

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Новомосковский институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Первичная организация Российского химического общества
им. Д.И. Менделеева

Совет молодых ученых НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева

*Конференция посвящена 60-летию
Новомосковского института (филиала)
РХТУ им. Д.И. Менделеева*

XXI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Технические науки



Новомосковск, 2019

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 XXI научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов международной конференции. Технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2019. – 114 с.

Работа конференции проводилась в шести секциях, на которых обсуждались вопросы инженерной механики и материаловедения, кибернетики технологических процессов и технических систем, энергетики, химии и технологии неорганических веществ, органической химии и полимерных композиционных материалов, гуманитарных наук, экологии, экономики и управления.

Сборник содержит доклады и сообщения студентов, аспирантов и молодых ученых.

Текст репродуцирован с оригиналов авторов.

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Редакционная коллегия:

директор В.Л. Первухин - *председатель*
доцент, кандидат экономических наук А.В. Овчаров – *зам. председателя*
профессор, доктор химических наук Е.Н. Голубина – *отв. секретарь*

профессор, доктор философских наук Э.А. Бирюкова
профессор, доктор технических наук В.М. Логачева
доцент, кандидат химических наук В.И. Журавлев
доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова
доцент, кандидат технических наук Н.В. Маслова

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ, ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	10
<i>Пинчук Т.Н., Сорсов К.И., Клочков В.И., Бегова А.В.</i> Очистка природного газа от сернистых соединений.....	10
<i>Стынкарь И.В., Врагов И.С., Лобанов Н.Ф.</i> Определение конструктивных размеров фильтров водоподготовки.....	11
<i>Сорсов К.И., Савкина Н.Е., Бегова А.В.</i> Особенности ремонта сепараторов в химическом машиностроении.....	12
<i>Матюшин Д.С., Хамуд Г.А., Сафонов Б.П.</i> Профилирование примыкания к эллиптическому днищу ходовых перегородок многоходового по трубам кожухотрубчатого теплообменника.....	13
<i>Грядюшко Н.И., Врагов И.С., Каменский М.Н.</i> К вопросу разработки конструкции реактора с рубашкой и мешалкой.....	14
<i>Калугин И.А., Сафонов Б.П.</i> Усовершенствование блок-горелки на печах подогрева газа установки комплексной подготовки газа	15
<i>Лобанов А.В., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Определение механической прочности отложений дисперсных частиц.....	16
<i>Петров Р.Ю., Хамуд Г.А., Козлов А.М.</i> Модернизация центробежного насоса.....	17
<i>Кутепова А.Г., Петров Р.Ю., Каменский М.Н.</i> Особенности разработки конструкции колонны синтеза карбамида.....	17
<i>Зайцев А.А., Матюшин Д.С., Клочков В.И.</i> Организация участка централизованного ремонта насосного оборудования на месте его эксплуатации.....	18
<i>Лобанов А.В., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Защита стенок реактора от зарастания.....	19
<i>Краснолобов А.С., Подольский В.А., Резвов Ю.Г., Сивкова О.Д.</i> Исследование особенностей акустического поля упругой волны в анизотропной среде.....	20
<i>Дороховская К.С., Подколзин А.А.</i> Кинематическое исследование четырёхзвенного механизма секции крепи.....	21
<i>Глазков К.В., Лазарев А.Ю., Нифонтова Т.Ю.</i> Особенности применения графического редактора AUTOCAD в обучении бакалавров технических специальностей при создании 3D моделей.....	22

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ	24
<i>Колесников Е.Б., Кузьмин А.А.</i> Автоматизированный преобразовательный агрегат системы бесперебойного водоснабжения.....	24
<i>Колесников Е.Б., Филимонов К.М.</i> Измеритель частоты трехфазного синусоидального напряжения.....	25
<i>Колесников Е.Б., Романенко Н.А.</i> Широкополосный измерительный преобразователь переменного напряжения в постоянное.....	26
<i>Колесников Е.Б., Евтюхин И.О.</i> Измерительный преобразователь переменного напряжения в постоянное.....	27
<i>Белолипецкая В.О., Исаев А.С., Романенко Н.А.</i> Изменение задач оптимизации СЭС при использовании средств IT-сферы.	28
<i>Исаев А.С., Овсянников Д.С.</i> Моделирование работы высоковольтного двигателя.....	29
<i>Лагуткин О.Е., Муганов И.С.</i> Ценологическое определение параметров электропотребления.....	30
<i>Лагуткин О.Е., Сашко Л.А.</i> Прогнозирование электропотребления многономенклатурных производств.....	31
<i>Майорова Н.Д., Антипов А.С., Манелюк В.В.</i> Показатели технико-экономических моделей структуры систем.....	32
<i>Ермаков П.И., Ошурков М.Г., Чиркова Т.Ю.</i> Методика прогнозирования месячного профиля мощности.....	33
<i>Ошурков М.Г., Стихарев Д.В.</i> Анализ тенденций изменения плановых и отчетных часов пиковой нагрузки.....	34
<i>Стебунова Е.Д., Гнатюк В.И.</i> Влияние состава цеховых потребителей на выбор мощности трансформаторов.....	35
<i>Стебунова Е.Д., Майорова Н.Д., Зинченко Д.О.</i> Выбор кабелей цеховой сети при использовании индивидуальной компенсации.....	36
<i>Жилин Б.В., Манелюк В.В.</i> Модели прогнозирования потребления электроэнергии на основе электропотребления субъектов РФ.....	37
<i>Жилин Б.В., Антипов А.С.</i> Линейные и нелинейные способы получения моделей и выявления экспорта электрической энергии РФ.....	38
<i>Жилин Б.В., Ильин А.И., Ершов А.В.</i> Физическая модель изучения потерь АД при снижении качества напряжений.....	39

<i>Ребенков Е.С., Чиркова Т.Ю., Овсянников Д.С.</i> Разработка цифрового регулятора электропривода перемещения очистного комбайна.....	40
<i>Фокин Я.Р., Матвеев В.А.</i> Обратная индукция.....	40
<i>Бирюков К.Р., Кислицын Т.Е., Логачева В.М.</i> Эффект Холла как электромагнитный процесс в электроприборах.....	41
<i>Глазков К. В., Лазарев А. Ю., Логачева В.М.</i> Явление самоиндукции в проводниках для практического применения в энергетике.....	43
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Логачева В.М.</i> Использование электромагнитной индукции в трансформаторах.....	44
<i>Разоренов М.С., Лаптев А.С., Логачева В.М.</i> Актуальность открытия магнетизма для электроэнергетики.....	45
<i>Лаптев А.С., Разоренов М.С., Логачева В.М.</i> Алюминиевые и медные провода, как средство передачи электроэнергии.....	46
<i>Бирюков К.Р., Кислицын Т.Е., Логачева В.М.</i> Вихревые токи и их применение в электроснабжении промышленных предприятий.....	48
<i>Свиридов А.А., Леонов А.А., Логачева В.М.</i> Электрическое и магнитное поля, как физическая основа трансформаторов.....	50
<i>Свиридов А.А., Леонов А.А., Логачева В.М.</i> Применение трансформаторов в электроснабжении.....	51
<i>Врагов И.С., Логачева В.М.</i> Возможность применения явления сверхпроводимости в промышленности.....	52
<i>Врагов И.С., Логачева В.М.</i> Использование физического явления плазмы в промышленных приборах.....	53
<i>Попов А.А., Логачёва В.М.</i> Исследование возможности запуска малых спутников с помощью конверсионного ракетного носителя.....	54
<i>Леонов А.А., Свиридов А.А., Логачёва В. М.</i> Электрическая составляющая в строении электромобилей.....	55
<i>Леонов А.А., Свиридов А.А., Логачёва В.М.</i> Применение инверторов в энергетической промышленности.....	56
<i>Синякин Е.М., Макрушин В.В., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Слоевые топки, горение топлива в слое.....	57
<i>Синякин Е.М., Макрушин В.В., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Устройства для охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.....	58

<i>Штефан К.В., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Принцип работы термостатического клапана при балансировке двухтрубной системы отопления.....	59
<i>Штефан К.В., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Тепловой насос как альтернатива газовому и электрическому отоплению.....	60
<i>Жемчужнов М.А., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В.</i> Анализ технологии сбора и очистки конденсата нефтеперерабатывающего предприятия.....	61
<i>Шевцов А.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В.</i> Эксплуатация парового котла ДКВР-10/13 за пятилетний межпромывочный период и технологии химической очистки...	62
<i>Чепрасова В.В., Зайцев Н.А., Курило Н.А.</i> Сравнение электро-мембранных процессов в схемах получения обессоленной воды.....	63
<i>Мисюнас Д.А., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В.</i> Развитие реагентной составляющей методов химического обескислороживания питательной воды.....	64
<i>Данилов А.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А., Курило Н.А.</i> Методы увеличения коэффициента преобразования парокон- пресссионных тепловых насосов.....	65
<i>Шуляк В.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А., Курило Н.А.</i> Влияние поверхностного натяжения на структуру двухфаз- ного потока в проточной части турбин ТЭС.....	66
<i>Синякин Е.М., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А., Макрушин В.В.</i> Применение ультразвука при подготовке воды для системы ГВС.....	67
<i>Лазарев А.Ю., Горянский Д.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Оценка предельно допустимых скоростей газов в ребристых экономайзерах пылеугольных котлов.....	68
<i>Лазарев А.Ю., Маликова С.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Расчет максимального значения наибольшей глубины золово- го износа спирально-ребренных поверхностей нагрева.....	69
<i>Лазарев А.Ю., Штефан К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> О регулировании нагрузки систем теплоснабжения.....	71
<i>Шуляк В.А., Данилов А.А., Глазков К.В., Золотарева В.Е.</i> К вопросу сокращения тепловых потерь на объектах бюджетной сферы.....	73
<i>Шуляк В.А., Данилов А.А., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i>	

Определение тепловых потерь через ограждения зданий тепловизионным методом.....	74
СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	76
<i>Камынин В.А., Лопатин А.Г.</i> Обоснование применения робастной системы управления для реактора – полимеризатора.....	76
<i>Федин Н.А., Лопатин А.Г.</i> Анализ процесса растворной полимеризации метилметакрилата с целью синтеза системы управления.....	77
<i>Антонович В.Ю., Мелешкина В.А., Брыков Б.А.</i> Об особенностях синтеза робастного регулятора для систем управления химическими реакторами.....	78
<i>Бычков А.Д., Камынин В.А., Брыков Б.А.</i> Сравнительный анализ математических моделей синтеза полимеров, отличающихся гидродинамической структурой потока хладогента в рубашке.....	79
<i>Федин Н.А., Лопатина С.В.</i> Управление метрологическим обеспечением.....	80
<i>Беляев Ю.И., Мовенко К.Д., Поляков Н.С.</i> Компьютерный измеритель теплопроводности грунта «КИТТ-ГРУНТ».....	81
<i>Предместын В.Р., Мелешкина В.А.</i> Предотвращение интегрального насыщения в регуляторах.....	81
<i>Волков В.Ю., Поляков Н.С.</i> Влияние ограничений управляющих воздействий на процесс управления.....	82
<i>Волкова В.В., Волков В.Ю., Ланцов С.Р.</i> Повышение эффективности обработки документов MS Word с помощью макросов.....	83
<i>Волков В.Ю., Мухин А.А., Баранов И.С.</i> Выбор модели рассеяния загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха.....	84
<i>Волкова В.В., Волков В.Ю., Гиматдинов Р.Г.</i> Повышение эффективности работы динамического сайта с помощью дополнительных модулей.....	85
<i>Азима Ю.И., Сидельников С.И.</i> Вторая интегральная форма уравнения теплопроводности для процесса распространения тепла в пространстве.....	86

<i>Чкунин В.А., Корольков П.В., Соболев А.В.</i> Моделирование режимов работы колонны синтеза аммиака.....	87
<i>Мехтиев И.М., Корольков П.В., Соболев А.В.</i> Математическое моделирование колонны синтеза аммиака.....	88
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.</i> Перспективы применения IoT на промышленных предприятиях.....	90
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.</i> Преимущества и недостатки различных архитектур систем поддержки принятия решений (DSS).....	91
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.</i> Основные концепции и особенности архитектуры BRMS систем.....	92
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.</i> Задачи и основной функционал систем управления эффективностью предприятия.....	93
<i>Лисин В.М., Лаптева А.Г.</i> Проблемы практического применения высокопроизводительных серверов баз данных.....	94
<i>Лисин В.М., Филимонов С.М.</i> Использование web-технологий при построении информационных систем для малого бизнеса..	94
<i>Лисин В.М., Пивоварова Ю.В.</i> Анализ современных методов 3D моделирования жилых помещений.....	96
<i>Климанов А.К., Силин А.В., Силина И.В.</i> Реализация автоматизированной информационной системы составления расписания для ВУЗа.....	96
<i>Мусанна Бандар Тахер Ахмед, Силин А.В., Лисин В.М.</i> Разработка приложения для организации видеонаблюдения с помощью мобильных устройств в среде j2me.....	97
<i>Чернова Н.А., Силина И.В.</i> Разработка информационной системы обслуживания лифтов.....	98
<i>Камынин В.А., Ковальчук А.В., Санаева Г.Н., Моисеева И.Д.</i> О перспективах развития концепции «умного города».....	100
<i>Шеремет И.И., Комарькова С.А., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.</i> Об основных направлениях развития технологии блокчейн.....	101
<i>Комарькова С.А., Камынин В.А., Санаева Г.Н., Волкова В.В.</i> Об особенностях современных систем электронного документооборота.....	102
<i>Комарькова С.А., Стекольников М.А., Санаева Г.Н., Гринюк О.Н.</i> О защите предприятий малого бизнеса от киберугроз.....	103
<i>Распопов А.Н., Соболев А.В.</i> Анализ качества работы энерго-сберегающих САР.....	104

<i>Комягин Д.И., Соболев А.В.</i> Обобщенный критерий функционирования энергосберегающих САР.....	105
<i>Платонова О.Ю., Кислицын Т.Е.</i> Функции непрерывные на отрезке.....	106
<i>Платонова О.Ю., Глазков К.В.</i> О равномерной непрерывности функций.....	107
<i>Платонова О.Ю., Лазарев А.Ю.</i> Бесконечная производная.....	108
<i>Платонова О.Ю., Демин В.В.</i> Применение дифференциалов при оценке погрешностей.....	109
<i>Платонова О.Ю., Логачев Д. А.</i> Применение эквивалентностей при вычислении пределов функций.....	110
<i>Есин Н.И., Владимирова И.Н.</i> Метод частотного криптоанализа...	111
<i>Минаева Э.Р., Владимирова И.Н.</i> Теоремы Чебы и Менелая.....	112

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

УДК 66-5

Пинчук Т.Н., Сорсов К.И., Клочков В.И., Бегова А.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОЧИСТКА ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Очистке от соединений серы подвергаются такие горючие газы как коксовый, генераторный, природный и другие. Содержание серы в промышленных газах колеблется в довольно широких пределах от $2 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^{-2}$ кг/м³ и зависит от качества сырья и способа получения газа.

Присутствующие в технологических газах серосодержащие соединения считаются вредными примесями, вызывающими коррозию трубопроводов и аппаратуры, отравление катализаторов, ухудшение состояния атмосферы. Поэтому очистку газа от серы необходимо производить на самой ранней стадии его переработки.

В зависимости от требуемой степени очистки газа различают грубую очистку ($1 \cdot 10^{-3}$ кг/м³), среднюю очистку ($20 \cdot 10^{-5}$ кг/м³) и тонкую очистку ($1 \cdot 10^{-6}$ кг/м³). Тонкая очистка главным образом достигается только в результате многоступенчатого процесса.

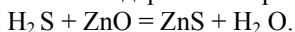
Выбор способа очистки природного газа зависит от его состава, объёма газа и требованиям к степени очистки. Природный газ, используемый для производства аммиака, поступает с содержанием до 35 ± 80 мг/Нм³ в пересчете на серу. Предлагаются очистку природного газа от серосоединений проводить в две ступени:

первая ступень – гидрирование органических соединений серы в сероводород;

вторая ступень – поглощение сероводорода и других органических примесей твердым поглотителем.

