q}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\sqrt{\tau}}{\varepsilon_2} + \left(1 - \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_2^2}\right) \frac{qh_1}{\lambda_1}, \quad (1)$$

Выражение (1) представляет собой линейную зависимость вида:

$$T(0, \tau) = b_1 \sqrt{\tau} + b_0, \quad (2)$$

где $b_1 = \frac{2q}{\sqrt{\pi}\varepsilon_2}$, ε_1 и ε_2 – значения тепловой активности материалов покрытия и металлического основания.

Так как $\lambda_1 \ll \lambda_2$ и $\varepsilon_1 \ll \varepsilon_2$, следовательно,

$$b_0 = \left(1 - \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_2^2}\right) \cdot \frac{q \cdot h_1}{\lambda_1} \approx \frac{q \cdot h_1}{\lambda_1} \text{ и } \lambda_1 = \frac{q \cdot h_1}{b_0}. \quad (3, 4)$$

Из выражения (4) можно определить теплопроводность первого слоя λ_1 двухслойного объекта по рабочему участку термограммы, соответствующему стадии регуляризации тепловых потоков [1].

Список литературы

1. Жуков, Н.П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов и изделий. / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова // Монография. – М.: Машиностроение – 1, 2004. – 288 с.
2. Теоретическое обоснование теплового метода неразрушающего контроля двухслойных изделий / И.В. Рогов, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, Н.В. Лунева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – №9 (23) – С. 93 – 99.
3. Контроль качества полимерных покрытий / Пудовкина Е.В., Антонов А.О., Лизунов Д.А., Майникова Н.Ф. // Успехи в химии и химической технологии. М.: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2012. – С. 77 – 79.

Рябов А.В. Федюнин П.А.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДА ТАКТОВОЙ СИНХРОНИИ ГЕНЕРАТОРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
ryalvy@mail.ru, fpa1@yandex.ru*

Характеристики сложных технических систем, к которым относятся телекоммуникационные системы, во многом зависят от точности тактовой синхронизации, которая основывается, как правило, на использовании фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ) опорных генераторов приемного оборудования [1]. Представим синхросигнал, вырабатываемый на приемной стороне в виде гармонического колебания

$$S(t, \varphi) = A \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi(t)), \quad (1)$$

где $-\pi \leq \varphi(t) \leq \pi$ – случайная фаза колебания, задаваемая уравнением $d\varphi(t)/dt = n_\varphi(t)$; $n_\varphi(t)$ – белый гауссовский шум (БГШ), обусловленный внутренними шумами формирователя сигнала [1].

На приемной стороне принимается синхросигнал $S(t)$ в смеси с шумом:

$$\xi(t) = S(t, \varphi) + n_0(t), \quad (2)$$

где $n_0(t)$ – БГШ, обусловленный внешними помехами.

Нелинейное относительно фазы $\varphi(t)$ уравнение (2) соответствует задаче нелинейной фильтрации. На практике для таких задач используют приближенные решения, основанные на методах локальной и интегральной аппроксимации апостериорной плотности вероятностей (АПРВ) [1].

Поскольку в отсутствии полезного сигнала приведенная ошибка всех алгоритмов фильтрации случайной фазы равномерно распределена в интервале от $-\pi$ до π , то при отношениях сигнал/шум стремящихся к нулю значение дисперсий ошибки фильтрации всех известных алгоритмов стремится к пределу $R(t) = \pi^2/3$ [1]. Тогда дисперсию ошибки фильтрации $R(t)$ АПРВ $p(t, \varphi)$ случайной фазы принятого синхросигнала представим в виде:

$$[R(t)]^{-1} = [R_1(t)]^{-1} + 3/\pi^2, \quad (3)$$

где $R_1(t)$ – составляющая дисперсии ошибки фильтрации аппроксимирующей АПРВ без учета постоянной составляющей.

Определим аппроксимирующую АПРВ в семействе нормальных плотностей вероятности [1] с учетом выражения (3):

$$p(\varphi, m(t), G_1(t)) = \sqrt{G_1(t)/2\pi} \cdot \exp\{-0,5 \cdot G_1(t) \cdot (\varphi - m_\varphi(t))^2\}, \quad (4)$$

где $G_1(t) = [R_1(t)]^{-1} = G(t) - 3/\pi^2$, $0 \leq G_1(t) < \infty$.

Тогда на основе введенных функций (3), (4), найдем приближенный алгоритм фильтрации случайной фазы $\varphi(t)$ принятого сигнала:

$$\frac{d m_\varphi(t)}{d t} = \frac{2A \cdot \xi(t)}{(G(t) - 3/\pi^2) \cdot N_0} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \hat{\varphi}(t)); \quad (5)$$

$$\frac{dG(t)}{dt} = -\frac{N_\varphi}{2} \cdot (G(t) - 3/\pi^2)^2 + \frac{2A \cdot \xi(t)}{N_0} \sin(\omega_0 \cdot t + \hat{\varphi}(t)). \quad (6)$$

Результаты имитационного моделирования [1] показали, что полученная интегральная аппроксимация АПРВ, позволяет получить алгоритм фильтрации случайной фазы $\varphi(t)$ принятого синхросигнала, совпадающий с точным решением для выбранных граничных условий. Это подтверждает оптимальность полученного алгоритма (5), (6) для решения задачи фильтрации случайной фазы синхросигнала.

Список литературы

1. Рябов А.В., Карпов И.Г. Модернизация метода интегральной аппроксимации апостериорной плотности вероятности в задачах фазовой автоподстройки частоты радиосигнала // Материалы VIII всероссийской научно-технической конференции «Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического моделирования» 26-28 апреля 2006. г. Тамбов. Тамбов: ТВАИИ, 2006 г. Ч.I. – С. 86-96.

Рязанов И.Г., Зырянов Ю.Т.

МОДЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПО СОСТОЯНИЮ

Тамбовский государственный технический университет
chief.ryazanoff2012@yandex.ru, zut-tmb@mail.ru

Современные энергоэффективные системы состоят из множества функциональных элементов, усложняющих возможность оперативного контроля и технического обслуживания (ТО). Для снижения затрат на поддержание работоспособности применяют различные модели диагностирования и прогнозирования технического состояния энергоэффективных систем, основанные на стратегии обслуживания по фактическому состоянию.

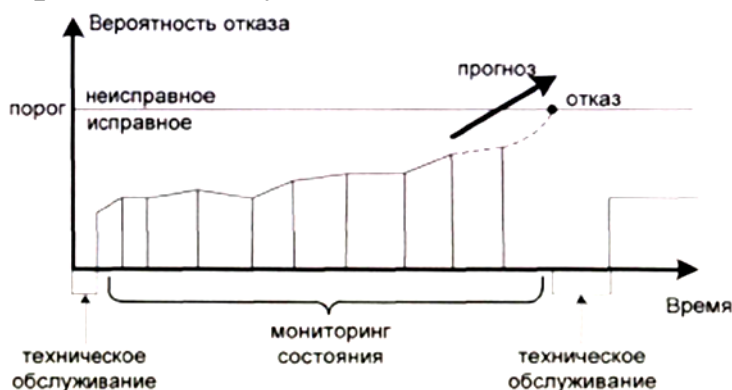


Рис. 1 Схема обслуживания оборудования по техническому состоянию.

Проведение технического обслуживания в этом случае производится только при необходимости в связи с наступлением высокой вероятности отказа системы. Тем самым не нарушается механизм функционирования систем по назначению.

Целью такой стратегии эксплуатации является повышение надежности и снижение эксплуатационных затрат. При этом назначают необходимые работы по ТО в зависимости от фактического

технического состояния конкретной системы и предполагаемого изменения его состояния в процессе эксплуатации.

Реализация данного подхода обслуживания возможна благодаря применению методов вероятностного прогнозирования, реализуемых при помощи байесовских сетей (БС) и скрытых марковских моделей (СММ).

Помимо применения методов вероятностного прогнозирования в комплексах контроля ТО применяются информационные экспертные системы, позволяющие упростить принятие решений о проведении профилактических работ.

Дальнейшее развитие способов контроля и прогнозирования технического состояния заключается в объединении известных вероятностных методов анализа для увеличения достоверности прогнозирования технического состояния системы.

Список литературы

1. Ball, N.T. Using historical data and product metrics for early estimation of software failures / N.T. Ball, B. Murphy // Proceedings of the International symposium on software reliability engineering (ISSRE'06). — Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2006. - P.62 - 74.
2. Bratnik, G. Probabilistic expert systems, modeling breakdown procedures / G. Bratnik, A. Kusz, A. Marciniak // Operational dependability of machines'2000: proceedings of the International conference - Prague: Czech university of Agriculture in Prague, 2000. - P. 10-14.

Рожнова Л.И.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Тамбовский государственный технический университет

umo@nnn.tstu.ru

В основу проводимого анализа погрешностей положены закономерности теоретической метрологии, предполагающие использование уравнений измерений.

Получение оценок характеристик погрешностей требует наличия в математических моделях объектов и процедур измерений соответствующих для синтеза аналитических соотношений. Они могут быть получены, если указанные математические модели содержат всю необходимую информацию.

Так, при наличии уравнения измерений

$$\lambda_j^* = R_m \dots R_1 \gamma_j(t, \vec{r}), \quad (1)$$

выражающего результат измерения через последовательность m элементарных измерительных преобразований входного воздействия $\gamma_j(t, \vec{r})$, использование для синтеза расчетного соотношения известного выражения для характеристики погрешности

$$\theta[\Delta\lambda_j^*] = \int_{\Delta\lambda} q[\Delta\lambda_j^*] \omega(\Delta\lambda_j^*) d\Delta\lambda_j^* \quad (2)$$

($q[\Delta\lambda_j^*]$ - преобразование, лежащее в основе определения характеристики θ , $\omega(\Delta\lambda_j^*)$ - распределение плотности вероятности погрешности $\Delta\lambda_j^*$), предполагает представление математическими моделями информации, позволяющей установить область существования погрешности $\Delta\lambda$ и вид распределения $\omega(\Delta\lambda_j^*)$). Математические модели входного воздействия и использованных измерительных средств отражают их свойства в той степени, которая позволяет на основе (1) и (2) синтезировать необходимое расчетное соотношение.

Объектом анализа являются уравнения измерений тепло- и температуропроводности следующего вида:

$$a_j^* = \frac{x_{1j}^2 \cdot F_{x_{2j}}^{*2} \cdot T_{зад1j} C_1 - F_{x_{1j}}^{*2} \cdot T_{зад2j} C_2}{4 \cdot F_{x_{2j}}^* \cdot T_{зад1j} C_3 - F_{x_{1j}}^* \cdot T_{зад2j} C_4}, \quad (3)$$

$$\lambda_j^* = \frac{Q_j F_{x_{1j}}^*}{2\pi T_{зад1j}} \cdot C_3 \cdot \exp\left(-\frac{x_{1j}^2 F_{x_{1j}}^*}{4a_j^* \cdot i}\right), \quad (4)$$

где x_1 - расстояние от линии действия источника тепла до точки измерений; F_{x_1} - частота тепловых импульсов, соответствующая значению температуры в точке измерений $T_{зад1}$; F_{x_2} - частота тепловых импульсов, соответствующая значению температуры в точке измерений $T_{зад2}$; Q - мощность импульсного источника тепла;

$$C_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{1}{i^2}; \quad C_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \frac{1}{i^2}; \quad C_3 = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{1}{i}; \quad C_4 = \sum_{i=1}^{n_2} \frac{1}{i};$$

$$n_1 = E(F_{x_1} \cdot \tau_{umr}); \quad n_2 = E(F_{x_2} \cdot \tau_{umr}),$$

$E(x)$ - целая часть x ; τ_{umr} - время релаксации температурного поля в точке измерений при действии одного теплового источника.