В аппарате гидрирования осуществляется процесс перехода, содержащихся в газе серосоединений, в сероводород и углеводороды на алюмокобальтмолибденовом катализаторе при температуре 400°C и объемной скорости 2000 ч^{-1} . При процессе гидрирования проходящие на катализаторе реакции необратимы и достигается полное гидрирование.

Для поглощения сероводорода после процесса гидрирования на второй ступени очистки проводится процесс адсорбции сероводорода на поглотителе на основе цинка при $350\text{-}400^{\circ}\text{C}$ и объемной скорости $700 \pm 1500 \text{ ч}^{-1}$ в зависимости от содержания серы по реакции:



Для осуществления процесса используются промышленные адсорберы кольцевого типа, загруженные поглотителем на основе окиси цинка с добавкой окиси меди (ГИАП – 10 или ГИАП -10-2). Устанавливается, как правило, последовательно два аппарата. Реакция поглощения сероводорода на катализаторе (адсорбенте) необратима. При насыщении поглотителя серой до 16 ± 28 % об. от его общего веса поглотитель заменяется на свежий. Предусмотрена замена поглотителя в аппаратах без остановки всего агрегата. После процесса очистки природный газ содержит серы менее $0.5 \text{ м}^2/\text{Нм}^3$. Особенностью процесса является то, что применяемый катализатор (адсорбент) связывает серу как катализатор в соединение с цинком и тут же поглощает полученное соединение как адсорбент.

УДК 66.02

Стынькарь И.В., Врагов И.С., Лобанов Н.Ф.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗМЕРОВ ФИЛЬТРОВ ВОДОПОДГОТОВКИ

Из цепочки аппаратов водоочистки специфичными являются ионообменные фильтры, снижающие жесткость воды. Фильтр, предназначенный для удаления кальция, магния и железа, представляет из себя цилиндрическую емкость, заполненную ионообменной смолой, с системой равномерного распределения воды по сечению аппарата

Для корпусов ионообменных аппаратов используются цилиндрические емкости с условным диаметром 700, 1000, 1500, 2000, 2600, 3000 и 3400 мм. При расчетной скорости фильтрации 25 м/час и средне жесткости исходной воды порядка 10 мг.эquiv/м³ указанные габариты фильтров позволяют планировать обессоливание от 10-15 до $200 \pm 25 \text{ м}^3/\text{час}$ на один аппарат. Наиболее часто используется параллельно подключенные фильтры диаметром 2-2,6 м, выполненные из углеродистой стали с противокоррозионной защитой внутренней поверхности. Выбранные габариты корпуса фильтра позволяют организовать погрузку-выгрузку ионообменной смолы и гуммирование корпуса изнутри.

Для обеспечения периодичности регенерации смолы не чаще 3 раз в сутки последняя загружается слоем высотой порядка 2 м. При скорости фильтрации раствора через мелкодисперсный катионит порядка 0,01 м/сек подачу жидкости через входной штуцер ведут со скоростями от 1 до 3 м/сек. Заявленный диапазон скоростей реализуется при закачке жидкости через штуцера с внутренним диаметром от 180 до 60 мм соответственно.

Важнейшей задачей является равномерное распределение жидкости по сечению цилиндра. Для этого проектируется трубчатый коллектор с лучевой, кольцевой или прямоугольной симметрией. При конструировании коллектора любой формы диаметр отверстий для слива среды и шаг их размещения выбирается из условия обязательного обеспечения «подпора».

Это условие соответствует превышению площади свободного сечения входного штуцера над общей площадью всех (n) сливных отверстий диаметром (d_0). Из комплекса соображений, обычно, принимают $d_0=5$ мм. При внутреннем диаметре штуцера около 180 мм это условие выполняется при количестве отверстий не более $n=1272$.

УДК 66-9

Сорсов К.И., Савкина Н.Е., Бегова А.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА СЕПАРАТОРОВ В ХИМИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Сепарация – это различные процессы разделения смешанных объёмов разнородных частиц, смесей, жидкостей разной плотности, эмульсий, твёрдых материалов, взвесей, твёрдых частиц или капелек в газе.

Рассмотрены виды сепараторов, классифицированные по следующим признакам: по технологическому назначению; по конструкции барабана; по способу выгрузки осадка (шлама); по принципу и характеру выгрузки осадка; по конструкции устройства для выгрузки осадка; по способу подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования; по области применения (отрасль промышленности); по виду привода.

Ремонт – это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности оборудования. Использование передовых приемов работы и различных приспособлений, а также четкая организация ремонтных работ сокращает простой оборудования в ремонте.

Основанием для останова и передачи оборудования в ремонт является график планово-предупредительного ремонта. Система ППР предполагает проведение профилактических мероприятий по техническому обслуживанию и плановому ремонту оборудования через определенное число часов его работы.

Основными ремонтируемыми деталями сепараторов являются: корпус, днища, фланцы, сетка. Для них характерными являются дефекты – уменьшение толщины стенки, трещины, вмятины, прогары. Устранение дефектов возможно следующими способами: сварка тре-

щин, правка или замена, на местах прогара устанавливают заплатки, а при достижении толщины меньше допустимой – замена.

Рассматриваемый сепаратор предназначен для отделения жидкого метанола от циркуляционного газа. Сепаратор представляет собой стальной сварной вертикальный аппарат, состоящий из цилиндрической сварной обечайки и двух приварных эллиптических днищ. Корпус сепаратора оборудован штуцерами, соответствующими своему технологическому назначению, а также подогревателю в нижней части. Внутренний объем аппарата – 16 м³. Øвнутр.= 2000 мм. Высота = 5600 мм.

УДК 66.02

Матюшин Д.С., Хамуд Г.А., Сафонов Б.П.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ПРИМЫКАНИЯ К ЭЛЛИПТИЧЕСКОМУ ДНИЩУ ХОДОВЫХ ПЕРЕГОРОДОК МНОГОХОДОВОГО ПО ТРУБАМ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Эллиптические штампованные днища являются самыми применяемыми в химическом аппаратостроении. В ГОСТе 6533-88 представлены отбортованные эллиптические стальные днища с внутренним диаметром $D_B=400...4000$ мм и толщиной стенки $s=4...60$ мм. Отбортованное эллиптическое днище состоит из цилиндрической (борт) и выпуклой частей. Выпуклая часть днища представляет собой эллипсоид вращения, у которого две полуоси, лежащие в плоскости, перпендикулярной оси аппарата, равны $0,5D_B$, а третья – равна внутренней высоте выпуклой части h_B днища. Стандартные днища имеют $h_B=0,25D_B$.

В многоходовых по трубам кожухотрубчатых теплообменниках (КТТ) линия примыкания ходовой перегородки к внутренней поверхности выпуклой части днища представляет собой кривую второго порядка – эллипс. Уравнение эллипса примыкания может быть получено решением системы, уравнений состоящей из уравнения эллипсоида в соответствующих осях (XOZ или YOZ) и уравнения секущей плоскости. Продольные перегородки параллельны плоскости XOZ, поперечные – YOZ. В работе рассматривается пример определения уравнений эллипсов примыкания для КТТ следующих параметров ГОСТ 15118-79: кожух $D_B=1400$ мм; теплообменные трубы $d_H=25$ мм; число ходов по трубам $z=6$. Данный КТТ имеет 4-е ходовые перегородки в трубном пространстве: три продольные (№1, №2, №3) и одну поперечную – №4).

Перег.	Координата, м	Аргумент, м	z, м
№1	$y=0$	$0,7 \geq x \geq -0,7$	$z = \pm\sqrt{0,1225 - 0,25 \cdot x^2}$
№2, 3	$y=\pm 0,305$	$0,63 \geq x \geq -0,63$	$z = \pm\sqrt{0,099225 - 0,25 \cdot x^2}$
№4	$x=0$	$0,305 \geq y \geq -0,305$	$z = \pm\sqrt{0,1225 - 0,25 \cdot y^2}$

При проектировании КТТ произвольных параметров предварительно необходимо определить координату размещения перегородки («у» для продольных перегородок и «х» – для поперечных). Определение координат перегородок может быть выполнено на основе методики камеральной разметки трубных решёток КТТ, представленной в работе [1].

Литература

1. Сафонов Б.П. Камеральная разметка заготовок трубных решёток теплообменников жёсткого типа. Вестник МАСИ. Информатика, Экология, Экономика. Т.18, часть 1, М.: МАСИ, 2016, с. 93-98.

УДК 66-5

Грядюшко Н.И., Врагов И.С., Каменский М.Н.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРА С РУБАШКОЙ И МЕШАЛКОЙ

Зачастую в химической промышленности возникает необходимость в смешивании двух или нескольких жидкостей, в сохранении определенного технологического состояния эмульсий и суспензий, в растворении или равномерном распределении твердых продуктов в жидкости. Данные процессы могут осуществляться в реакторах с перемешивающими устройствами, которые являются самыми распространенными в химической промышленности.

Перемешивание в реакторах бывает: механическим, когда оно производится перемешивающими устройствами, которые состоят из одной или несколько пар лопастей, закрепленных на валу, вращающимся при помощи электродвигателя; пневматическим – при помощи вдувания воздуха, пара, газов, в зону реакции; циркуляционным – данный процесс реализуется при помощи центробежного или струйного насоса, который выступает в качестве локального турбулизатора.

В разрабатываемой конструкции реактора используется механическое шестилопастное перемешивающее устройство, которое может обеспечивать перемешивание взаиморастворимых жидкостей, получение взвеси в жидкости твердых частиц, взмучивания осадка (легкого), обеспечение малой скорости растворения кристаллических веществ, оптимизации температурного режима жидкости. В реакторе периодического действия

все реагенты загружают до начала реакции, а смесь продуктов отводят по окончании процесса.

При проектировании проводился анализ данных на основе базовых применений данного вида технологического оборудования, технологический расчет основных параметров аппарата и мешалки, а также расчет на прочность основных элементов реактора.

По результатам разработки конструкции были получены чертежи реактора с рубашкой и мешалкой, позволяющие изготовить данный аппарат для заданных технологических параметров производства.

УДК 62-9

Калугин И.А.¹, Сафонов Б.П.²

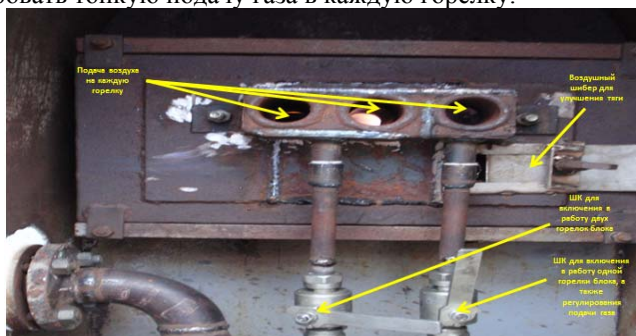
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЛОК-ГОРЕЛКИ НА ПЕЧАХ ПОДОГРЕВА ГАЗА УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

(ООО «Газпром добыча Ямбург»,

²Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

На печах подогрева газа установки комплексной подготовки газа установлены диффузионные блок-горелки устаревшей конструкции, которые практически не позволяют добиться требуемого соотношения воздух-газ и полного сгорания газо-воздушной смеси в связи с отсутствием возможности регулирования подачи газа.

Мы предлагаем усовершенствовать конструкцию блок-горелки. В отличие от существующей конструкции, в предлагаемой модели - регулировка соотношения более тонкая, так как подача воздуха практически величина постоянная, а вот подачу газа в блок-горелку можно осуществлять секционно - включая, по мере необходимости одну горелку, две горелки или три горелки. Также шаровыми кранами можно регулировать тонкую подачу газа в каждую горелку.



Данное усовершенствование конструкции диффузионной горелки позволит производить тонкое регулирование соотношения воздух-газ

для обеспечения полного сгорания газо-воздушной смеси, что соответственно исключит образование сажи и водяного конденсата в печах подогрева газа собственных нужд.

УДК 66.08:533.99

Лобанов А.В., Зимин А.И., Суменков А.Л.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ
ОТЛОЖЕНИЙ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ**

Для успешной борьбы с «зарастанием» реакционного канала высокотемпературного реактора отложениями конденсированного продукта необходимо знание их механических свойств. Влияние на эти свойства температуры, действие которой неизбежно внутри реактора, практически не изучено.

Разработана методика определения механических свойств дисперсных порошков в интервале температур 293-900 К. Для анализа аутогезионной прочности и предельного сопротивления сдвигу порошкообразных материалов в указанном диапазоне температур были изготовлены специальные установки, снабжённые электронагревателями мощностью до 10 кВт. Аутогезионную прочность измеряли отрывом пластин с укрепленным на связке слоем порошка. Усилие отрыва измерялось тензовесами. Для сдвиговых испытаний известную ячейку Дженике [1] помещали в электронагреватель. Сдвиг осуществлялся через систему рычагов. Усилие сдвига фиксировалось тензометрическим чувствительным элементом.

Установлено, что механическая прочность дисперсных порошков растёт с увеличением температуры и уменьшением размера частиц. Линии пределов текучести сыпучих тел [1, 2] с ростом температуры перемещаются вверх по оси ординат, не меняя своего вида.

Известная зависимость предельного сопротивления сдвигу τ от нормального напряжения σ_n [2] для нагретого сыпучего тела непригодна и должна быть дополнена температурным коэффициентом K_T .

Предлагаемая методика позволяет получить данные о механической прочности порошковых отложений на внутренних стенках высокотемпературных реакторов, необходимые для расчета очищающих устройств.

Литература

1. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. – М.: Химия, 1982. – 256 с.
2. Зимон А.Д., Андрианов Е.И. Аутогезия сыпучих материалов. – М.: Металлургия, 1978. – 288 с.

УДК 62.75

Петров Р.Ю., Хамуд Г.А., Козлов А.М.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Центробежные насосы широко используются в химической промышленности, их межремонтный период составляет от нескольких месяцев до 2 лет.

Целью модернизации является увеличение межремонтного периода свыше 3 лет.

Подшипниковые узлы подвергаются интенсивному износу. Торцовое уплотнение, установленное на деформированном участке вала, в условиях вибрации, высокой температуры и давления надежно работать не может независимо от его производителя

Суть модернизации заключается в том, что вместо штатного силового узла насоса с подшипниками качения предлагается установить блок подшипниковый уплотнительный (БПУ), разработанный в НПЦ «АНОД». БПУ объединяет в едином корпусе два одинарных торцовых уплотнения - контурное и атмосферное, между которыми установлены радиальные и осевой подшипники скольжения. В отличие от подшипников качения, подшипники скольжения обладают более высокой несущей способностью. Подшипники скольжения способны демпфировать колебания ротора в широком спектре частот и обеспечивают лучшие вибрационные характеристики. За счет замены штатного опорного узла консольного насоса на БПУ может быть снижен уровень вибрации. Кроме того, в БПУ торцовое уплотнение стоит в непосредственной близости к радиальному подшипнику скольжения, поэтому деформация вала в районе его установки практически исключена.

В качестве пар трения подшипников скольжения, производства НПЦ «АНОД», используются самые износостойкие материалы - карбид кремния по карбиду кремния. Карбидокремниевые подшипники скольжения работоспособны в любой жидкости, включая воду и при удельных нагрузках $5 \dots 10 \text{ кг/см}^2$ практически не имеют износа.

УДК 66-5

Кутепова А.Г., Петров Р.Ю., Каменский М.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИИ
КОЛОННЫ СИНТЕЗА КАРБАМИДА**

Колонна представляет собой сосуд высокого давления, в котором происходит процесс синтеза карбамида. Реакцию в данном аппарате можно считать основной в технологии получения продукта.

Карбамид синтезируется благодаря реакции между двуокисью углерода и аммиака с углеаммонийными солями при условии поддержания температуры 183-189 °С и давления 14÷16 МПа в зоне реакции в течение 45 минут. Результатом превращения является плав, в состав которого входит исходный продукт и карбамат.

Аппарат является частью технологии, принцип работы которой называют жидкостным рециклом. Он заключается в возвращении в систему продуктов реакции в виде раствора углеаммонийных солей и сжиженного аммиака, получаемых вследствие разложения карбамата, с добавлением исходных элементов.

Корпус колонны представляет собой рулонированный сосуд высокого давления внешним диаметром 2521 мм и высотой 41810 мм из стали 09Г2С, снабженный контрольными отверстиями. Футеровка имеет толщину 5 мм и выполнена из стали 10Х17Н16МЗТ. Контрольные отверстия помогают определять появление течей среды в момент их выхода из реакционной камеры в образующееся пространство между корпусом и футеровкой. Выполнение корпуса из рулонированных элементов позволяет повысить коэффициент использования металла и понизить трудоемкость последующей механической обработки. Так же в колонне используются колпачковые тарелки.

Наружный и внутренний осмотры колонны синтеза проводится раз в 4 года, гидравлическое испытание – раз в 8 лет. В условиях производства карбамида наиболее вероятна коррозия футеровки, что требует повышенного внимания, а, следовательно, частой проверки ее целостности. Перед ремонтом проводят осмотр элементов, наиболее подверженных разрушению или износу. Сварные соединения проверяют методами неразрушающего контроля. При работе с колонной синтеза карбамида требуется строгое соблюдение правил техники безопасности в связи с использованием в производстве токсичных реагентов. Так, особую опасность в цехе, где располагается аппарат, представляет аммиак, который способен вызывать ожоги кожи и легких, и в газообразном состоянии он является горючим газом.

УДК 66-5

Зайцев А.А., Матюшин Д.С., Клочков В.И.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**ОРГАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО
РЕМОНТА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА МЕСТЕ
ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Насосное оборудование принадлежит к одному из основных видов химического оборудования, надежная работа которого обеспечивает бесперебойность технологического процесса. На современных химических производствах используется специальное насосное оборудова-

ние, перекачивающее жидкие среды с различными физико-химическими свойствами при различных температурах – кислоты, щёлочи с широким диапазоном концентраций, органические продукты, сжиженные газы и пр. Перекачиваемые жидкости характеризуются различными показателями такими, как температура кристаллизации, взрывоопасность, токсичность, склонность к полимеризации и налипания, содержание растворённых газов и т. д.

К насосному оборудованию предъявляют ряд требований, основными из которых являются: высокая долговечность, надёжность работы всех узлов и деталей, коррозионная стойкость, герметичность соединений, простота и удобство обслуживания, минимальная трудоёмкость ремонтных работ, безопасность.

В настоящее время почти всё насосное оборудование ремонтируется потребителями. Они же изготавливают почти весь объём запасных частей, включая такие сложные узлы и детали, как рабочие колеса, торцевые уплотнения. Поэтому эксплуатационная надёжность насосов в значительной степени зависит от квалификации ремонтного персонала эксплуатационников и качества проводимых ремонтных работ. Анализ причин отказов насосного оборудования показывает, что значительное их число происходит в вследствие неудовлетворительного обслуживания, отсутствия контроля качества ремонта, изготовления и сборки.

Предлагается организовать специализированный участок по ремонту насосного оборудования непосредственно на территории химического предприятия. К работе на участке будут привлечены квалифицированные специалисты, универсальное и специальное оборудование, станды, притирочные станки, остнастка для ремонта и испытания торцевых уплотнений, статической и динамической балансировки роторов и других деталей вращения, лазерной центровки динамического оборудования.

Процесс ремонта насоса будет осуществляться в следующей последовательности: разборка насоса на сборочные единицы и детали; очистка, мойка и сушка сборочных единиц и деталей; восстановление изношенных или замена дефектных сборочных единиц или деталей; сборка насоса; контроль качества ремонта и испытание на прочность, плотность, герметичность.

УДК 661.882.222:620.193/197

Лобанов А.В., Зимин А.И., Суменков А.Л.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ЗАЩИТА СТЕНОК РЕАКТОРА ОТ ЗАРАСТАНИЯ

Получение мелкодисперсных конденсированных продуктов в высокотемпературных реакторах сопровождается образованием порош-

ковых отложений на внутренних охлаждаемых стенках реактора. В некоторых процессах, в частности, при высокотемпературном получении диоксида титана из тетрахлорида неконтролируемое зарастание реакционного объема отложениями конденсированного продукта является лимитирующей стадией процесса в целом.

Создание оптимальной конструкции реактора с эффективной защитой внутренней полости от зарастания невозможно из-за отсутствия соответствующих данных по динамике роста и прочностным свойствам отложений.

Экспериментальные исследования проводились на опытно – промышленной установке получения диоксида титана из тетрахлорида титана.

Практически задача борьбы с зарастанием реактора решается с помощью водоохлаждаемых механических органов очистки ножевого типа, ненадежных и неудобных в эксплуатации.

В качестве защитного воздействия, предотвращающего осаждение конденсированной фазы в горячей зоне, использовалась настильная газовая завеса с одновременным варьированием температуры рабочей поверхности стенки.

Зонд, моделирующий стенку реактора с газовой защитой, состоял из двух металлических коаксиальных трубок. Внутренняя трубка выступала из наружной на 15 см и охлаждалась через стенку. Температура стенки контролировалась термопарой, зачеканенной на глубину 0,5 мм от горячей поверхности.

Зонд устанавливался в реактор радиально. Между трубками подавался газовый поток, моделирующий защитный обдув.

В результате опытов установлена зависимость эффективной скорости защитного обдува от температуры.

На основании полученных данных сконструирован элемент цилиндрического реактора с газодинамической защитой стенки. Защитный газ предохраняет стенку реактора не только от образования отложений, но и от контакта с высокоэнтальпийным агрессивным потоком, содержащим кислород и хлор.

УДК 534.23

Краснолюбов А.С., Подольский В.А., Резвов Ю.Г., Сивкова О.Д.

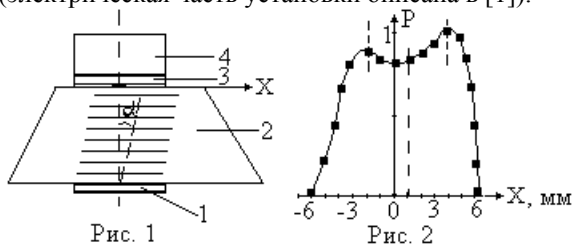
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ УПРУГОЙ ВОЛНЫ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

При разработке акустоэлектронных устройств на кристаллических подложках необходимо детально знать структуру, создаваемых в них

акустических полей (АП). Расчет АП не учитывает ряд факторов, возникающих при изготовлении акустической ячейки. Поэтому актуальным является экспериментальное исследование АП. В настоящей работе разработана методика измерения АП на свободной границе кристалла, позволяющая исследовать некоторые особенности этих полей.

Схема механической части установки для измерения АП в кристалле представлена на рис.1. Акустический сигнал, излучаемый пьезопреобразователем 1, принимается на противоположной грани кристалла 2 зондом. Зонд представляет собой приклеенную к держателю 4 пьезопластину 3, одна сторона которой полностью металлизирована, а на другую (контактирующую с кристаллом) напылена узкая металлическая полоска. Амплитуда принятого зондом сигнала измеряется осциллографом (электрическая часть установки описана в [1]).



С помощью этого метода было снято АП преобразователя размером 12x12мм и частотой 5МГц в кристалле кварца. На рис.2 представлена экспериментальная зависимость звукового давления P (в относительных единицах) от координаты X . Асимметрия АП относительно центра преобразователя ($X=0$) обусловлена сносом волны в кристалле и неоднородностью склейки между преобразователем и кристаллом. Экспериментально найден угол сноса волны $\alpha=11^\circ$ (рис. 1).

Литература

1. Сивкова О.Д. Волны рэлеевского типа на границе раздела твердое тело-неоднородный слой. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. М.: 1999, с.50-52.

УДК 622.285.4

Дороховская К.С., Подколзин А.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.М.Менделеева)

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЁХЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА СЕКЦИИ КРЕПИ

При подземной добыче угля широкое распространение получили очистные комплексы, составной частью которых являются гидрофицированные механизированные крепи, выполненные из отдельных

секций. Секции крепи располагаются по всей длине очистного забоя, они активно поддерживают породы кровли в рабочем призабойном пространстве очистного забоя и управляют горным давлением.

Анализ конструкций секций показывает, что в большинстве случаев они симметричны относительно продольной оси, имеют параллельные оси вращательных пар и одинаковость размеров звеньев сдвоенного четырёхзвенного механизма соединения ограждения с основанием. Указанные признаки позволяют решать задачи анализа и синтеза конструкций секций крепи на основе плоской расчётной модели [1, 2].

Поскольку траектория движения перекрытия секции определяется величиной раздвижности и положением гидростоек в крепи, а также конструктивными параметрами четырёхзвенника и ограждения, то координаты всех звеньев секции целесообразно выразить в функции положения ведущего звена: угла поворота звена четырёхзвенника.

Математическая формулировка задачи имеет вид: $\Delta b(m) \Rightarrow \min, m \in D_m$, здесь $\Delta b(m)$ – целевая функция: отклонение траектории движения шарнира ограждения от прямолинейности; $m(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – n -мерный вектор конструктивных параметров кинематической схемы секции; D_m – допустимая область решений.

Была разработана и исследована математическая модель траектории движения секции крепи при изменении длины каждого звена четырёхзвенника в пределах $\pm 5 \dots 10\%$.

Литература

- 1 Гуляев К.В., Алгоритм исследования кинематики щитовых крепей и изменчивости их рабочего сопротивления \ Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: гірничо-електромеханічна. Випуск 83 - Донецьк, ДонНТУ, 2004.
2. Князев А.С., Дворников Л.Т. К вопросу о кинематическом исследовании шахтных механизированных крепей // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. № 8. – С. 149-150;

УДК 515.18

Глазков К.В., Лазарев А.Ю., Нифонтова Т.Ю.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.М.Менделеева)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА AUTOCAD В ОБУЧЕНИИ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ 3D МОДЕЛЕЙ

AutoCAD – двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. AutoCAD

и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности. Программа выпускается на 18 языках.

Так, проект для архитекторов AutoCAD Architecture позволяет автоматизированно генерировать разрезы и фасады из плана, размещать окна и двери в стенах, наносить марки помещений, указывать площадь и т.д.

Проект для проектировщиков электросхем AutoCAD Electrical позволяет автоматизировать нумерацию проводов, делать навигацию по устройствам. Он также содержит обширные библиотеки готовых компонентов от всех известных производителей, которые постоянно обновляются.

Вариантов программного продукта существует много, вплоть до создания решения для каждого конкретного предприятия. Кроме того, каждая версия программы содержит встроенную типовую документацию, что значительно облегчает подготовку пакета документов. Все документы подлежат внесению изменений вручную, если в этом будет необходимость.

AutoCad поддерживает три способа построения трехмерных объектов: твердотельные, каркасные и поверхностные. Каждый из них обладает своими особенностями (рис. 1). Для каждого типа моделей существует своя палитра команд рисования и редактирования.

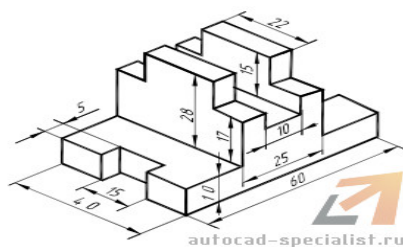


Рис. 1. Пример 3D чертежа в AUTOCAD

Поскольку существует несколько видов моделирования и редактирования, то не стоит их смешивать. Рационально использовать какой-то один способ, как было указано выше, создание трехмерных моделей может осуществляться в наборе форм модели из графических примитивов, таких как, цилиндров, конусов, ящиков, сфер, торов и т.д. и применении команд редактирования таких как, вычитание, объединение и пересечение. Так же есть и альтернативные команды для создания моделей это «вращение» и «выдавливание».

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.34.07

Колесников Е.Б., Кузьмин А.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ СИСТЕМЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Альтернативой использования водонапорных в системах водоснабжения с артезианскими скважинами является применение станций частотного управления погружными насосами, в которых регулирование частоты вращения электродвигателя погружного насоса производится при помощи преобразователя частоты (ПЧ). Основным недостатком таких систем водоснабжения являются возможные перерывы подачи воды в случае отказа ПЧ, а также отсутствия напряжения сети. Разработанный преобразовательный агрегат позволяет устранить вышеуказанные недостатки.

В устройстве использован принцип двойного резервирования. В качестве резервной схемы электропитания применен бесконтактный тиристорный пускатель (БТП), который обеспечивает плавный пуск двигателя насоса без регулирования частоты его вращения. При исчезновении напряжения питающей сети в агрегате предусмотрен автономный источник электропитания, в качестве которого применяется автономный генератор с дистанционным включением.

Агрегат содержит ПЧ, БТП; реле контроля фаз; автономный генератор, систему управления, блок питания, аккумуляторную батарею, датчик напряжения и давления, электроконтактный манометр, силовой автомат и автомат собственных нужд, пускатели, обеспечивающие переключение питания от сети на резервный источник питания; пускатели, обеспечивающие переход от основной схемы управления двигателем на резервную, пускатели, обеспечивающие переключение двигателя от основной схемы управления двигателем на резервную, два модема и персональный компьютер.

Аппаратура обеспечивает два режима работы в соответствии с разработанным алгоритмом – основной и резервный. Причем оба режима могут использоваться как при питании от питающей сети, так и от автономного генератора.

Разработанный преобразовательный агрегат обеспечивает бесперебойность водоснабжения потребителей и повышает надежность электропитания двигателя погружного насоса. Кроме того, непрерывно

производящийся мониторинг частотного привода погружного насоса, обеспечивает своевременное выявление отклонений от нормального режима работы и аварийных ситуаций.

УДК 621.314.6

Колесников Е.Б., Филимонов К.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ТРЕХФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Измерение частоты трехфазного переменного напряжения или тока необходимо при измерении параметров качества электрической энергии, а также в устройствах автоматики и релейной защиты, например, для синхронизации напряжения синхронного генератора с сетью. Существующие измерители частоты имеют достаточно высокую сложность, содержат большое число элементов и имеют сравнительно низкую точность измерения. Разработанный измеритель частоты имеет более высокие метрологические показатели, чем известные.

Измеритель содержит трехфазный мостовой выпрямитель, два измерительных резистора, сумматор, пиковый детектор, дифференциатор, делительное устройство, блок выделения модуля и фильтр нижних частот. На входы трехфазного мостового выпрямителя поступают соответственно напряжения u_A , u_B , u_C , пропорциональные фазным напряжениям сети. После выпрямления положительных полуволн фазных напряжений u_A , u_B , u_C , на плюсовом выводе выпрямителя формируется пульсирующее постоянное напряжение положительной полярности. После выпрямления отрицательных полуволн фазных напряжений u_A , u_B , u_C , на минусовом выводе выпрямителя формируется пульсирующее постоянное напряжение отрицательной полярности.

Выходные напряжения с выхода выпрямителя подаются на входы сумматора, на выходе которого после операции суммирования формируется переменное напряжение u_3 , имеющее форму близкую к треугольной. В результате дифференцирования дифференциатором этого напряжения на его выходе формируется переменное напряжение, по форме близкой к прямоугольной. Для исключения влияния величины фазного напряжения на измеряемую частоту, в делительном устройстве выходное напряжение дифференциатора делится на амплитуду фазного напряжения $U_{\text{мф}}$, вырабатываемого пиковым детектором.

После выпрямления переменного напряжения в блоке выделения модуля, на его выходе формируется постоянное напряжение, содержащее незначительные пульсации, которые эффективно сглаживаются

фильтром нижних частот, имеющим небольшую постоянную времени.

В результате на выходе измерителя формируется постоянное напряжение $u_{\text{вых}}$, величина которого пропорциональна измеряемой частоте ω трехфазного синусоидального напряжения сети.

УДК 621.314.6

Колесников Е.Б., Романенко Н.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПОСТОЯННОЕ

В настоящее время в качестве преобразователей переменного напряжения в постоянное нашли широкое применение различные схемы выпрямителей, выполненных на полупроводниковых диодах. При этом наличие значительных пульсаций в их выходном напряжении требует применение фильтров нижних частот. В результате этого такие преобразователи имеют нелинейные характеристики преобразования и невысокое быстродействие. Формирование частотно зависимыми фазосмещателями квадратурных сигналов с последующим применением квадраторов позволяет значительно повысить метрологические характеристики преобразователей. Однако область применения таких преобразователей ограничивается промышленной частотой. Разработанный измерительный преобразователь не имеет приведенных недостатков.