Структура уравнения (3) показывает, что полная погрешность Δa_j^* зависит от точности установления x_1 , $T_{зад1}$ и $T_{зад2}$, а также от точности измерений F_{x1} и F_{x2} . Следовательно,

$$\Delta a_j^* = a_j^* - a_j = \Delta_{x_1} a_j^* + \Delta_{T_1} a_j^* + \Delta_{T_2} a_j^* + \Delta_{F_1} a_j^* + \Delta_{F_2} a_j^*, \quad (5)$$

Для каждой компоненты в выражении (5) получены аналитические соотношения, позволяющие оценить характеристики каждой компоненты, выделить доминанты и определить характеристики полных погрешностей Δa_j^* и $\Delta \lambda_j^*$. Анализ этих соотношений и расчет показывают (см. табл.), что из пяти компонент Δa_j^* доминируют две $\Delta_{T_1} a_j^*$ и $\Delta_{T_2} a_j^*$, т.е.

$$\Delta a_j^* \cong \Delta_{T_1} a_j^* + \Delta_{T_2} a_j^* \quad (6)$$

Полная погрешность $\Delta \lambda_j^*$ в соответствии с уравнением (4) определяется выражением

$$\Delta \lambda_j^* = \Delta_Q \lambda_j^* + \Delta_{F_1} \lambda_j^* + \Delta_{T_1} \lambda_j^* + \Delta_{x_1} \lambda_j^* + \Delta_a \lambda_j^*, \quad (7)$$

Расчет показал (см. табл.), что при определении характеристик погрешности $\Delta \lambda_j^*$ можно пренебречь компонентами $\Delta_{F_1} \lambda_j^*$, $\Delta_Q \lambda_j^*$ и $\Delta_{x_1} \lambda_j^*$, тогда

$$\Delta \lambda_j^* = \Delta_{T_1} \lambda_j^* + \Delta_a \lambda_j^*. \quad (8)$$

Полученная информация позволяет провести коррекцию результатов измерения, а в теплофизическом эксперименте целенаправленно воздействовать на источники этих составляющих общей погрешности.

Таблица

Параметр		$x1$	$T1$	$T2$	$Fx1$	$Fx2$	$Qx1$	$Qx2$	a
Макс.	δa	9	15	18	0,6	10	0,8	7,5	—
откл., %	$\delta \lambda$	4,7	9	—	7,5	—	7,2	—	12,3

Примечание: отклонение каждого параметра $\pm 10\%$ при постоянстве остальных, δa и $\delta \lambda$ – относительные погрешности ТФСМ.

Список литературы

1. Рожнова, Л.И. Методы и измерительные средства неразрушающего контроля теплофизических свойств и температурных переходов термопластов: дис. ... канд. техн. наук / Л.И. Рожнова. – Тамбов, 2005. – 175 с.
2. Методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / В.Н. Чернышов. – М.: Машиностроение. 2001. – 242 с.

Сафин А.М. Федюнин П.А.

**МИКРОВОЛНОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА
ОДНОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ**

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г.Воронеж)*

fpa1@yandex.ru, safin_albert@mail.ru

Для качественного управления современными технологическими процессами уделяется огромное внимание исследованиям и разработкам средств получения измерительной информации о параметрах технологических процессов и показателях качества веществ, материалов и изделий. Всё это предопределяет целесообразность изучения в решении задач получения информации о показателях качества всё более широкого спектра физических явлений и разработку основанных на них измерительных приборов.

Для измерения параметров жидких сред непосредственно в технологическом аппарате или при возможности помещения преобразователя в изделие, снабженное соответствующим технологическим отверстием, применяются погружные (иммерсионные) преобразователи. На рисунке 1 схематично показана измерительная однопроводная линия передачи (ОЛП). При условии, что толщина трубопровода $\Delta=0$, комплексная магнитная проницаемость измеряемой среды $\mu=1$, а её комплексная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = const$, реализуется толщинометрия диэлектрического чехла «радиокабеля» по величине ослабления поля электромагнитной волны при одномодовом режиме (измерение величины «b-a»), а также ϵ на двух длинах волн генератора λ_z или на двух модах.

При условии $\Delta>0$ реализуются устройства проточных преобразователей ϵ и μ на ОЛП, рассмотренные в [1]. Нами разработаны два варианта конструктивного исполнения проточного преобразователя: в первом варианте среда с неизвестными параметрами образует диэлектрический волновод (проточный преобразователь), а во втором – измерительный диэлектрический волновод с постоянными параметрами помещается в среду с измеряемыми параметрами (погружной преобразователь).

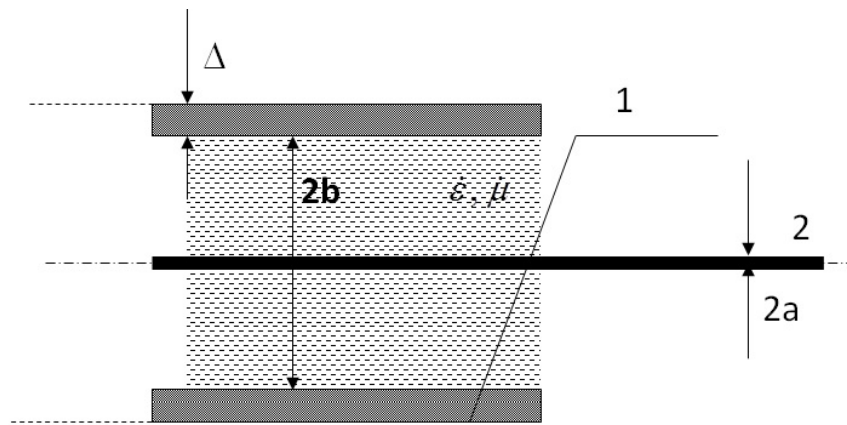


Рис. 1 Измерительная однополосная линия передачи: 1- диэлектрический трубопровод; 2-внутренний проводник (металлический стержень)

Важной задачей, решаемой погружными преобразователями, является измерение диэлектрических ($\gamma = \gamma_\epsilon, tg\delta_\epsilon$) и магнитных ($\gamma = \gamma_\mu; tg\delta_\mu$) потерь по величине погонного коэффициента затухания α_z :

1. измерение γ_ϵ по α_z для диэлектриков. Суммарное затухание определяется величиной $tg\delta_{трпр}$ и $tg\delta_{ж}$ – СВЧ проточная и погружная кондуктометрия.

2. определение удельной проводимости $\gamma_2(tg\delta_2)$ материала изделий с отверстием (цилиндрическим) и для погружных преобразователей - $tg\delta_1 \rightarrow 0$ (среда погружения – воздух).

Список литературы

1. Федюнин П.А., Дмитриев Д.А. Волноводные методы неразрушающего контроля параметров и свойств материалов в прикладной электродинамике: Монография/ Под ред. П.А. Федюнина. - М.: Тамбов: ТВВАИУРЭ, 2006. - 410 с.

Сурков В.О.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ.

Тамбовский государственный технический университет
tstu_2007@rambler.ru

Обычно под термином навигационная система принято понимать совокупность приборов, алгоритмов и программного обеспе-

чения, позволяющих произвести ориентирование объекта в пространстве. Навигационные системы можно разделить на множество категорий в зависимости от назначения, объема получаемой навигационной информации и используемых методов навигации. Система навигации подвижных наземных объектов (ПНО) решает задачи определения координат местоположения, параметров движения и углов ориентации подвижного объекта и обеспечивает выдачу следующих данных: координаты местоположения в заданной системе координат, вектор скорости, углы ориентации (крен, курс, тангаж), вектор угловой скорости, вектор ускорения.

Точностные характеристики систем навигации для ПНО зависят от режима работы, состава данных систем и программного обеспечения применяемого для обработки информации и контроля целостности системы.

Наиболее перспективным для навигационных систем ПНО можно считать состав, представленный в статье [1], включающий бесплатформенную инерциальную навигационную систему, спутниковые радионавигационные системы (СРНС), системы сотовой связи и другие дополнительные датчики. Данный состав был предложен исходя из анализа состава существующих навигационных систем в настоящее время.

Обработку информации и контроль целостности в навигационных системах производят как с помощью оптимальных алгоритмов оценивания, базирующиеся на дифференциальных или разностных уравнениях, полученных на основе методов калмановской фильтрации, так и алгоритмов, основанных на методах марковской теории оптимального оценивания. При применении последних закладывается возможность контроля и диагностики состояния источников информации, таких как спутники СРНС, системы сотовой связи, радиотехнические системы дальней навигации.

Так как в состав большинства современных систем навигации для ПНО входит СРНС [2], то для повышения качества работы необходимы первичная обработка и контроль целостности СРНС в навигационных системах. Поэтому определенный интерес представляют системы, включающие в себя алгоритмы и первичной и вторичной обработки информации.

Системы данного типа в дальнейшем могут стать основой систем не только с возможностью контроля и диагностики элементов системы, но и с возможностью последующей реконфигурации структуры.

Список литературы

1. Сурков В. О. Анализ состава существующих систем навигации для подвижных наземных объектов и выбор наиболее перспективного состава, исходя из требований точности и надежности / В. О. Сурков // Современные тенденции технических наук: материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). — Уфа: Лето, 2013. — С. 20-24.

2. Сурков В. О. Системы навигации подвижных наземных объектов и их характеристики/ В. О. Сурков // Молодой ученый. — 2013. — № 7. — С. 76–79.

Ушаков И.В., Батомункеев А.Ю.

МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТОНКИХ АМОРФНЫХ И НАНОСТРУКТУРНЫХ ЛЕНТ ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ

*Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»*

ushakoviv@mail.ru, amgalan-ngu-621@yandex.ru

В настоящее время активно используются тонкие ленты из магнитомягких аморфных и аморфно-нанокристаллических сплавов в электротехнике, электронике, радиотехнике. В ряде случаев практическое использование таких материалов требует дополнительной обработки, при которой значительно меняются механические свойства материалов. Как следствие требуются чувствительные и специализированные методы выявления их механических свойств.

Ранее был предложен способ определения пластичности тонких пленок аморфно-нанокристаллических металлических сплавов микроиндентированием на подложках, с использованием пирамидки Виккерса [1, 2]. При использовании данного способа, предварительно отожжённый и охлаждённый до комнатной температуры образец исследуемого материала помещают на металлическую подложку, на которую, со стороны исследуемого образца, наносится слой полимерного композитного материала. Затем, воздействуя на исследуемый образец четырехгранной пирамидкой, подбирают усилия воздействия, скорость касания поверхности исследуемого материала и время воздействия на образец; таким образом, чтобы в месте воздействия пирамидки образовалась группа трещин в виде фигур близких к вложенным квадратам.

Таким образом, в работах [1-2] был предложен и апробирован новый способ механических испытаний. Однако, очевидно, что лю-

бные методы механических испытаний имеют свои преимущества и недостатки. Для совершенствования способа механических испытаний необходимо выделить основные недостатки метода и постараться их устранить. Недостатком метода, предложенного в работе [2], является то, что рёбра пирамидки являются концентраторами напряжения, что вносит искажения в формирование трещин в исследуемом образце. Возникающие из-за воздействия ребер, трещины разрушают материал, блокируют развитие трещин, ориентированных параллельно граням индентора. Недостатком является образование при индентировании большого количества мелких отколов, которые не позволяют определить начальную ориентацию основных трещин из-за их сдвигов.

Данный недостаток может быть устранен, если вместо пирамидки Виккерса использовать индентор другой формы (не создающий концентраторы механических напряжений в вершине пирамидки и в областях касания образца ребрами пирамидки). В этом случае, при локальных нагружениях тонких лент аморфно-нанокристаллического металлического сплава на подложке формируются характерные микрокартины разрушения в виде концентрических окружностей или спиралевидных трещин. Проведенные эксперименты показали, что результаты измерения коэффициента вязкости разрушения, полученные при использовании предлагаемого метода, точнее и лучше соответствуют физической сущности процесса. Использование стального шарика позволило устранить концентраторы напряжения, что дало более точный результат с наиболее хрупкими материалами.

Список литературы

1. Ушаков И.В. / Деформирование и разрушение металлического стекла, нанесенного на композиционное основание, в условиях локального нагружения инденторами различной геометрической формы // Вестник Тамбовского государственного университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2006. – Т. 11. – Вып. 2. – С. 163-167.
2. Ушаков И.В., Сафронов И.С. Патент № 2494039, С1 РФ, МКП G01N 3/42, B82Y 32/00. Способ определения коэффициента пластичности тонких плёнок из многокомпонентных аморфно-нанокристаллических металлических сплавов / № 2012116406/28; заявл. 24.04.2012; опубл. 27.09.2013.

Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИТАХ.

Тамбовский государственный технический университет

aspirs@yandex.ru, barshutina.marie@yandex.ru

В настоящее время полимерные нанокомпозиты благодаря их уникальным свойствам привлекают внимание многих ученых и специалистов. Содержание наночастиц в полимере может резко изменить механические, электрические и магнитные свойства исходных материалов. В связи с этим идентификация наночастиц и определение их концентрации играет важную роль в процессе получения полимерных композитов с заранее заданными свойствами.

Для контроля параметров полимерных нанокомпозитов разработан низкотемпературный туннельно-резонансный метод. Этот метод позволяет уменьшить влияние примесей и дефектов на результат измерения концентрации наночастиц в полимерных материалах, а также отличается высокой чувствительностью, простотой реализации и низкой стоимостью.