Преобразователь содержит дифференциатор, интегратор, блок умножения, квадратор, сумматор и блок извлечения квадратного корня. Измеряемое напряжение переменного тока подается на входы дифференциатора, интегратора и квадратора. На выходе дифференциатора формируется напряжение, сдвинутое по фазе относительно $u_{\text{вх}}$ на угол 90° в сторону опережения. На выходе интегратора формируется напряжение, сдвинутое по фазе относительно $u_{\text{вх}}$ на угол 90° в сторону отставания.

При перемножении полученных напряжений в блоке умножения на его выходе формируется напряжение $-U_{m\text{вх}}^2 \cos^2 \omega t$ подается на инвертирующий вход сумматора, на неинвертирующий вход которого подается напряжение $U_{m\text{вх}}^2 \sin^2 \omega t$ с выхода квадратора. В результате на выходе сумматора формируется напряжение $U_{m\text{вх}}^2$, которое не содержит переменной составляющей и не зависит от частоты.

После извлечения квадратного корня в блоке извлечения квадрат-

ного корня на его выходе и на выходе преобразователя имеем постоянное напряжение $u_{\text{вых}}$, равное $U_{\text{т вы}}$, то есть пропорциональное действующему значению входного переменного напряжения $U_{\text{вх}}$.

Выходное напряжение $u_{\text{вых}}$ не содержит переменной составляющей, а его величина пропорциональна действующему значению U .

УДК 621.314.6

Колесников Е.Б., Евтюхин И.О.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО НАПЯЖЕНИЯ В ПОСТОЯННОЕ

В большинстве средств измерения переменного напряжения промышленной частоты используются различные выпрямители на полупроводниковых диодах с фильтрами нижних частот (ФНЧ) на выходе. При этом применение ФНЧ существенно снижает быстродействие схемы, так как для эффективного сглаживания напряжения на промышленной частоте 50 Гц постоянная времени фильтра выбирается достаточно большой. Для повышения быстродействия измерительного преобразователя в работе предложено в его схему дополнительно ввести фильтр верхних частот (ФВЧ).

Разработанный измерительный преобразователь переменного напряжения в постоянное содержит активный двухполупериодный выпрямитель, ФВЧ, сумматор и сглаживающий ФНЧ, вход преобразователя соединен с входом выпрямителя, выход которого соединен с неинвертирующим входом сумматора и входом ФВЧ, выход которого соединен с инвертирующим входом сумматора, выход которого соединен с входом сглаживающего ФНЧ, выход которого является выходом преобразователя.

Измеряемое напряжение переменного тока $u_{\text{вх}}$ выпрямляется выпрямителем. ФВЧ, имеющий частоту среза 72 Гц, пропускает основную (100 Гц) и высшие гармоники выпрямленного напряжения выходного напряжения выпрямителя, подавляя постоянную составляющую. В сумматоре выходное напряжение ФВЧ вычитается из выходного напряжения выпрямителя, в результате чего на выходе сумматора формируется постоянное напряжение практически не содержащее переменной составляющей.

Сглаживающий ФНЧ сглаживает незначительные пульсации напряжения на выходе сумматора, обусловленные неидеальностью ФВЧ. В результате на выходе преобразователя формирует выходное напряжение $u_{\text{вых}}$, пропорциональное действующему значению входного

$$U_{\text{вых}} = 0,9U_{\text{вх}}.$$

Введение в преобразователь ФВЧ приводит к тому, что сглаживающий ФНЧ данного преобразователя подавляет незначительные пульсации выпрямленного напряжения, в результате чего его постоянная времени значительно меньше, чем у известных. Это позволяет более чем на порядок повысить быстродействие преобразователя.

УДК 621.311.24

Белолипецкая В.О., Исаев А.С., Романенко Н.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ СЭС ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕДСТВ ИТ-СФЕРЫ

Современные ИТ-технологии создают информационную основу не только для моделирования режимов СЭС (системы электроснабжения), но и позволяют кардинально изменить подход к их оптимизации.

Заметим, что большинство методов оптимизации представляют собой решения прикладной математики, направленные для инженерных методик. Например, метод золотого сечения (локализация экстремума) по сравнению с аналогами (методы хорд, касательных, дихотомии) приводит к уменьшению расчетов из-за оптимального построения таблицы приближений (деление отрезка неопределенности золотым сечением дважды позволяет использовать расчеты предыдущей итерации). Но в современных условиях (при проведении расчетов в электронном процессоре MS Excel) размерность массива данных критичной для расчета не является, поэтому достоинство метода золотого сечения нивелируется.

Современные программные средства позволяют решать прикладные задачи оптимизации более широко. В частности, симплекс-алгоритм является простейшей методикой решения задачи линейного программирования. MS Excel позволяет получить все опорные решения для минимизируемой (максимизируемой) функции, используя надстройку «*Solver*». MathCAD позволяет решить задачу линейного программирования в общем случае – непосредственный поиск экстремума линейной функции с ограничениями (вычислительный блок *Given* с использованием для поиска оптимума функций *Find* и *Minerr*).

В задачах анализа устойчивости можно отказаться от алгебраических (Гурвица, Рауса) и частотных (Найквиста, Михайлова) критериев устойчивости. MathCAD позволяет оценивать устойчивость по критерию Ляпунова (получение корней характеристического уравнения

функцией *Polyroots*) или решением дифференциального уравнения (функция *Odesolve*).

Все это снижает трудоемкость расчетов оптимизации СЭС, и отказаться от методов поиска – уделяя, тем самым, большее внимание формированию оптимизационной задачи и интерпретации результатов.

УДК 621.311.24

Исаев А.С., Овсянников Д.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Электропривод с высоковольтным синхронным двигателем является самым востребованным приводом в промышленности, где требуется большая мощность и постоянная частота вращения вала. Такое положение определяется высокой перегрузочной способностью, возможностью как генерации реактивной мощности, так и работы без её потребления, их меньшими по сравнению с асинхронными двигателями чувствительностям к колебаниям напряжения.

Пакет программ MatLab получил наибольшее применение для моделирования режимов работы электромеханических и электроэнергетических устройств и систем, в отличие от других подобных программ (Mathematica, Maple, Mathcad), он имеет в своём составе пакет расширения Simulink, специально предназначенный для моделирования технических систем и их элементов.

Библиотека блоков SimPowerSystems является одной из множества дополнительных библиотек Simulink, содержит набор блоков для имитационного моделирования электротехнических устройств. В состав библиотеки входят модели пассивных и активных электротехнических элементов, источников энергии, электродвигателей, трансформаторов, линий электропередачи и т.д. Имеется также раздел содержащий блоки для моделирования устройств силовой электроники, включая системы их управления. Используя специальные возможности Simulink и SimPowerSystems, можно не только имитировать работу устройств во временной области, но и выполнять различные виды анализа таких устройств.

Целью моделирования является построение характеристик зависимости момента и угловой скорости вращения электродвигателя от времени при пуске, определение времени переходного процесса, а также получение графиков тока статора.

В ходе сравнения полученных пусковых характеристик синхронно-

го двигателя с имеющимися реальными осциллограммами, можно сделать вывод, что данный способ приемлем для анализа процессов, протекающих в моделируемых устройствах.

УДК 621.311

Лагуткин О.Е., Муганов И.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ЦЕНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Одним из показателей, связывающих электропотребление и объемы выпускаемой продукции, является электроемкость. Размерности электроемкости и удельных расходов электроэнергии совпадают, но смысл этих величин разный. Удельный расход электроэнергии рассчитывается исходя из показаний счетчиков электрической энергии, установленных на 4УР системы электроснабжения, и имеет смысл расхода электроэнергии на производство единицы данного технологического продукта (например, на 1 т проката).

Электроемкость рассчитывается исходя из показаний счетчиков электрической энергии, установленных на 6УР СЭС. Она учитывает расход электроэнергии не только непосредственно на производство, например, проката, но и всех предыдущих переделов (сталь, чугун и т.д.), а также на производство изделий дальнейшего передела,работку кислорода, сжатого воздуха, тепла, водоснабжение и т.д. Поэтому значение электроемкости в несколько раз превышает значение удельного расхода электроэнергии на соответствующий вид продукции.

Общее годовое электропотребление предприятия

$$W_{\text{год}} = \sum_{i=1}^n W_i + \sum_{j=1}^m W_j = \sum_{i=1}^n w_i V_i + \sum_{j=1}^m W_j \quad (1)$$

где W_i – расход электроэнергии на производство основных видов продукции; W_j – расход электроэнергии на вспомогательные производства и другие нужды; n – число видов основной продукции; m – число статей расхода на вспомогательные нужды; w_i – удельный расход электроэнергии на выпуск i -го вида выпускаемой продукции; V_i – объем производства i -го вида продукции.

Выбрав один вид продукции как базовый с индексом $i=n$, удельным расходом w_6 и объемом производства V_6 и разделив (1) на объем производства данного вида продукции, выражение для определения электроемкости базового вида продукции:

$$W_6 = \frac{W_{\text{год}}}{V_6} = w_6 + \sum_{i=1}^{n-1} w_i k_i + \frac{1}{V_6} \sum_{j=1}^m W_j \quad (2)$$

где k_i - коэффициенты вложенности, показывающие, какое количество каждого вида выпускаемой продукции приходится на единицу базовой.

УДК 621.311

Лагуткин О.Е., Саишко Л.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Временные ряды (ВР) используют для широкого анализа явлений и различных сравнений. Динамику ВР изучают в долгосрочной (более 10 лет), среднесрочной (5 – 12 лет) и краткосрочной перспективе. В течение длительного периода времени многие ВР вначале растут с ускорением, а затем с замедлением до тех пор, пока они не достигнут своего потолка или момента начала падения.

Для производства проката рассмотрим поведение ВР параметров: годовое электропотребление, удельный расход, объем выпуска продукции и максимум нагрузки. Любую исследуемую систему можно разбить на ряд подсистем с подчинением, т.е. прокат является подотраслью черной металлургии.

Анализ ВР зависимостей позволяет сделать вывод о том, что промышленное предприятие в процессе своего развития проходит три этапа, имеющих свое отражение в каждом из четырех рассматриваемых параметров. В период строительства и пуска, например, годовое электропотребление, разнообразие и объем выпускаемой продукции имеет наименьшее значение на протяжении всего периода. Далее, с ростом предприятия возникает увеличение потребностей в энергетических ресурсах – в электроэнергии. Рост в потреблении электроэнергии не может происходить бесконечно. В связи с экологическими, территориальными и другими ограничениями наступает период стабильной работы предприятия с примерно равной величиной годового электропотребления по годам.

Далее возможен некоторый спад производства, определяемый более социальными, экономическими, зависящими от человека, причинами, при этом объем выпуска продукции может оставаться неизменным. Аналогичные рассуждения и для удельного расхода и максимума нагрузки. Анализ временного ряда, например предприятия Нижнетагильский металлургический комбинат, позволяет выделить периоды быстрого развития и стабильной работы с годовым электропотреблением.

Аналогично можно выделить три этапа развития в подотрасли производства проката и отрасли черная металлургия, где рост электропотребления, объем выпуска продукции обусловлен вводом в строй новых предприятий, а спад в производстве – остановкой предприятий.

УДК 621.311

Майорова Н.Д., Антипов А.С., Манелюк В.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЦЕНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ

Известно, что структура техноценозов может описываться ранговыми и ранговыми по параметру распределениями, для которых разработаны так называемые "идеальные" H_i -распределения (H_i -распределения). С другой стороны, традиционный подход предполагает описание структуры эмпирическими H_i -распределениями, которые применялись на начальном этапе анализа техноценозов. Эмпирические в том смысле, что получить значения констант распределения можно только используя значения параметров всех рангов, отклонение этих параметров от некой «средневзвешенной» кривой, получаемой МНК.

Внедренные в практику прогнозирования H_i -распределения позволили получить информацию об отклонении фактической от идеальной структуры ценоза, что позволяет описывать количественные характеристики структуры систем, разрабатывать различные конструктивные методы по прогнозированию поведения ценоза. С этой целью ранее были сформулированы показатели различных распределений, которые определяют закономерности, а также тенденции исходных данных на основе чего строится модель, и кроме этого несут информацию о величине отклонения реальной структуры от идеальной. Именно такие показатели, позволяют прогнозировать поведение систем во времени. То есть, H_i -распределения позволяют получать дополнительную информацию о техноценозе и часто получаемые результаты не могут быть получены другими методами, так как информации о влиянии внешних факторов недостаточно или она полностью отсутствует.

В рамках указанного направления ведутся исследования по отысканию комбинаций показателей отклонения реальной структуры от идеальной, которые адекватно отражают динамику системы: структура потребления и производства электроэнергии регионами РФ. Всего сформулировано семь показателей, характеризующих структуру системы, из которых получаем комбинации, которые служат независимыми переменными в линейных уравнениях регрессии, прогнозирующих

требуемые параметры техноценоза: суммарный ресурс – общее электропотребление и производство ЭЭ в РФ, величину экспорта ЭЭ.

УДК 621.311

Ермаков П.И., Ошурков М.Г., Чиркова Т.Ю.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСЯЧНОГО
ПРОФИЛЯ МОЩНОСТИ**

В условиях розничного рынка электроэнергии потребителю предлагается шесть ценовых категорий электроэнергии. Переход на 5 и 6 ЦК связан с необходимостью планирования почасового электропотребления на месяц и оплатой отклонений от плана как в одну, так и в другую сторону.

Разработан инструмент, облегчающий задачу месячного почасового планирования электропотребления.

Для выбранного предприятия построены причинные модели месячного и суточного электропотребления – зависимости электропотребления от объемов трех видов продукции. Модель месячного электропотребления дает среднюю ошибку 4%, модель суточного электропотребления – 11%. По планируемым на заводе суточным и месячным объемам выпуска продукции, можно с удовлетворительной точностью предсказать электропотребление на месяц в целом с разбивкой по суткам.

Суточные профили мощности методами кластерного анализа разбиты на девять видов. По каждому кластеру определен типовой суточный график нагрузки. Зная суточное электропотребление и кластер суток, можно построить суточный график нагрузки.

Сочетание объемов выпуска продукции технологическими линиями назвали технологическим состоянием производства. Кластеризация по этим трем признакам дала классификацию технологических состояний на 4 вида. С учетом прогноза суточного электропотребления получено 6 кластеров.

Методику принятия решения при планировании месячного электропотребления по часам можно представить в виде последовательности:

- Вводят суточные объемы выпуска продукции на планируемый месяц.
- Сутки соотносятся с кластерами по технологическим состояниям.
- Определяют график нагрузки каждого суток по классификации графиков нагрузки.
- Формируют заявляемый на рынок месячный профиль мощности.

Ошурков М.Г., Стихарев Д.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

**АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАНОВЫХ
И ОТЧЕТНЫХ ЧАСОВ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ**

Потребители с разрешенной мощностью 670 кВт и более на розничном рынке имеют право работать в 3 – 6 ценовых категориях (ЦК) электроэнергии (ЭЭ), в связи с чем, они оплачивают, кроме ЭЭ, мощность, покупаемую на оптовом рынке ($P_{ОРЭ}$) и мощность, по которой оплачивается передача ЭЭ по сетям (P_c). Оплата мощностей по обследованным предприятиям составляет для напряжения СН2 (55-60) % от общей платы за ЭЭ, поэтому снижение платы за мощности – актуальная задача. Тарифы на мощности растут: с 2012 г. и по настоящее время $a_{ОРЭ}$ изменился с 280 до 768 руб/кВт, a_c – с 700 до 1038 руб/кВт.

P_c фиксируется в плановые часы пиковой нагрузки, утверждаемые на год помесечно и известные потребителю с начала года. С момента введения ЦК (2012 г.) и по настоящее время интервал суток для фиксации P_c увеличивался. Сейчас для четырех месяцев в году он покрывает практически весь световой день с 7⁰⁰ до 21⁰⁰. Для остальных есть узкий диапазон (2-4 часа в течение дня), куда теоретически можно сдвинуть максимум мощности, если позволит технологический регламент. Чаще этот диапазон приходится на 17⁰⁰-19⁰⁰ и односменные предприятия не могут воспользоваться возможностью регулирования графика нагрузки и снизить P_c . Для трехсменных предприятий остается главной возможностью регулирования график – сдвиг максимума мощности на ночной период (21⁰⁰ – 7⁰⁰).

Часы, в которые фиксируется $P_{ОРЭ}$ (отчетные часы пиковой нагрузки) заранее не известны и определяются по результатам работы энергосистем за конкретный месяц. Нами проанализирована статистика по отчетным часам с 2012 г. по 2018 г. включительно и выявлены наиболее вероятные диапазоны суток, в которые попадают эти часы, для энергосбытовых компаний Тульской области. За три месяца 2019 г. (57 рабочих дней) только один отчетный час не попал в предсказанные диапазоны, поэтому можно считать предложенный способ предсказания диапазонов отчетных часов адекватным задаче и результаты могут быть использованы потребителями для разработки мероприятий по регулированию графика нагрузки и снижению платы за ЭЭ.

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЦЕХОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА
ВЫБОР МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Для многих цехов промышленных предприятий основными приемниками электроэнергии являются асинхронные электродвигатели (АД). Единичная мощность АД 0,4 кВ $100 \div 320$ кВт, они подключаются к шинам НН цеховой подстанции (КТП). АД до 100 кВт, как правило, получают питание от ЩСУ и РП.

Повышения надежности работы электрооборудования можно достигнуть, если использовать самозапуск электродвигателей.

Самозапуск – групповой пуск с промежуточной частоты вращения. При самозапуске электродвигатели потребляют значительные токи, за счет чего в трансформаторах и других элементах системы электропитания возникает большая потеря напряжения. Поэтому к шинам питания подводится не номинальное, а пониженное напряжение, что осложняет и затягивает процесс самозапуска, который может быть успешным или неуспешным. Успешным самозапуском считается такой, при котором остаточное напряжение на шинах питания обеспечивает ускорение электродвигателей до номинальной частоты вращения за время, допустимое по условиям нагрева электродвигателей и сохранения устойчивости технологического режима работы.

В неблагоприятных условиях затянувшийся самозапуск может привести к недопустимому снижению технологических параметров от которых зависит нормальная работа производства.

Приближенный метод оценки успешности самозапуска электродвигателей на напряжение ниже 1000В заключается в определении начального напряжения группы электродвигателей, участвующих в самозапуске, и сопоставлении его значения с допустимым $U_{\text{доп}}$.

$$U_{\text{нач}} \geq U_{\text{доп}} \geq 0,7.$$

Значение начального напряжения в значительной степени зависит от суммарного индуктивного сопротивления цепи питания до шин самозапускающейся нагрузки. Определяющим в этом сопротивлении является номинальная мощность цехового трансформатора.

Проведенные расчеты показывают, что увеличение мощности трансформаторов на КТП позволяет значительно улучшить условия для самозапуска электродвигателей, как подключенных к секциям низкого напряжения КТП, так и подключенных к блокам ШСУ и РП.

ВЫБОР КАБЕЛЕЙ ЦЕХОВОЙ СЕТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ

Энергетические системы питают потребителей как активной, так и реактивной энергией. Из общей потребляемой реактивной мощности около 80% покрываются синхронными генераторами электростанций и синхронными компенсаторами энергосистем. Около 20% - реактивной мощности вырабатывается собственными источниками, в основном, на напряжение ниже 1000 В применяются конденсаторные батареи.

Особенностью некоторых ремонтно-механических цехов промышленных предприятий является наличие приемников электроэнергии с низким значением $\cos \varphi$.

В связи с этим выбор сечения кабелей для питания таких приемников электроэнергии в значительной степени зависит от места установки средств компенсации реактивной мощности.

Компенсацію реактивной мощности электроустановок промышленных предприятий осуществляют с помощью статических конденсаторов, включаемых обычно параллельно электроприемникам (поперечная компенсация).

Размещение конденсаторов в сетях напряжением до 1000 В и выше должно удовлетворять условию наибольшего снижения потерь активной мощности от реактивных нагрузок. При этом наибольший эффект при выборе сечения кабелей к таким приемникам электроэнергии имеет индивидуальная компенсация:

Индивидуальная компенсация реактивной мощности предусматривает размещение конденсаторов непосредственно у токоприемников. В этом случае от реактивных токов разгружается вся сеть системы электроснабжения.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что применение индивидуальной компенсации позволяет не только значительно уменьшить сечение питающих кабелей, уменьшить параметры уставок автоматов защиты, но и уменьшить количество автоматических выключателей в распределительном устройстве низкого напряжения КТП.

Следовательно, можно сделать вывод что применение индивидуальной компенсации реактивной мощности позволяет улучшить технико-экономические показатели системы электроснабжения.

Жилин Б.В., Манелюк В.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ
ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ СУБЪЕКТОВ РФ**

Рассмотрим РФ как техноценоз, элементы которого – регионы, характеризующиеся одним параметром – потреблением электроэнергии. Присвоим каждому региону ранг в зависимости от величины параметра.

Используем ранговое по параметру H -распределение:

$$W_r = W_1 / r^\beta, \quad r=1, \dots, S,$$

где γ – целочисленное значение ранга; W_γ – ранжированные значения непрерывного параметра; W_1, β – константы распределения; S – константа распределения – общее количество рангов.

С помощью констант, полученных для данной функции, мы можем получить модели для прогнозирования потребления электроэнергии в РФ на основе эмпирического H -распределения и идеального H -распределения.

Собраны статистические данные электропотребления субъектов РФ с 2000 по 2017 гг. Для каждого года произведено ранжирование субъектов по электропотреблению. Рассчитаны в относительных и абсолютных единицах такие параметры как $W_1, W_{1\phi}, \beta$, энтропия, сумма квадратов отклонений для каждой модели и каждого года из исследуемых, также в зависимости от года (энтропия и сумма квадратов отклонений были отнесены к количеству субъектов из которых состояла РФ в данном году). Далее получены коэффициенты корреляции, для выявления закономерностей и установления фактов зависимости одних параметров от других. С помощью показателей, коэффициент корреляции которых был близок к единице, были протестированы линейные и нелинейные модели, также были составлены новые константы путём сложения, вычитания, умножения уже имеющихся показателей и констант разных моделей.

В результате была найдена наилучшая: 1) погрешность прогноза составляет не более 5%; 2) улавливается тенденция изменения электропотребления в РФ на будущий год; 3) по коэффициентам модели в ходе прогноза возможно предсказать насколько критична ошибка полученной модели.

**ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ
МОДЕЛЕЙ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКСПОРТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ РФ**

Целью работы является выявление резервов энергосбережения потребителей электроэнергии (ЭЭ) на основе идеального H_T -распределения структуры техноценоза.

Отклонение реальной структуры техноценоза от идеальной характеризуется разницей суммарного потребления ЭЭ. Проверка такого предположения предлагается на основе сравнения структур производства ЭЭ в РФ по регионам. Разница суммарного производства реальной структуры и идеальной интерпретируется как экспорт ЭЭ из РФ.

Аналогичные процедуры позволяют выявлять резервы энергосбережения для субъектов. Связь характеризуется линейным уравнением регрессии, где зависимой переменной является экспорт, а независимыми переменными – показатели идеального H_T -распределения. Возможны два подхода к определению коэффициентов линейной регрессии.

Первый – решение задачи минимизации суммы квадратов отклонений – метод наименьших квадратов, т.е. нелинейное определение коэффициентов. Но так как количество наблюдений всего на 2-4 (в зависимости от длины предыстории) превышает количество определяемых коэффициентов, целевая функция (сумма квадратов отклонений) вблизи минимума очень пологая, и из-за недостатков точности методов оптимизации это приводит к тому, что на значения коэффициентов сильно влияет выбор начальных условий. Преимущества метода: эффект «сглаживания»; увеличение предыстории без изменения вида прогнозной модели.

Второй подход – вычисление коэффициентов из решения системы линейных уравнений: например, использование трехлетней предыстории позволяет составить три линейных уравнения, где в качестве неизвестных выступают коэффициенты. Заметим, что определитель такой матрицы близок к нулю, что приводит сильному изменению коэффициентов для разных прогнозируемых лет. Преимущество метода состоит в том, что отсутствует итерационный поиск минимума целевой функции.

Окончательный выбор способа получения коэффициентов модели решается на основе проверки ее адекватности для конкретных условий.

**ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ПОТЕРЬ АД
ПРИ СНИЖЕНИИ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ**

Изучение влияния качества электрической энергии на работу основных приемников, которые конструируются в расчете на номинальные параметры питающей сети – актуальная научная и инженерная задача

В лаборатории кафедры ЭПП создана физическая модель изучения изменения потерь в АД при снижении качества напряжения. Цель – закрепление теоретических знаний о режимах работы основного электроприемника систем электроснабжения – АД с короткозамкнутым ротором. Кроме учебных целей на установке возможно полноценное научное изучение изменения потерь мощности при изменении не только ряда параметров питающего напряжения, но статических характеристик нагрузки.

Установка представляет собой АД, механической нагрузкой которого является генератор постоянного тока. В свою очередь электрическая нагрузка генератора – лампы накаливания, суммарная мощность которых соизмерима с номинальной мощностью генератора. В цепи питания АД установлены три однофазных трансформатора, что позволяет менять напряжение на зажимах АД пофазно, независимо друг от друга. Кроме этого есть возможность регулирования электрической нагрузки генератора постоянного тока (4 ступени), что, в конечном счете, изменяет механическую нагрузку на валу АД.

Возможность пофазного регулирования напряжения на зажимах АД позволяет изучать режимы работы АД при отклонении и при несимметрии напряжения. В состав установки включены приборы, позволяющие измерять и контролировать все необходимые параметры.

Таким образом, изучается влияние снижения качества напряжения по отклонению и несимметрии как наиболее часто встречающееся на промышленных предприятиях. Все элементы установки – реальное электрооборудование, без применения цифровых моделирующих блоков, то есть, это полноценная физическая модель, позволяющая изучать и искать интерпретации характеристик АД в различных режимах.

Другим направлением исследований является моделирование статических характеристик нагрузки при помощи АД с изменяемым (изменением электрической нагрузки генератора постоянного тока) механическим моментом на валу.

УДК 621.867.2-830

Ребенков Е.С., Чиркова Т.Ю., Овсянников Д.С.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Составлена структурная схема электромеханической системы перемещения шахтного очистного комбайна с вынесенным на штрек приводом подачи.

Система имеет электрический привод перемещения с асинхронным двигателем, управляемым преобразователем частоты и механическую часть в виде совокупности ротора двигателя, редуктора и тяговой цепи с помощью которой осуществляется поступательное движение очистного комбайна. Наличие упругости и вязкости тяговой цепи и нелинейной характеристики трения обуславливает возникновение колебаний скорости перемещения и, как следствие, колебаний к деформации в тяговой цепи.

По составленным уравнениям динамики системы исследовано влияние упругих параметров тягового органа на параметры возникающих колебаний. Получены аналитические уравнения связывающие амплитуды и частоты колебаний скорости перемещения с параметрами электропривода.

Выявлены граничные значения перехода колебаний в автоколебания. Показана возможность влияния на электропривод компенсации возникающих колебаний скорости. Введение цифрового регулятора с обратной связью по скорости перемещения комбайна позволяет демпфировать колебания его скорости.

Разработанная система управления содержит идеальный квантователь, цифровой регулятор и экстраполятор нулевого порядка.

Исследования в полученной модели проведены с применением интерактивного программного пакета Simulink-Matlab.

УДК 510.227

Фокин Я.Р., Матвеев В.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ОБРАТНЯ ИНДУКЦИЯ

Обратная индукция является одной из разновидностей математической индукции. Сформулируем её.

Если известно, что некоторое утверждение верно для 1 и 2, и из предложения, что утверждение верно для некоторого $n > 1$, вытекает его справедливость для $2n$ и $n - 1$, то это утверждение верно для всех натуральных чисел.

Докажем с помощью обратной индукции важное соотношение между средним арифметическим и средним геометрическим для положительных чисел: $\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \geq \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$.

Для $n = 1$ и $n = 2$ справедливость неравенства является классикой. Предположим, что неравенство верно для $n = k$ и докажем его для $n = 2k$.

$$2\sqrt{x_1 x_2 \dots x_{2k}} = \sqrt{\sqrt[k]{x_1 \dots x_k} \sqrt[k]{x_{k+1} \dots x_{2k}}} \leq \frac{\sqrt[k]{x_1 \dots x_k} + \sqrt[k]{x_{k+1} \dots x_{2k}}}{2}.$$

На основании индуктивного предположения делаем вывод $\frac{\sqrt[k]{x_1 \dots x_k} + \sqrt[k]{x_{k+1} \dots x_{2k}}}{2} \leq \frac{x_1 + \dots + x_k}{k} + \frac{x_{k+1} + \dots + x_{2k}}{k} \leq \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{2k}}{2k}$.

Неравенство доказано для всех $n = 2, 2^2, 2^3, \dots, 2^m, \dots$. Докажем, что из истинности неравенства для $n = k$ вытекает неравенство и для $n = k - 1$. Пусть $A = \sqrt[k-1]{x_1 x_2 \dots x_{k-1}}$. По индуктивному предположению

$$\frac{x_1 + \dots + x_{k-1} + A}{k} \geq \sqrt[k]{x_1 \dots x_{k-1} A} = \sqrt[k]{A^k} = A,$$

т.е. $x_1 + \dots + x_{k-1} \geq kA - A$. Разделив обе части неравенства на $k - 1$, получаем, что $\frac{x_1 + \dots + x_{k-1}}{k - 1} \geq \sqrt[k-1]{x_1 \dots x_{k-1}}$.

Итак, выполнены все условия обратной индукции, а поэтому доказано, что среднее геометрическое значение любого конечного набора неотрицательных чисел не превосходит их среднего арифметического значения.

УДК 621.311

Бирюков К.Р., Кислицын Т.Е., Логачева В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ЭФФЕКТ ХОЛЛА КАК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРОЦЕСС В ЭЛЕКТРОПРИБОРАХ

Эффект Холла - явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также холловским напряжением) при помеще-

нии проводника с постоянным током в магнитное поле. Открыт Эдвином Холлом в 1879 году в тонких пластинках золота.

Случай появления напряжения (электрического поля) в образце, перпендикулярного направлению пропускаемого через образец тока, на блюдающемся в отсутствие приложенного постоянного магнитного поля (то есть явление, полностью аналогичное эффекту Холла, но на блюдающееся без внешнего постоянного магнитного поля), называется аномальным эффектом Холла.

Необходимым условием для наблюдения аномального эффекта Холла является нарушение инвариантности по отношению к обращению времени в системе. Например, аномальный эффект Холла может наблюдаться в образцах с намагничённостью.

В сильных магнитных полях в плоском проводнике в системе начинают сказываться квантовые эффекты, что приводит к появлению квантового эффекта Холла: квантованию холловского сопротивления. В ещё более сильных магнитных полях проявляется дробный квантовый эффект Холла, который связан с кардинальной перестройкой внутренней структуры двумерной электронной жидкости.

В случае отсутствия магнитного поля в немагнитных проводниках может наблюдаться отклонение носителей тока с противоположными направлениями спинов в разные стороны перпендикулярно электрическому полю.

Эдвин Холл проводил опыты в надежде обнаружить возрастание сопротивления проводника в магнитном поле, но в слабых полях не зарегистрировал его. Однако при более строгих расчётах и в сильных полях магнетосопротивление проявляется достаточно хорошо.

Эффект Холла позволяет определить концентрацию и подвижность носителей заряда, а в некоторых случаях – тип носителей заряда (электроны или дырки) в металле или полупроводнике, что делает его достаточно хорошим методом исследования свойств полупроводников. На основе эффекта Холла работают датчики Холла - приборы, измеряющие напряжённость магнитного поля. Датчики Холла применяются в системах электронного зажигания двигателей внутреннего сгорания, в приводах дисководов и двигателях вентиляторов компьютерной техники, в магнитометрах смартфонов в качестве физической основы работы электронного компаса, в электроизмерительных для бесконтактного измерения силы тока. Кроме этого на основе эффекта Холла работают некоторые виды ионных реактивных двигателей.

ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ В ПРОВОДНИКАХ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Самоиндукция – возникновение ЭДС в проводниках электрической цепи при протекании в них изменяющегося во времени электрического тока.

Явление самоиндукции (рис.1) можно наблюдать, собрав электрическую цепь из катушки с большой индуктивностью, резистора, двух одинаковых ламп накаливания и источника тока. Резистор должен иметь такое же электрическое сопротивление, как и провод катушки.