Данный метод реализуется на основе помещенных в низкотемпературную среду гетероструктур, содержащих слой исследуемого материала. При этом идентификация наночастиц и определение их концентрации осуществляется на основании измерения резонансного напряжения и резонансного тока в исследуемых и калибровочных ячейках.

Для реализации низкотемпературного резонансно-туннельного метода была разработана измерительная система, представленная на рис. 1. Эта система включает в себя измерительную / калибровочную ячейку 1, криостат 2, источник питания 3, амперметр 4, переменный резистор 5 и вольтметр 6.

Для реализации низкотемпературного резонансно-туннельного метода была разработана измерительная система, представленная на рис. 1. Эта система включает в себя измерительную / калибровочную ячейку 1, криостат 2, источник питания 3, амперметр 4, переменный резистор 5 и вольтметр 6.

Алгоритм измерения концентрации наночастиц в образце полимерного нанокомпозита разработанным методом включает в себя следующие этапы.

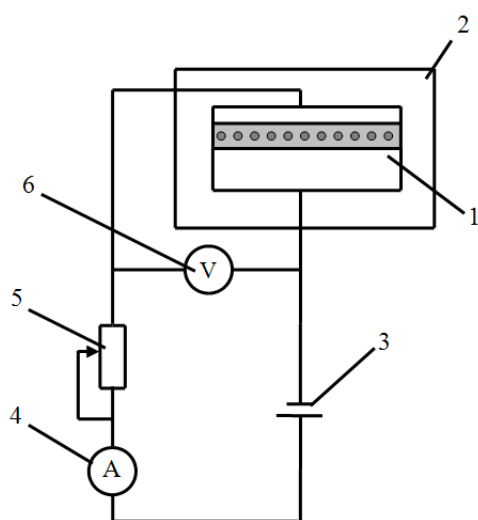


Рис. 1. Измерительная система для реализации метода

На первом этапе подготавливается измерительная ячейка с образцом исследуемого материала. Процесс подготовки включает в себя отбор пробы исследуемого материала; растворение его в соответствующем растворителе и осаждение раствора на проводящую подложку. Далее полученная двухслойная структура соединяется со второй подложкой из проводящего материала.

Полученная измерительная ячейка включается в измерительную схему и помещается в криостат, температура внутри которого поддерживается на уровне температуры жидкого азота (~ 77 K). После этого при помощи вольтметра и амперметра снимается вольт-амперная характеристика измерительной ячейки.

После этого идентификация наночастиц в измерительной ячейке осуществляется путем сравнения резонансного напряжения, найденного по вольтамперной характеристике, с квантовыми энергетическими уровнями известных наночастиц.

На следующем этапе изготавливается калибровочная ячейка, содержащая образец с известной концентрацией идентифицированных наночастиц. Технология изготовления калибровочной ячейки аналогична технологии изготовления измерительной ячейки. Калибровочная ячейка также включается в измерительную систему, описанную выше, а затем снимается ее вольтамперная характеристика.

На последнем этапе исследований на основании известной концентрации наночастиц C_0 в калибровочном образце, измеренных значений резонансных токов I_{R0} в калибровочной ячейке и резонансных токов I_{RX} в измерительной ячейке определяется средняя концентрация наночастиц C_X в исследуемом образце по формуле

$$C_X = C_0 \frac{I_{RX}}{I_{R0}}. \quad (1)$$

Экспериментальная проверка метода доказала высокую эффективность разработанного метода. При этом погрешность измерений не превысила 5%.

Список литературы

1. J.H. Davies, The physics of low-dimensional semiconductors: an introduction. - Cambridge University Press. – 1998.
2. Yoo, Hyungmo, Effect of Structural Parameters on Resonant Tunneling Diode Performance, Ph.D. thesis, Oregon State University, Corvallis. – 1991.

Ушаков А.В., Баршутина М.Н., Баршутин С.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ
ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР
Тамбовский государственный технический университет
aspirs@yandex.ru, barshutina.marie@yandex.ru

На сегодняшний день актуальной является проблема создания принципиально новой энергоэффективной элементной базы радиоэлектронных компонентов. Данную проблему мы предлагаем решать при помощи структур основанных на тонких пленках полимеров. На их базе можно создавать многослойные структуры, а введение в тонкий слой полимера наноразмерных материалов, дает возможность создавать структуры с резонансно-туннельным эффектом.

В качестве основы был выбран раствор полимера на основе фенолополивинилацетата с массовой долей сухого остатка 13 %. Для уменьшения толщины пленки полимера раствор разбавляли в соотношении 1 к 2 (C_2H_5OH). Полученный состав наносили на полированный торец цилиндра 1 в центрифуге при 2000 об/мин. В итоге образовалась пленка, которая приобрела фиолетово-синий оттенок. Контроль толщины пленки осуществляли на свидетеле с помощью МИИ-4 с когерентным источником света и цифровой обработкой изображения. В результате нанесения и сушки полимерной пленки толщина сформированного слоя порядка 90-100нм. Затем на торец цилиндра, с нанесенным слоем полимера, устанавливается второй идентичный цилиндр 2 с полированным торцом и помещается в криостат 3, охлаждаемый жидким азотом. Сформированная структура подключается в схему, включающую вольтметр 4, амперметр 5, резистор 6 сопротивлением 0,47 МОм и регулируемый блок питания 7 (рис.1).

Падение напряжения между цилиндрами поддерживалось на уровне 10 В. Регистрация тока велась в диапазоне изменения температур от $-196^{\circ}C$ до $27^{\circ}C$. В результате была получена следующая зависимость сопротивления образца от температуры.