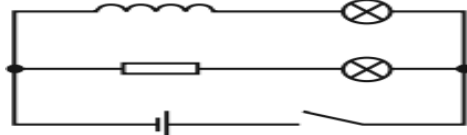


Рис. 1 Явление самоиндукции

ЭДС самоиндукции равно:

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (1)$$

где L – индуктивность.

Индуктивность - физическая величина, характеризующая связь между магнитным потоком самоиндукции электрической цепи и силой тока в ней.

Магнитный поток через контур прямо пропорционален силе тока в контуре:

$$\Phi = LI \quad (2)$$

Взаимная индукция - возникновение ЭДС в одном из контуров при изменении силы тока в другом контуре, находящемся рядом с первым.

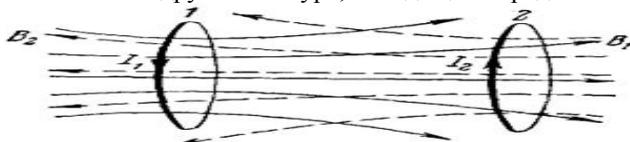


Рис. 2 Взаимная индукция

Эти явления используют в промышленности для изготовления трансформаторов.

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Логачева В.М
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ
В ТРАНСФОРМАТОРАХ**

В настоящее время в основе многих устройств лежит явление электромагнитной индукции, например в двигателе или генераторе электрического тока, в трансформаторах, большинстве современных электрических бытовых устройств (микроволновые печи, мультиварки, мобильные устройства и т.д.). Благодаря этому явлению можно преобразовывать механическую энергию в электрическую. Ведь до его открытия люди не знали о методах получения электрического тока кроме как от источников тока. Явление электромагнитной индукции было открыто М. Фарадеем в 1831 году.

В явлениях электромагнитной индукции магнитный поток сквозь контур может изменяться как при движении контура или отдельных его участков, так и при изменении во времени магнитного поля. В обоих случаях [1] для определения электродвижущей силы (э.д.с. индукции) пользуются законом Фарадея, который гласит, что при всяком изменении магнитного потока сквозь контур в нем возникает электродвижущая сила индукции, пропорциональная скорости изменения магнитного потока:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{dt}, \quad (1)$$

где ε – электродвижущая сила, действующая вдоль произвольно выбранного контура, $\Delta\Phi$ – магнитный поток через поверхность, ограниченную этим контуром. Знак минус в формуле отражает правило Ленца, названное по имени российского физика Э.Х. Ленца, установленного им в 1833 году. Согласно этому правилу, индукционный ток направлен так, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока через контур.

Однако при движении проводников в магнитном поле закон Фарадея применим лишь в тех случаях, когда рассматриваемый контур проходит через одни и те же точки движущегося проводника. В противном случае формула (1) приводит к неверному результату [1]. Тогда э.д.с. индукции находят, исследуя силы Лоренца, действующие на свободные заряды в движущемся проводнике. В связи с этим действующая в цепи э.д.с. измеряется работой сторонних сил (т.е. сил

неэлектростатического происхождения) при перемещении вдоль замкнутой цепи единичного положительного заряда, т.е.

$$\varepsilon = \frac{A}{q} = \frac{I}{q} \oint_L (F_{\text{свт}} dl), \quad (2)$$

где q – перемещенный заряд.

При движении в магнитном поле проводника вместе с ним движутся и его свободные заряды (электроны). Поэтому на каждый из них действует сила Лоренца, выполняющая роль сторонней силы $F_{\text{свт}}$, входящей в формулу (2).

Таким образом, открытие явления электромагнитной индукции имело огромное значение, поскольку появилась возможность получения электрического тока с помощью магнитного поля. Это открытие дало возможность определить взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями, что в дальнейшем послужило толчком для разработки теории электромагнитного поля.

УДК 621.311

Разоренов М.С., Лантев А.С., Логачева В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АКТУАЛЬНОСТЬ ОТКРЫТИЯ МАГНЕТИЗМА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Помимо притяжения мелких предметов к натёртому куску янтаря в древности хорошо знали ещё один вид притяжения. Античности было известно, что кусок чёрного камня магнетита может притягивать к себе железо. Более того, он способен передавать данное свойство железу, делая его магнитом.

Существуют различные сведения о первом упоминании магнитов, обычно рассматривающихся в истории Древнего мира в контексте компаса. Согласно одним оценкам, магнетит или магнитный железняк впервые был открыт в Китае за четыре тысячи лет до н. э., а первые упоминания в летописях о применении магнитных материалов восходят к третьему тысячелетию до н. э., когда легендарный китайский император Хуан-ди использовал компас во время битвы.

Первое в Европе описание свойств природных магнитов сделал француз Пьер де Марикур. В 1269 году он служил в армии короля Сицилии Карла Анжуйского, осадившей итальянский город Лусеру. Оттуда он и отправил приятелю в Пикардию документ, который вошел в историю науки как «Письмо о магните». В нем он рассказал о своих опытах с магнитным железняком. Марикур заметил, что в каждом кус-

ке магнетита имеются две области, особенно сильно притягивающие железо. Он увидел параллель между этими зонами и полюсами Земли и позаимствовал их названия для областей максимума магнитной силы — поэтому мы теперь и говорим о северном и южном магнитных полюсах. Так же Марикур впервые связал, притяжение и отталкивание магнита с взаимодействием между разноименными либо одноименными полюсами.

Многие историки науки считают Марикура бесспорным пионером европейской экспериментальной науки. Его труд был хорошо известен и английскому естествоиспытателю и врачу Уильяму Гильберту, который в 1600 году опубликовал замечательный труд «О магните, магнитных телах и большом магните — Земле». В этой книге Гильберт не только привел практически все известные сведения о свойствах природных магнитов и намагниченного железа, но и описал собственные опыты с шаром из магнетита, с помощью которых он воспроизвел основные черты земного магнетизма. Например, он обнаружил, что на обоих магнитных полюсах такой «маленькой Земли» (по латыни *terrella*) компасная стрелка устанавливается перпендикулярно ее поверхности, на экваторе — параллельно, а на средних широтах — в промежуточном положении. Так Гильберт смоделировал магнитное склонение. Гильберт воспроизвел на своей модели и геомагнитное склонение, которое приписал не идеально гладкой поверхности шара. Он обнаружил, что сильно нагретое железо теряет магнитные свойства, но при охлаждении они восстанавливаются. И наконец, Гильберт первым провел четкое различие между притяжением магнита и притяжением натертого янтаря, которое он назвал электрической силой.

УДК 621.311

Лантев А.С., Разоренов М.С., Логачева В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Менделеева)

АЛЮМИНИЕВЫЕ И МЕДНЫЕ ПРОВОДА, КАК СРЕДСТВО ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Изобретение сравнительно недорогого способа добычи алюминия сделало переворот в глобальном развитии электрификации, ведь по уровню электропроводности этот металл стоит на четвертом месте, пропуская вперед только серебро, медь и золото. Это позволило максимально удешевить производство проводов и кабелей и сделать всеобщую электрификацию реальностью. Такие электрические провода и их виды выделяются низкой стоимостью, химической устойчивостью, высоким уровнем теплоотдачи и маленьким весом — они определяли

массовость электрификации в промышленных и бытовых условиях в течение более чем полувека. В свете сравнительно недавнего господства алюминия на рынке проводов, человеку непосвященному может показаться странным запрет положениями Правил Устройства Электроустановок (ПУЭ) на использование этого материала в быту. Точнее нельзя использовать алюминиевые провода сечением меньше чем 16 мм^2 , а это и есть самые распространенные из них для монтажа домашней электропроводки. Понять почему существует запрет на использование этих проводов можно ознакомившись с их достоинствами и недостатками. Плюсы алюминиевых проводов: легче медных, значительно дешевле.

Минусы алюминиевых проводов: алюминиевые жилы сечением до 16 мм^2 могут быть только однопроволочными, а значит, их можно использовать только для укладки стационарной проводки и без изгибания под острым углом. Все гибкие провода и кабели всегда делались из меди. Химическая стойкость алюминия определяется оксидной пленкой, которая образуется при его контакте с воздухом. Со временем, при постоянном нагреве контакта вследствие протекания через него электрического тока, эта пленка ухудшает электропроводимость, контакт перегревается и выходит из строя. Т. е. алюминиевым проводам требуется дополнительное обслуживание, а контакты, через которые проходят мощные токи, покрывают специальной смазкой. Пайка может проводиться только с использованием специальных средств, а сварку получится выполнить в камере с инертным газом. Хорошая электропроводность наблюдается только у чистого алюминия, а примеси, неизбежно остающиеся при производстве, ухудшают этот показатель. Как итог – алюминий это хороший выбор при необходимости сэкономить здесь и сейчас, но в долгосрочной перспективе его применение обойдется дороже – из-за сравнительно невысокого срока службы и необходимости в регулярном обслуживании. По этой причине и дополнительным соображениям безопасности, использовать его для прокладки новых силовых линий ПУЭ категорически запрещает.

По сравнению с алюминием у меди есть только 2 существенных недостатка, из-за которых долгое время она использовались гораздо реже. В остальном, медь выигрывает по всем параметрам.

Плюсы медных проводов: Электропроводность в 1,7 раз выше алюминия – меньшее сечение провода пропустит то же количество тока. Высокая гибкость и эластичность – даже одножильные провода выдерживают большое количество деформаций, а из многожильных получаются шнуры для электроприборов повышенной гибкости.

Пайка, лужение и сварка проводятся без использования дополнительных материалов.

Минусы медных проводов: Стоимость – в несколько раз дороже алюминия. Высокая плотность – бухта медного провода, одинаковой с алюминием длины и сечения, будет весить в 3 раза больше.

Медные провода и контакты окисляются на открытом воздухе. Впрочем, на переходное сопротивление это практически не влияет и в случае необходимости «лечится» смазыванием поверхности уже затянутого контакта.

Как итог, хоть медь и является более дорогим материалом, но в целом его использование экономически выгоднее, так как он долговечнее, требует меньше усилий при монтаже и внимания при обслуживании.

УДК 621.311

Бирюков К.Р., Кислицын Т.Е., Логачева В.М.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ВИХРЕВЫЕ ТОКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Вихревые токи, или токи Фуко (в честь Ж.Б.Л. Фуко) – вихревые индукционные токи, возникающие в проводниках при изменении пронизывающего их магнитного поля. Впервые вихревые токи были обнаружены французским учёным Д. Ф. Араго, подробно же исследованы французским физиком Фуко и названы его именем. Они замыкаются непосредственно в проводящей массе, образуя вихреобразные контуры, взаимодействующие с породившим их магнитным потоком. Электрическое сопротивление массивного проводника мало, поэтому токи Фуко достигают очень большой силы.

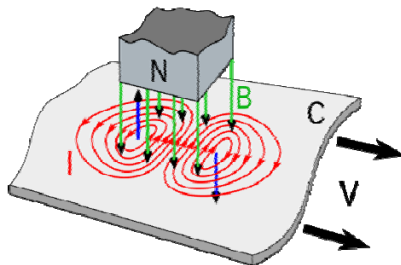


Рис. 1. Возникновение токов Фуко.

Источником магнитного поля является постоянный магнит, его фрагмент показан вверху рисунка серым цветом. Вектор магнитной индукции B направлен от северного (N) полюса магнита, магнитное поле пронизывает пластину. В материале пластины, входящем под магнит, магнитная индукция возрастает, и в соответствии с законами Фарадея и Ома в материале пластины возникает замкнутый (вихревой) электрический ток. Этот ток течет против часовой стрелки и, по закону Ампера, создает свое собственное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого показан стрелкой, направленной перпендикулярно плоскости протекания тока, вверх.

В том случае, когда возникают очень сильные вихревые токи (при высокочастотном токе), в телах плотность тока становится значительно меньше, чем на их поверхностях. Это так называемый скин-эффект, его методы используются для создания специальных покрытий для проводов и в трубах, которые разрабатываются специально для вихревых токов и тестируются в экстремальных условиях.

Наиболее широкое применение они получили в промышленной и машиностроительной сферах. Так, на основе этого явления удалось создать насос для перекачки и закалки расплавленных металлов, а в металлургической и промышленной отраслях используются индукционные печи, которые в несколько раз превосходят аналогичные системы, работающие по другому принципу. Плавление и закалка различных металлов возможны только с применением этого явления. Вихревые потоки способствуют торможению и снижению скорости вращения металлических дисков в индукционных тормозах, без этого бы просто не функционировали скоростные поезда на магнитных подвесках. Также без вихревых потоков Фуко не обходятся современные вычислительные приборы и аппараты, вакуумные устройства, где необходима полная откачка воздуха и других газов, принцип работы современных трансформаторов возможен только благодаря применению в их конструкции вихревых потоков. Более того, оборудование, работающее на основе токов Фуко, обладает существенной экономичностью и хорошей производительностью.

Во многих случаях токи Фуко могут быть нежелательными. Для борьбы с ними принимаются специальные меры. С целью предотвращения потерь энергии на нагревание сердечников трансформаторов, эти сердечники набирают из тонких пластин, разделённых изолирующими прослойками (шихтовка). Появление ферритов сделало возможным изготовление этих сердечников сплошными.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И МАГНИТНОЕ ПОЛЯ,
КАК ФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Магнитное и электрическое поля часто рассматриваются вместе, являясь, так сказать, двумя сторонами одной медали. Оба этих поля имеют много общего. Например, их обоих создают электрические заряды. На любые электрически заряженные тела действует кулоновская сила. Её ещё называют силой электростатического взаимодействия. Она прямо пропорциональна произведению модулей зарядов (знаки зарядов определяют лишь направление действия силы: притяжение или отталкивание) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между этими телами. В случае сфер или шаров считается квадрат расстояния из центров тел.

Электрическое поле. Если мы возьмём заряженное тело и условно назовём его центром, а второе заряженное тело будем перемещать вокруг центра, то кулоновскую силу можно записать как заряд, умноженный на напряжённость электрического поля. В значение напряжённости входят и значение заряда-центра, и квадрат расстояния от центра до второго заряда в данной точке пространства. Такое поле называется векторным, ведь в каждой точке свои модуль и направление вектора, проведённого из начала координат (из заряда-центра) к этой точке.

Магнитное поле. Магнитное поле, как и электрическое, является векторным. Если электрическое поле создаётся любыми заряженными телами, то магнитное поле создаётся только движущимися зарядами. Таким зарядом может быть имеющая скорость частица, которая нередко встречается в задачах по физике, ток, ведь ток – это направленное движение заряженных частиц, металлическое тело, движущееся со скоростью. В этом случае в роли зарядов будут электроны, которые движутся вместе с самим телом. Напряжённость магнитного поля прямо пропорциональна скорости заряда и его значению. Как только заряд будет остановлен, магнитное поле исчезнет.

Электромагнит состоит из провода, обмотанного вокруг ферромагнетика. При прохождении через провод тока, появляется магнитное поле. Ферромагнетик – такое вещество, которое может вести себя как магнит ниже определённой температуры, называемой температурой Кюри. В обычных условиях ферромагнетики ведут себя как магниты только при наличии магнитного поля. В электромагните поле создаёт-

ся электрическим током, и ферромагнетик начинает вести себя как магнит. Также интересным примером является магнитное поле Земли. В центре нашей планеты, как считают учёные, находится ядро, состоящее из жидкого железа. Железо – металл, и в нём свободно перемещаются электроны. Это ядро не статично, то есть оно движется, в связи с этим движутся электроны и создают магнитное поле. Если бы земное ядро начало останавливаться, это привело бы к катастрофическим последствиям.

УДК 621.311

Свиридов А.А., Леонов А.А., Логачева В.М.

(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ

Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного электрического тока одного напряжения и определенной частоты в электрический ток другого напряжения и той же частоты.

Разные виды трансформаторов используются практически во всех схемах питания электрических приборов и при передаче электроэнергии на большие расстояния. Электростанции вырабатывают ток относительно небольшого напряжения – 220, 380, 660В. Трансформаторы, повышая напряжение до значений порядка тысяч киловольт, позволяют существенно снизить потери при передаче электроэнергии на большие расстояния, а заодно и уменьшить площадь сечения проводов ЛЭП. Непосредственно перед тем как попасть к потребителю (например, в обычную домашнюю розетку), ток проходит через понижающий трансформатор. Именно так мы получаем привычные нам 220Вольт. Самый распространенный вид трансформаторов – силовые трансформаторы. Они предназначены для преобразования напряжения в электрических цепях. Помимо силовых трансформаторов в различных электронных приборах применяются: импульсные, силовые, трансформаторы тока. Принцип работы трансформатора. Трансформаторы бывают однофазные и многофазные, с одной, двумя или большим количеством обмоток. Рассмотрим схему и принцип работы трансформатора на примере простейшего однофазного трансформатора.