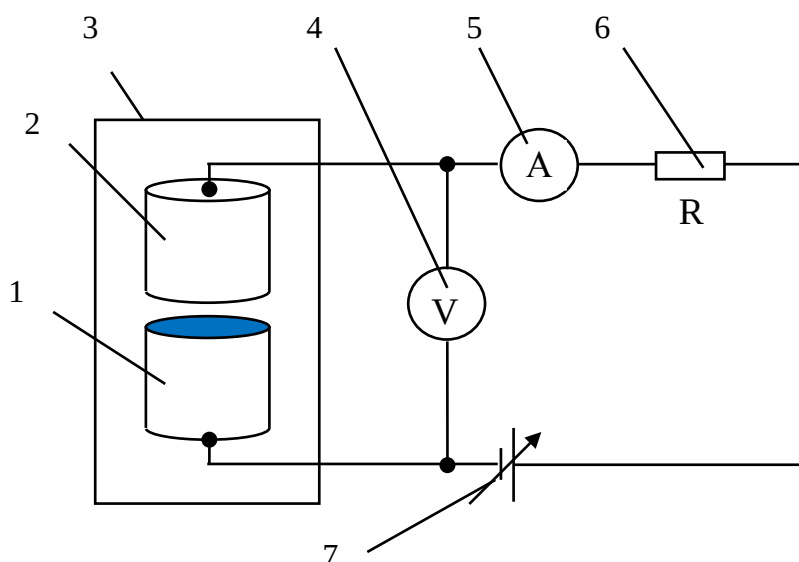


Рис. 1 Схема подключения структуры к измерительной цепи.

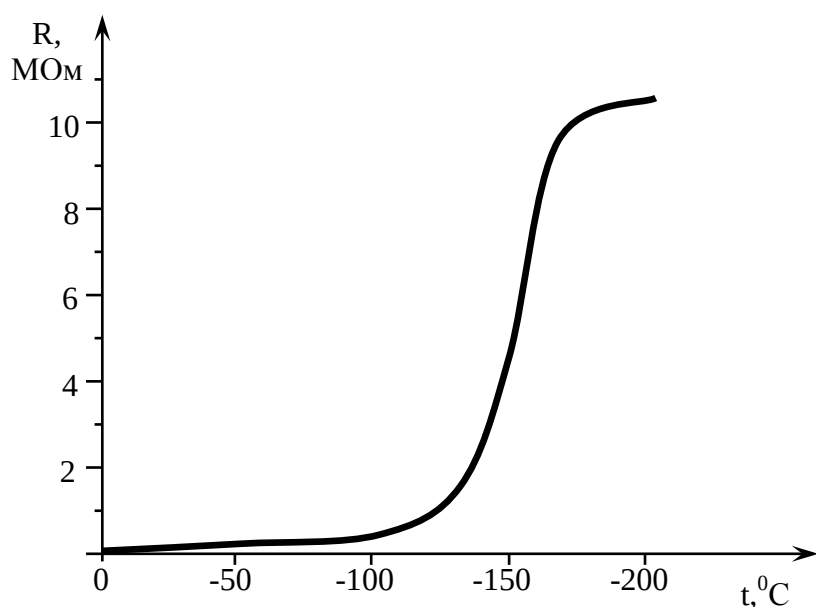


Рис.2 Зависимость сопротивления образца от температуры при падении напряжения в районе 10 В.

На данной зависимости так же явно прослеживаются области, где резко меняется механизм проводимости.

Результаты экспериментов показали, что тонкие полимерные пленки представляют большой интерес в развитии радиоэлектронных компонентов в связи с изменяющимися механизмами проводимости при различных температурах. Наши дальнейшие эксперименты будут связаны с изучением с механизмов проводимости при введение в слой тонкой пленки нанообъектов.

Федюнин П.А. Сафин А.М. Федюнин Д.П.
УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРО - И
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

(г. Воронеж)

fpa1@yandex.ru, safin_albert@mail.ru

Эффективность применения авиационного комплекса определяется его высокой надежностью и безопасностью работы, а это возможно в том случае, если каждая составляющая такой сложной организационно-технической системы будет работать надежно и безотказно.

Высокие требования предъявляются к качеству авиационных жидкостей, в том числе авиационного топлива на наличие посторонних фракций, например влаги и механических мелкодисперсных примесей различной физической природы, процентное содержание серы и удельной проводимости топлива. Особое внимание при этом должно уделяться безопасности контроля, а сам контроль должен быть оперативным и высокоточным. Анализ статистики авиационных катастроф по материалам зарубежной печати показывает, что значительный процент катастроф определяет отказ двигателей в целом и неполадки в масляной и топливной системах в частности.

Поэтому актуальной становится задача разработки высокоточных приборов аналитического экспресс-контроля параметров авиационных жидких сред.

Основным требованием, предъявляемым к первичным измерительным преобразователям (ПИП), особенно требованиям пожаро- взывобезопасности и возможности применения в технологическом процессе перекачки топлива, удовлетворяют ПИП на диэлектрических волноводах (ДВВ). Расширение метрологических возможностей ПИП на ДВВ как волноводов поверхностных волн позволяет их комплексирование в устройствах измерения электро- и теплофизических параметров с гофрированными и спиральными замедляющими структурами с управляемым коэффициентом замедления. На рис. 1 представлена обобщенная схема комбинированного преобразователя на ДВВ.