Обмотки электрически не связаны одна с другой и представляют собой изолированные провода.

Одна обмотка (ее называют первичной) подключается к источнику переменного тока. Вторая обмотка, называемая **ВТОРИЧНОЙ**, подключается к конечному потребителю тока.

Когда трансформатор подключен к источнику переменного тока, в витках его первичной обмотки течет переменный ток. При этом образуется магнитный поток, который пронизывает обе обмотки и индуцирует в них ЭДС. Бывает, что вторичная обмотка не находится под нагрузкой. Такой режимы работы трансформатора называется режимом холостого хода. Соответственно, если вторичная обмотка подключена к какому-либо потребителю, по ней течет ток, возникающий под действием ЭДС.

УДК 621.311

Врагов И.С., Логачева В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Менделеева)

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В 1911 г. голландский физик Гейке Камерлинг-Оннес (1853-1926), исследуя свойства чистой ртути при температурах, близких к абсолютному нулю, встретился с новым, неизвестным в науке явлением: при температуре 4,1 К удельное сопротивление ртути внезапно уменьшилось до нуля. Такое же явление он наблюдал у олова, свинца, таллия и др.

При сверхпроводимости сопротивление проводников внезапно падает к нулю. Главной причиной возникновения явления сверхпроводимости является взаимодействие пар электронов с ионами кристаллической решетки. Квантовую теорию сверхпроводимости разработали в 1957 г. американские ученые Джон Бардин, Леон Купер и Джон Роберт Шриффер, за что в 1972 г. получили Нобелевскую премию по физике.

В наше время в технике в качестве сверхпроводника чаще всего применяется сплав титана и ниобия, который переходит в состояние сверхпроводимости при 10 К. Но поиски более «высокотемпературных» сверхпроводников открывают новые перспективы. Японские ученые создали наиболее эффективный на сегодняшний день сверхпроводник, который со временем может стать основанием глобальной научно-технической революции. Они получили вещество - *дйборид магния* (соединение магния с бором), которое становится сверхпроводимым при рекордно высокой температуре для металлов 43 К (-230°C).

Создание сверхпроводников с более высокой температурой может стать основанием глобальной научно-технической революции.

Прогресс в получении сверхпроводимых материалов возможен в таких направлениях:

1. передача электроэнергии на большие расстояния без заметных потерь;
2. создание транспорта больших скоростей на магнитной подушке;
3. создание мощных магнитных систем;
4. разработка сверхчувствительных диагностических приборов и др.

Из примера исследования сверхпроводимости можно убедиться, что физика еще далеко не исчерпала своих возможностей в новой технике и технологиях.

УДК 621.311

Врагов И.С., Логачева В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Менделеева)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ ПЛАЗМЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИБОРАХ

Плазма – частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. В лабораторных условиях плазма образуется в электрическом разряде в газе, в процессах горения и взрыва. Когда луч лазера сфокусировали линзой, в воздухе в области фокуса вспыхнула искра, и там образовалась плазма. Это вызвало огромный интерес у физиков. Первые затравочные электроны появляются в результате вырывания их из атомов среды после одновременного поглощения нескольких фотонов световой волны. Энергия каждого фотона рубинового лазера равна 1,78 эВ. Далее свободный электрон, поглощая фотоны, достигает энергии 10 эВ, достаточной для ионизации и рождения нового электрона в процессе столкновения с атомами среды. Разряд может гореть в течение длительного времени и светится ослепительно белым светом, на него невозможно смотреть без темных очков. Необычайно высокая температура – уникальное свойство оптического заряда – представляет большие возможности для использования его в качестве источника света. Возможность создания плазменного шнура световым излучением лазера открывает возможности для передачи энергии на расстояние.

Термин “плазма” в физике был введен в 1929 американскими учеными И. Ленгмюром и Л. Тонксом.

Носителями заряда в плазме являются электроны и ионы, образовавшиеся в результате ионизации газа. Отношение числа ионизированных атомов к полному их числу в единице объема плазмы называют степенью ионизации плазмы (α). В зависимости от величины α говорят о слабо ионизированной (α – доли процента), частично ионизированной (α – несколько процентов) к полностью ионизированной (α близка к 100%) плазме.

Средние кинетические энергии различных типов частиц, составляющих плазму, могут быть разными. Поэтому в общем случае плазму характеризуют не одним значением температуры, а несколькими – различают электронную температуру T_e , ионную температуру T_i и температуру нейтральных атомов T_a . Плазму с ионной температурой $T_i < 105$ К называют низкотемпературной, а с $T_i > 106$ К – высокотемпературной.

Высокотемпературная плазма является основным объектом исследования по УТС (управляемому термоядерному синтезу).

Низкотемпературная плазма находит применение в газоразрядных источниках света, газовых лазерах, МГД – генераторах и др.

УДК 621.311

Попов А.А., Логачёва В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАПУСКА МАЛЫХ
СПУТНИКОВ С ПОМОЩЬЮ КОНВЕРСИОННОГО
РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ**

В связи со списыванием ракет «Тополь-М», встал вопрос о методах сокращения арсенала этих ракет. Одним из вариантов было предложено переоборудовать их в ракеты-носители (РН) и использовать для коммерческих запусков малых спутников.

Конверсионный проект 15Ж58 «Старт» из МБР «Тополь» не имел успеха у заказчиков, поскольку мог взять на борт полезной массы в виде спутников не более 850 кг. Возвращение к неудачному носителю может показаться странным, но только если не учитывать закон Мура. Размер микросхем постоянно уменьшается, что делает спутники более компактными и легкими. К тому же, ставка все чаще делается на стратегию запуска «пачки» мелких и дешевых микро-спутников, нежели одного дорогостоящего, который может выйти из строя без замены.

Из-за стремительного развития цифровых технологий, развитие аппаратных решений требует системного обновления. Это значит, что некоторые выводимые в космос спутники должны быть одноразовыми

и служить максимум 2-3 года. Но при этом им нужны дублиеры в космосе на случай поломки. Все это делает возможным использование максимально дешевых спутников с минимальными габаритами. В этом ключе второй заход «Тополя» на конверсию выглядит перспективно. Работа посвящена исследованию вопроса об упрощенном и дешёвом средстве доставки малых спутников на орбиту.

Цель работы: исследование возможности запуска малых спутников с помощью ракеты-носителя «Тополь-М» на низкую околоземную орбиту.

Задачи:

- исследовать низкие околоземные орбиты на предмет запуска РН «Тополь - М»;
- исследовать «Тополь-М» на возможность размещения малых спутников;
- произвести сравнительный анализ РН «Тополь-М» и других ракет-носителей малых спутников.

Актуальность тематики заключается в необходимости снижения затрат на запуски малых спутников, повышение эффективности и безопасности ракет-носителей. Альтернативное использование ракет, подлежащих конверсии, позволит экономить ресурсы.

УДК 621.311

Леонов А.А., Свиридов А.А., Логачёва В. М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В СТРОЕНИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Электромобиль – автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от автономного источника электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов, конденсаторов и т. п.), а не двигателем внутреннего сгорания. Тяговые электродвигатели (ТЭД) имеют КПД до 90-95 % по сравнению с 22-42 % у ДВС, поэтому их использование более выгодно. Аккумуляторные электромобили являются самым первым и простым видом электромобилей. Принципиальная схема аккумуляторного электромобиля в общем случае следующая: аккумуляторная батарея через силовую электропроводку и систему регулирования (управления) тягового электродвигателя соединяется с ТЭД, который, в свою очередь, передаёт главной передаче крутящий момент.

Технико-экономические параметры данного типа электромобилей, прежде всего, зависят от характеристик применяемых аккумуляторных

батарей. Величина желаемого пробега электромобиля на один заряд батареи (запас хода) прямо пропорциональна отношению веса аккумуляторной батареи к полному весу электромобиля. Зависимость веса батареи от грузоподъемности электромобиля значительно выше, чем зависимость веса карбюраторного двигателя от грузоподъемности автомобиля.

Простота и низкая стоимость обслуживания в сравнении с ДВС так же является значительным преимуществом электромобилей. Несмотря на то, что электродвигатель появился раньше ДВС, до недавнего времени рынок электромобилей составлял ничтожно малую долю. Развитие технологий производства аккумуляторных батарей и инверторов способствовало смещению рынка.

Проблемы с экологией в больших городах вызваны не только предпрятиями, но и автомобилями, постоянно перемещающимися по дорогам. С экологической точки зрения, электромобили значительно “чище” своих собратьев с ДВС.

Можно предположить, что в будущем такие автомобили станут использоваться повсеместно, ввиду их очевидных преимуществ.

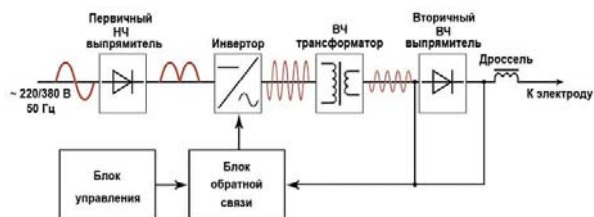
УДК 621.311

Леонов А.А., Свиридов А.А., Логачёва В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Инвертор – устройство для преобразования постоянного тока в переменный с изменением величины напряжения. Инверторы напряжения позволяют устранить или по крайней мере ослабить зависимость работы информационных систем от качества сетей переменного тока. Например, в персональных компьютерах при внезапном отказе сети с помощью резервной аккумуляторной батареи и инвертора, образующих источник бесперебойного питания (ИБП), можно обеспечить работу компьютеров для корректного завершения решаемых задач. В более сложных ответственных системах инверторные устройства могут работать в длительном контролируемом режиме параллельно с сетью или независимо от неё. Работа инвертора напряжения основана на переключении источника постоянного напряжения с целью периодического изменения полярности напряжения на зажимах нагрузки. Частота переключения задается сигналами управления, формируемыми управляющей схемой (контроллером).



Инверторы повышают надёжность работы компьютерных сетей, занимающих значительное место в современном мире, используются в электротехнике, применяются в автомобилях и т.п. Электромобили обязаны своим появлением именно инверторам, благодаря которым использование этого вида транспорта стало более широким и технически доступным.

УДК 621

Синякин Е.М., Макрушин В.В., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

СЛОЕВЫЕ ТОПКИ, ГОРЕНИЕ ТОПЛИВА В СЛОЕ

Слоевая топка — топка, в которой горение твёрдого топлива, загруженного слоем (обычно на колосниковую решётку), происходит в струе воздуха, пронизывающего этот слой (обычно, но не всегда, снизу вверх). Исторически это первый тип сжигания топлива, ведущий происхождение от первобытного костра. Топливо может загружаться вручную, через дверцу, или механически, из бункера (часто с помощью забрасывателей). Для помещения в бункер топливу придаётся нужная крупность измельчением на дробилках (не мельницах), либо, наоборот, формированием пеллет. С точки зрения устройства решётки и характера движения по ней топлива топки могут быть следующих разновидностей:

с неподвижной колосниковой решёткой и неподвижным слоем топлива (в том числе если отдельные колосники могут поворачиваться или решётка встряхивается) - для небольших котлов (до 1-2 т/ч пара).

со слоем топлива, движущимся по неподвижной решётке под действием гравитации (напр. по наклонной решётке) или шурующей планки. В шахтных топках топливо поступает по мере выгорания из загрузочной горловины, где оно подсушивается и разогревается с частичным выходом летучих.

с цепной решёткой (прямого или обратного хода).

Применяются для котлов до 10-35 т/ч и выше. Топки с прямым ходом решётки чувствительны к качеству топлива. Основная проблема - неполнота сгорания топлива.

К движущемуся слою топлива можно подводить воздух неравномерно по ходу движения, чтобы на каждой стадии горения избыток воздуха был оптимален.

Горение твёрдого топлива всегда сопровождается выходом летучих. Если количество воздуха, поступающего сквозь слой, не очень велико, а толщина горящего слоя значительна, часть этих газов при недостатке окислителя (кислорода) не сгорает (при этом температура зоны повышается до 1500—1600 °С). Далее происходит восстановление углерода по формуле $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$. Полученная таким образом смесь газов при добавке вторичного воздуха может эффективно гореть, что, в частности, используется в топках своеобразной конструкции пиролизных котлов.

УДК 621

Синякин Е.М., Макрушин В.В., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Градирни - это специальные устройства для охлаждения большого количества воды посредством направленного потока воздуха. Также их называют охладительными башнями.

Это одно из наиболее эффективных устройств для охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Высокая башня создает ту самую тягу воздуха, которая необходима для эффективного охлаждения циркулирующей воды. Вытяжные башни служат для создания естественной тяги благодаря разности удельных весов воздуха, поступающего в градирню, и нагретого воздуха, выходящего из градирни. Под оросителем располагается водосборный резервуар. Вода подается в водораспределительное устройство по размещаемым в центре градирни стоякам. Благодаря высокой башне одна часть испарений возвращается в цикл, а другая – уносится ветром. Из-за этого в округе не образуется сырости, тумана и обледенений в зимнее время, хотя возможно появление льда вокруг оросительных устройств.

Градирни бывают двух типов: собственно градирни и «сухие градирни». Принцип работы градирни достаточно прост. Процесс охлаж-

дения в градирнях происходит за счет частичного испарения воды и теплообмена с воздухом. Вода в градирне стекает по оросителю сбегает каплями или тонкой плёнкой. В это время вдоль оросителя проходят потоки воздуха. Наиболее сложным элементом башенной градирни является вытяжная башня, конструкция которой в основном определяется материалом, из которого ее сооружают. Горячая вода поступает в градирню, где в зависимости от типа и конструкции градирни, происходит ее охлаждение, до необходимой температуры. Охлаждение воды может осуществляться: обратным потоком атмосферного воздуха (вентиляторные градирни); за счет распыления горячей воды форсунками на специальный наполнитель с развитой площадью, по которому вода растекается тонкой пленкой и за счет медленного ее течения - охлаждается (башенные, атмосферные градирни); за счет распыления воды в специальных каналах и естественном захвате атмосферного воздуха (эжекционные градирни).

УДК 621

Штефан К.В., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ПРИНЦИП РАБОТЫ ТЕРМОСТАТИЧЕСКОГО КЛАПАНА ПРИ БАЛАНСИРОВКЕ ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

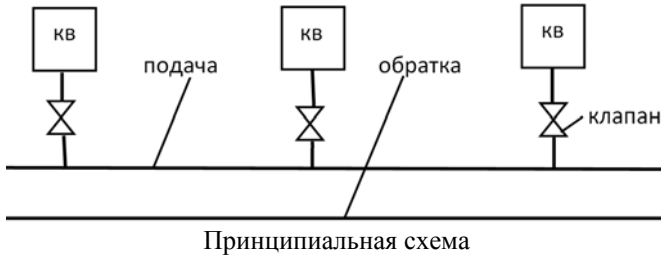
Здесь на первый план выходят вертикальные двухтрубные системы и горизонтальные поквартирные системы. Вертикальные двухтрубные системы напрямую экономят тепло. Когда помещение перегрето, термостат прекращает или уменьшает доступ теплоносителя в прибор. Так, теплоноситель попадает в прибор соседнего помещения, и если это помещение перегреется, то прикроется и его термостат. Таким образом, из циркуляции исключается лишний теплоноситель.

Преимущества двухтрубной системы - экономия тепла и автономность отопления квартир. Горизонтальные поквартирные системы оптимальны с точки зрения теплотехники и гидравлики. Они более экономичны и наименее уязвимы в случае несанкционированной реконструкции, обладают эстетическими достоинствами и дают возможность поквартирного учета расходования тепловой энергии.

Принцип работы термостатического клапана: когда температура повышается, расширяется сильфон и головка приводит в движение шток и перекрывает плавно проходное отверстие. При снижении температуры наблюдается обратный процесс – сильфон сжимается, тем самым ослабляется усилие на шток, который постепенно начинает открывать проход. Способы регулирования:

- ручное регулирование;
- термоголовка – регулирует систему в автоматическом режиме;
- выносной термозлемент – устанавливается отдельно от термостата.