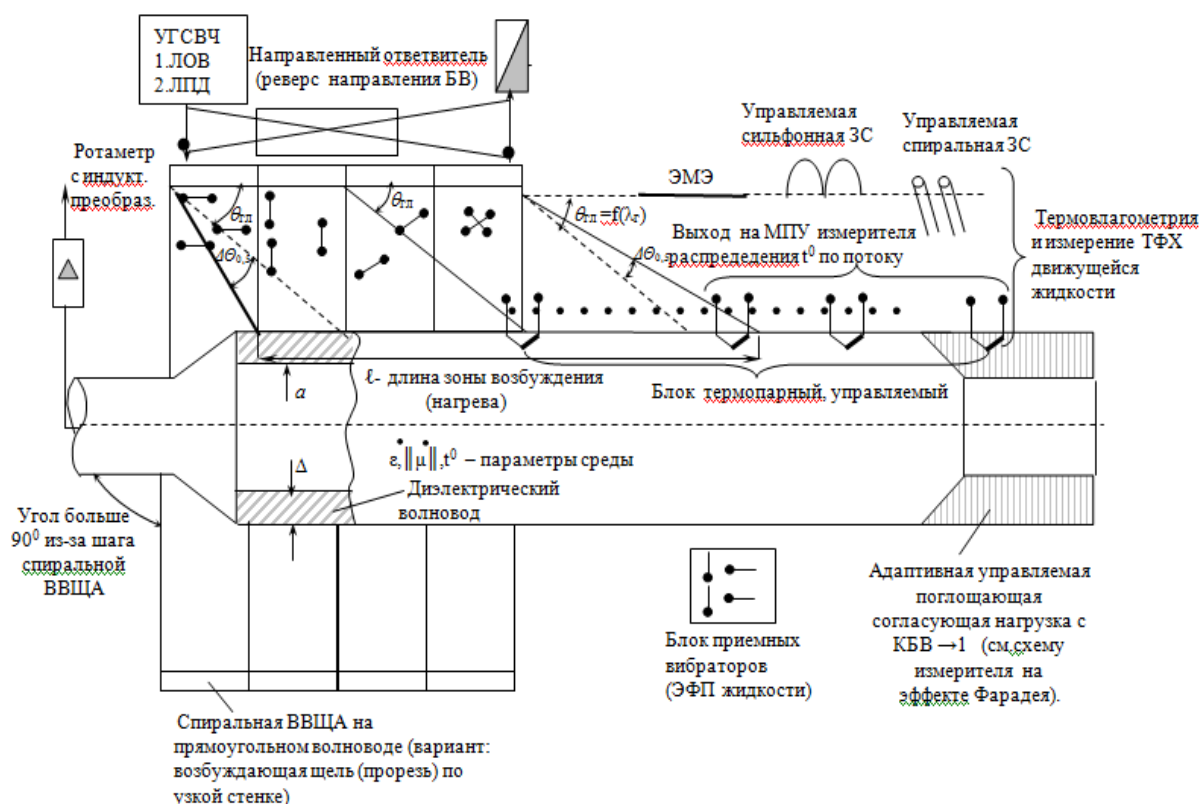


Рис.1 Обобщенная схема комбинированного преобразователя на ДВВ

Комплексирование позволяет совместно с управляемым возбудителем на волноводно-щелевой антенне (ВВЦА) повышать метрологические характеристики и возможности измерений путем разрешения задач:

1. задача оптимизации минимума быстрой волны – рассматриваются два режима работы ПИП: режим бегущих волн (БВ) и режим стоячих волн (СВ);
2. задача импульсного СВЧ – нагрева путем изменения положения диаграммы направленности (ДН) ВВЦА вплоть до пространственного сопровождения зоны нагрева со скоростью равной ламинарному течению нагреваемой жидкости, протекающей в диэлектрическом трубопроводе;
3. эффективная реализация алгоритмов перемещения зоны возбуждения (нагрева) в пространстве и во времени, реверса бегущей волны и качания луча ДН.

Чернышов Н.Г., Валуев А.А., Прозоров М.А.
ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГОЕМКИХ
ОБЪЕКТОВ

Тамбовский государственный технический университет

n-c-h@rambler.ru, avaluev91@mail.ru, onix.tmb@rambler.ru.

Решение задач энергосберегающего управления сложными энергоемкими объектами сопровождается некоторыми трудностями, которые представляются проблематичным без специальной системы диагностики.

Среди возможных проблем следует выделить вид функции энергосберегающего управления (ЭУ) динамическим режимом объекта, который зависит от большого числа факторов. К этим факторам прежде всего относятся вид и значения параметров модели динамики объекта, вид минимизируемого функционала (затраты энергии, расход топлива и др). Для большинства реальных объектов, динамика которых описывается дифференциальными уравнениями второго и третьего порядков, число различных функций ЭУ составляет несколько десятков. Вследствие большого числа разных видов функций ЭУ применительно к одной задаче управления возникает проблема оперативного определения вида функции для задаваемого массива исходных данных.

Также среди возможных проблем можно отметить то, что в процессе реализации рассчитанного ЭУ часто происходят непредвиденные изменения данных или условий задачи, связанных, например, с изменением модели динамики объекта, конечного значения вектора фазовых координат и т.п [1].

Вследствие этих и других проблем возникает необходимость оперативной диагностики состояния сложных энергоемких объектов, чтобы контроллер своевременно определил новый вид функции ЭУ и ее параметры.

В таких условиях диагностика должна производиться в жестко ограниченном временном интервале. Вместе с тем, получаемая функция должна иметь достаточную точность. Стоит отметить, что требования сокращения времени на диагностику и повышение точности являются противоречивыми. Для учета данного обстоятельства алгоритмы диагностики должны, во-первых, иметь высокую скорость оценки параметров объекта с использованием простых расчетных формул, во-вторых, обладать свойством предсказания

вида модели динамики объекта по небольшим участкам траекторий функции. Наиболее предпочтительны в вычислительном отношении алгоритмы оценки параметров, использующие конечные формулы и не содержащие поисковые процедуры [2].

В том случае, если качественный характер изменения выходной переменной не позволяет с достаточной точностью предсказать, какой вид имеет модель динамики объекта, необходимо на основе дополнительных замеров определять тенденцию изменения оценок показателей, характеризующих вид модели.

Система диагностики состояния объектов является неотъемлемой и одной из важнейших частей систем управления, без которой невозможно оптимальное управление сложными энергоемкими объектами.

Список литературы

1. Матвейкин В.Г., Муромцев Д.Ю. Теоретические основы энергосберегающего управления динамическими режимами установок производственно-технического назначения// Машиностроение. 2007. С. 24 – 26.
2. Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П., Муромцев Д.Ю. Идентификация моделей, учитывающих изменение состояний функционирования // Обработка сигналов и полей. 2000. № 3 . С. 45 - 48.

Чуриков А.А., Дивин А.Г., Бурмистров А.Г
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ
КОНТРОЛЛЕРОВ LOGO! В ВИРТУАЛЬНЫХ
РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО И
БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тамбовский государственный технический университет
kafedra@uks.tstu.ru

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) получили широкое применение для автоматизации технологического оборудования и процессов в промышленном производстве. Это связано с их преимуществами по сравнению с устройствами электроавтоматики, выполненными по принципу жесткой логики. В частности, ПЛК позволяют хранить в памяти несколько программ и использовать их по мере необходимости. Все контроллеры можно классифицировать по трем группам: моноблочные, модульные, PC-base. Контроллеры каждой группы имеют свои преимущества и недостатки. Наиболее простыми являются моноблочные контроллеры.

Ярким примером данной группы являются моноблочные ПЛК серии LOGO! фирмы Siemens. Они позволяют легко и удобно организовать дискретное управление различными технологическими процессами. Для программирования моноблочных контроллеров LOGO! удобно использовать компьютер, который также позволяет проверить правильность работы программы, вносить необходимые изменения в программу и наблюдать ее работу в динамике. Схемы дискретного управления реализуются с помощью стандартных средств языка программирования Functional Block Diagrams (язык функциональных блоков), входящего в стандарт IEC 61131-3. Предложен ряд заданий, нацеленных на получение навыков применения моноблочных контроллеров серии LOGO! в дискретных системах управления оборудованием при программировании контроллера, отладке управляющей программы и моделировании технологического процесса. Разработаны лабораторные указания к оригинальному [1] лабораторному стенду с целью наглядной демонстрации возможностей моноблочных контроллеров серии LOGO! как основных элементов различными систем автоматического контроля и управления параметрам простых и сложных промышленных и бытовых технологических процессов. Универсальные логические модули LOGO! (производства Siemens) [2] предназначены для замены традиционных схем управления, выполненных на основе реле, контакторов и подобных им устройств. Стоимость модулей весьма низкая. Мы исследовали возможность и разработали экспериментальные варианты автоматизированных систем, реализующих «виртуального домашнего робота», базирующегося на основе применения программируемого логического контроллера (LOGO! фирмы Siemens [2]) для целей домашней автоматизации и для создания системы «умный дом». Видимо, термин «умный дом» подразумевает некую комплексную систему устройств, повышающих комфорт, безопасность и рациональное использование ресурсов. Тогда в нем должны в том или ином объеме присутствовать несколько подсистем управления. Это охрана помещений, пожарная безопасность, сигнализация аварийных ситуаций с водой или электричеством. Не помешают системы управления отоплением, кондиционированием и вентиляцией. Традиционно необходимы системы управления освещением. А для досуга – управление мультимедийными устройствами. Также весьма востребованы: управление технологическим оборудованием (станками, насосами, вентилято-

рами, компрессорами, прессами и т.п.); управление системами отопления, вентиляции и кондиционирования; управление светофорами, шлагбаумами; управление конвейерными и подъемными системами; управление системами контроля доступа; управление любыми другими несложными системами автоматизации.

Список литературы

1. Красногивцев И.Л., Сенигов П.Н. Автоматика на основе программируемого контроллера. Руководство по выполнению базовых экспериментов. АПК.002 РБЭ ((29.1) – Челябинск:ИПЦ «Учебная техника», 2007. 111с.
2. Руководство по эксплуатации LOGO! A5E01248543-01. Программное обеспечение LOGO!Soft Comfort V7.0. 2011 г.

Яцинин Ю.В., Королев А.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДА В КВАНТОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПОЛЕВЫХ СТРУКТУРАХ

Тамбовский государственный технический университет

korolevanpal@yandex.ru

В современных технологиях, устройствах и приборах широко используются различные квантовые полупроводниковые системы. В частности в качестве чувствительных элементов приборов теплофизического контроля эффективными являются полевые структуры. Но электрофизические параметры полупроводниковых преобразователей рассматриваются без учета квантования энергии в областях переноса заряда.

В работе исследуется полевая полупроводниковая структура металл - диэлектрик – полупроводник. Известно, что в приповерхностной зоне полупроводника под металлическим электродом при подаче потенциала на затвор энергетические уровни искривляются, и дно зоны проводимости ограничивает треугольную потенциальную яму. В этой яме формируется заряд, который рассчитывается по следующей зависимости [1]:

$$Q_s = \left[-V_G + \left(V_D + \frac{2kT}{e} \ln \frac{Nd}{BT^{\frac{3}{2}} \exp(-E_G(0)/2kT)} \right) \right] \frac{\epsilon_0 \epsilon_{SiO_2}}{d}, \quad (1)$$

где Q_s - поверхностная плотность заряда в области канала; ϵ_0 - абсолютная диэлектрическая проницаемость; ϵ_{SiO_2} , ϵ_{Si} - относительные диэлектрические проницаемости оксида кремния и кремния

соответственно; ε_{si} - разность потенциалов между входом и выходом; ε_{sq_2} - длина канала; V_G - напряжение на управляющем электроде; V_D - напряжение на выходе; $B = 3.873 \cdot 10^{16}, K^{-3/2} \text{ см}^{-3}$; $E_G(0) = 1.21 \text{ эВ}$ - ширина запрещенной зоны при 0К; d - толщина подзатворного диэлектрика.

Используемые в приведенной зависимости параметры для повышения точности описания величины заряда, переносимого носителями в канале под затвором целесообразно связать с параметрами, описывающими наноструктуры на квантовом уровне. Для этого необходимо рассчитывать величину подзатворного заряда с учетом геометрии треугольной квантовой ямы и находящихся в ней разрешенных энергетических уровней.

Решив уравнение Шредингера для треугольной квантовой ямы и уравнение Пуассона с учетом вырождения по спину равным 2 параметры W (ширина потенциальной ямы) и E (значение разрешенного уровня) являются функцией напряжения на затворе:

$$V_G = \frac{4qdm^*}{\hbar^2 W} n_0 \left[E_F - \left(\frac{\hbar^2 \pi^2}{2m^* W^2} n^2 + 0,5qFW - 2,16 \cdot 10^{-2} \frac{(qF)^2 m^* W^4}{\hbar^2 \pi^2 n^2} \right) \frac{(n_0 + 1)(2n_0 + 1)}{6} \right], \quad (2)$$

где q – элементарный заряд, m^* – эффективная масса электрона, F – электрическое поле, n – концентрация электронов, $\hbar$ – квантовая постоянная планка, n_0 – целая часть выражения $\sqrt{\frac{E_F}{E_1}}$.

В результате величина заряда под затвором с учетом квантования в потенциальной яме описывается системой уравнений (1) и (2). Уравнение (2) вносит корректировку в описание сформированного в потенциальной яме под затвором заряда. Учет квантования более точно описывает электрофизические параметры полевых структур при контроле теплофизических характеристик.

Список литературы

1. Korolev A.P., Shelochvostov V.P., Chernyshov V.N. Solid State Primary Initial Transformer Design for Heat Values Measurement. Transactions of the Tambov State Technology University, 1999, v. 5, № 4, p. 536 – 542.

Научное издание

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Международной конференции с элементами научной школы

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

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

**Издательство ИП Чеснокова А.В.
392020, г. Тамбов, ул. О. Кошевого 14. Тел. (4752) 53-60-84.**

Подписано в печать 22.05.2014 г. Формат 60х84¹/16.
Объем – 22,0 усл. печ. л. Тираж 300 экз. Заказ № 210.