Таким образом, задавая определенную температурой, можно избежать излишнего проветривания помещения, и в случае если оно не используется, расходовать тепловую энергию по минимуму.



УДК 621

Штефан К.В., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.
 (Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ТЕПЛОВОЙ НАСОС КАК АЛЬТЕРНАТИВА ГАЗОВОМУ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ОТОПЛЕНИЮ

Тепловой насос - прибор, поглощающий из окружающей среды (воды, земли или воздуха) низкотемпературную тепловую энергию и передающий ее в системы теплоснабжения с более высокой температурой. Состоит из двух контуров: внешнего и внутреннего. Внешний контур находится на улице, в воде или под землей, включает коллектор-теплообменник и трубы, связывающие его с основной системой. Внутренний - система теплоснабжения дома.

Тепловой насос, в отличие от котлов на газу, угле или электричестве, нагревает носитель в среднем до 40⁰С. Это оптимальная температура, при которой и износ оборудования минимальный, и потребление электричества. Для обычных радиаторов таких показателей недостаточно. Поэтому с тепловым насосом обычно используют не трубы и батареи, а теплый пол.

Принцип работы насоса грунт-вода: В коллектор подается незамерзающая смесь (антифриз или соляной раствор). Жидкость поглощает тепловую энергию грунта и переносит ее к испарителю. В испарителе энергия переходит к хладагенту (фреон), в результате чего он превращается в пар. В компрессоре в результате увеличения давле-

ния повышается температура пара (хладагента). Через конденсатор тепловая энергия пара передается теплоносителю системы отопления, а хладагент, охлаждаясь, превращается в жидкое состояние и возвращается обратно в коллектор.

Достоинства теплового насоса: Отсутствие согласований с контролирующими органами. Безопасность, в частности пожароопасность. Не содержит деталей, которые могут перегреться. Не выделяет угарный газ. Остановка работы не приведет к поломке элементов системы или замораживанию жидкости. Долговечность. Срок службы составляет от 15 до 50 лет. Комфорт. Функционирование насоса не сопровождается колебанием температуры и влажности. Работает практически бесшумно. Может отапливать дом зимой и охлаждать его летом. Кроме того, летом можно систему использовать для обогрева бассейна. Экономичность. Электроэнергия необходима лишь для того, чтобы мог работать компрессор.

УДК 621.18:543.06

Жемчужнов М.А., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА И ОЧИСТКИ КОНДЕНСАТА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Станция сбора, очистки и перекачки конденсата рассмотрена на примере Рязанского нефтеперерабатывающего завода. Установка служит для сбора, отстоя и очистки конденсата, поступающего с установок предприятия и последующей перекачки конденсата на ТЭЦ и в линию ХОВ завода. Качество отпускаемого конденсата: общая жесткость - до 5,0 мг-экв/дм³; содержание соединений железа – до 100 мг-экв/дм³; содержание кремниевой кислоты - до 120 мг-экв/дм³; содержание нефтепродуктов - до 3мг/дм³; перманганатная окисляемость -до 5 мг O₂/дм³; солесодержание - до 20 мг/дм³; содержание масла – отсутствие; рН - 8,5-9,5.

Конденсат с предприятия поступает в баки отстойники. Время отстоя конденсата не менее 3 часов. Конденсат из баков-отстойников самотёком поступает в баки чистого конденсата. После отстоя в ёмкостях «чистый» конденсат поступает на сорбционные фильтры I ступени и далее на сорбционные фильтры II ступени и на Накатионитные фильтры. В качестве сорбционных фильтров используются фильтры ФСУ Таганрогского завода «Красный котельщик». Очистка конденсата от высокодисперсного масла достигается на сорбционных фильтрах, загруженных активированным

углём марки БАУ-20 (активный дробленый древесный уголь). Размер зёрен активированного угля $1\div 3,5$ мм. Маслоёмкость угля (при $t = 95$ °С) $25\div 35$ %. Продолжительность фильтроцикла сорбционных угольных фильтров зависит от содержания «масла» в исходном конденсате. Для предотвращения слеживания активного угля в процессе работы фильтров периодически (раз в $10\div 15$ суток) производится взрыхление фильтрующего материала горячим обезмасленным конденсатом или горячим конденсатом с воздухом. Активный уголь обладает зольностью 5-15 %, в том числе 20-35 % составляют водорастворимые соли жёсткости. Для снижения содержания в конденсате солей жёсткости предусмотрены две ступени Na-катионитных фильтров, загруженных термостойким катионитом КУ-2-8, $H_{сл} = 1,5$ м. С целью снижения процесса коррозии трубопроводов и ёмкостей, необходимо повысить рН конденсата до 9,5. Предусматривается аммиачное хозяйство для приготовления 5 % раствора аммония из сульфата аммония.

УДК 621.18:543.06

Шевцов А.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПАРОВОГО КОТЛА ДКВР-10/13 ЗА ПЯТИЛЕТНИЙ МЕЖПРОМЫВОЧНЫЙ ПЕРИОД И ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Практическая часть работы выполнена на котельной ООО «Абсолют» посёлок Лужковский Тульской области. В течение последних пяти лет (с 2014 г. по 2019 г.) наблюдался паровой водотрубный котёл низкого давления ДКВР-10/13 (№ 3), находящийся в эксплуатации более сорока лет. Выполнен комплекс исследований степени загрязнённости внутренних поверхностей нагрева котла, определена масса отложений. Рентгенофазовый и химический анализ проб отложений позволил определить их состав и оценить количество каждого ингредиента. С учётом состава накипи и сроков эксплуатации котла, выбиралась моющая композиция и технология очистки. Для каждого из технологических вариантов очистки котла была разработана и смонтирована схема циркуляционной химической очистки. За это время дважды, в 2014 г. и в 2019 г. проведена его химическая очистка. Потребляя глубоко умягчённую воду с одной водоподготовительной установки, этот котёл в рассмотренном периоде отличался разным составом накипи на внутренних поверхностях теплообмена, что обусловлено разным качеством производственного конденсата, используемого для питания котлов.

В 2014 г. при массе отложений в котле 604 кг и почти равном в процентном соотношении в них кальцита и гематита принята технология очистки с композицией трилона Б с сульфаминовой кислотой. Требуемые количества реагентов для химической промывки составили: трилон Б - 975 кг; сульфаминовая кислота - 600 кг; уротропин - 50 кг; сода кальцинированная - 120 кг. Степень очистки более 98 %.

В 2019 г. при массе отложений 1067 кг (почти в 1,8 раза больше), с подавляющим присутствием в них кальцита, но и с наличием силиката, принята моющая композиция соляной кислоты с фторидом натрия. Стадия нейтрализации и щелочения выполнена раствором кальцинированной технической соды (2 – 5) %. Расчётные количества реагентов для химической очистки парового котла составляют: соляная кислота техническая синтетическая 2964 кг; уротропин технический 175 кг; фторид натрия 175 кг; сода кальцинированная техническая 700 кг. Степень очистки не превысила 96 %. Однако эта технология дешевле более, чем в четыре раза очистки на основе комплексона.

УДК 621.18:543.06

Чепрасова В.В., Зайцев Н.А., Курило Н.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ В СХЕМАХ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ

Электродиализ - это метод обессоливания (опреснения) солёных вод на селективных ионообменных мембранах из ионитных смол. Если такой мембраной разграничить раствор, а затем по обе стороны мембраны поместить электроды, соединённые с источником постоянного тока, то она будет проявлять свойства униполярного проводника. С помощью ионов мембрана проводит ток лишь одного знака. Изготовленная из катионита, она пропускает лишь положительно заряженные ионы, а анионитовая мембрана пропускает лишь отрицательно заряженные ионы. На этом свойстве мембран основан метод электродиализного обессоливания воды. Обработываемую воду разделяют чередующимися катионитовыми и анионитовыми мембранами, которые образуют также чередующиеся концентрирующие (рассольные) и обессоливающие (дилуатные) камеры. Электродиализ не эффективен для производства воды с низким содержанием, так как высокое электрическое сопротивление воды ведёт к резкому росту энергопотребления и снижает экономичность процесса.

Электродеионизация – процесс, совмещающий в себе преимущества электродиализа и ионного обмена. Этот процесс разработан для прове-

дения глубокого обессоливания воды и использования как альтернативы ионообменным фильтрам смешанного действия. Сущность процесса заключается в том, что ионообменную смолу помещают в камеры электродиализного аппарата для увеличения глубины обессоливания. При нахождении в дилютантных камерах зёрен катионита и анионита катионы и анионы солей будут обмениваться на ионы водорода и гидроксиды, при этом катионы и анионы переходят в иониты, а ток переносится ионами H^+ и OH^- . При этом в электрическом поле происходит диссоциация молекул воды на ионы H^+ и OH^- . Присутствие в воде этих ионов вызывает обмен ионов H^+ на катионы кальция, магния, натрия, а OH^- на анионы хлорида и сульфата. Переходящие в раствор ионы солей, двигаясь в электрическом поле, переходят в камеры рассола, как в случае «классического» электродиализа. Таким образом, при электродеионизации эффект обессоливания достигается благодаря ионному обмену, происходящему в камерах электродиализного аппарата.

УДК 621.18:543.06

Мисюнас Д.А., Зайцев Н.А., Чермошеницев Е.А., Макрушин В.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

РАЗВИТИЕ РЕАГЕНТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МЕТОДОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБЕСКИСЛОРОЖИВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Химическое обескислороживание питательной воды основано на окислительно-восстановительных процессах. Для связывания остаточного кислорода в питательной воде котлов после деаэраторов (10-50 $мкг/дм^3$) применяют химические реагенты с сильными восстановительными свойствами. Сульфит натрия - Na_2SO_3 . Преимущества сульфитирования: полная безвредность для людей; простота дозирования раствора (2-10) %; эффективное взаимодействие с микроколичеством кислорода. Недостаток: повышение сухого остатка питательной воды. Может применяться для паровых котлов низкого и среднего давлений. В настоящее время сульфитирование для обескислороживания имеет ограниченное применение. Для связывания кислорода, пассивации и консервации энергетического оборудования давно используется гидразин. Гидразин - N_2H_4 используется в двух видах. Гидразин-сульфат - $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ твёрдое вещество с кислыми свойствами, взаимодействует с кислородом в щелочной среде. Преимущество: может применяться для барабанных котлов высокого давления. Недостатки: необходимость дозирования щёлочи для нейтрализации кислоты и повышение растворимости реагента (плохо растворяется в холодной воде); повы-

шение солесодержания воды; вреден для людей. Гидразин-гидрат - $N_2H_4 \cdot H_2O$ (леваксин - гидразин производства BASF) бесцветная жидкость со слабощелочными свойствами. Преимущества: не происходит повышения солесодержания воды; может применяться для барабанных котлов сверхвысокого давления, для прямоточных котлов СКД, для реакторов и парогенераторов АЭС, для котлов-утилизаторов ПГУ. Недостатки: канцероген, ядовит, токсичен (сильнее, чем гидразин – сульфат) – представляет опасность для людей; горюч при концентрации более 40 %. Карбогидразид (торговая марка «Элиминокс™») – CH_6N_4O не канцероген, не токсичен (4 класс опасности), не взрывоопасен. Связывает кислород быстрее и эффективнее, чем гидразин, особенно при низких температурах, малоопасен для организма, не требует специальных средств защиты людей и медицинского наблюдения. Реакции пассивации энергетического оборудования протекают с образованием магнетита (углеродистая сталь) и куприта (медьсодержащие сплавы).

УДК. 658.264

Данилов А.А, Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А, Курило Н.А.

МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Повышение энергоэффективности теплоснабжения неразрывно связано с решением проблемы рационального комплексного использования энергетических ресурсов, утилизации вторичных энергоресурсов, вовлечение возобновляемых нетрадиционных источников энергии. Теплонасосные установки (ТНУ) позволяют экономить первичные топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) за счет использования природной низкопотенциальной теплоты или низкопотенциальных вторичных энергоресурсов.

Коэффициент преобразования μ ТНУ является важнейшей энергетической характеристикой, определяющей не только технико-экономические показатели, но и границы конкурентноспособности ТНУ по отношению к другим источникам теплоты, целесообразного использования в технике.

При расчетах в качестве базового рабочего вещества был принят фреон R22, широко применяемый в системах кондиционирования воздуха, промышленных, торговых и транспортных холодильных установках, тепловых насосах, но с ограничениями, наложенными Монреальским протоколом. Кроме того проведены сравнительные расчеты с альтернативными озонобезопасными хладагентами. В качестве источника низкопотенци-

альной теплоты использовалась обратная вода технического водоснабжения предприятия с определяющими температурными параметрами.

Максимальный коэффициент преобразования теплоты ТНУ, превышающий аналогичный показатель для базового R22 при одинаковых заданных параметрах расчета обладают фреоны R152a и R32. Применение неазеатропных смесей в ТНУ в качестве рабочих веществ эффективнее, чем для чистых веществ за счет снижения внешней необратимости процессов, возникающих в результате теплообмена при конечных разностях температур в конденсаторе и испарителе. Существенный вклад в увеличение коэффициента преобразования вносит применение цикла ТНУ с регенерацией и соответственно получение большего значения отопительного коэффициента цикла ТНУ.

УДК 621.1:621.311:621.165

Шуляк В.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А., Курило Н.А.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБИН ТЭС

Конденсация на каплях и твердых частицах примесей оказывает большое влияние на процессы образования и движения влажного пара в проточной части турбин, где дополнительными генераторами центров конденсации могут служить вихревые следы, отрывные вихревые зоны разрежения. Более ранняя конденсация примесей из пара в проточной части турбины приводит к росту более чем на порядок среднего размера образующихся капель по сравнению с чистой гомогенной конденсацией. Такие инактивные примеси, как хлорид и гидроксид натрия, сильно гидратируются в воде и тем самым повышают поверхностное натяжение жидкой фазы. Энергия образования зародышей конденсации очень сильно зависит от межфазного натяжения. Для концентрированных растворов хлорида и гидроксида натрия поверхностное натяжение значительно больше, чем для воды, поэтому и энергия образования будет больше, что приводит к увеличению размеров зародышей и самих капель. По экспериментально полученным данным поверхностного натяжения водных растворов хлорида и гидроксида натрия в широком интервале температур и давлений, были рассчитаны размеры конденсирующихся капель. Расчеты показали, что размеры вторичных капель, образующихся при сходе пленки с лопаток в 1,5-2,0 раза больше, чем при конденсации. Большая скорость потока пара приводит к срыву пленки с поверхности лопатки и дроблению на крупные капли. Поток крупнодисперсной коррозионно-агрессивной влаги вызывает эрозию входных кромок рабочих лопаток. В основном разрушения происходят от коррозионной усталости. Сочетание

эрозионного износа с коррозионным разрушением лопаток турбин является наиболее опасным. Определены значения максимального радиуса капель для конденсата и растворов хлорида и гидроксида натрия различных концентраций, которые могут возникать после схода пленки влаги с лопаток. Рассчитаны размеры первичных и вторичных капель на сопловых и рабочих лопатках, что позволяет продвинуться в поисках способов управления дисперсной структурой двухфазных потоков.

УДК 621.14.351

Синякин Е.М., Чермошеницев Е.А., Зайцев Н.А., Макрушин В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ГВС

Проблема зарастания котлов и теплообменников химическими отложениями неорганического и органического происхождения является одной из наиболее острых в теплоэнергетике. Было достоверно установлено, что приложение акустических колебаний к стенке теплообменника приводит к предотвращению накипи. Специализированной организацией - заводом «Котлоочистка» были рассмотрены вопросы влияния химического состава воды, акустические характеристики труб и других узлов теплоагрегатов. Теоретически и экспериментально определена амплитуда и форма акустического сигнала, а также требуемое количество излучателей. В настоящее время акустические методы противонакипной обработки вернулись в промышленность в качественном и современном применении материалов для излучателей, особенно магнитоотрицательный материал «пермендиор». Это позволило уменьшить потребляемую мощность. Его достоинство состоит в том, что уменьшается резонанс в трубах, и очистка происходит без образования «резонансных» колец из накипи на внутренней стороне труб. Опытные исследования на бойлерном оборудовании системы ГВС, подпитываемой необработанной артезианской водой, для промышленно-отопительной котельной показало за год эксплуатации меньшее количество твердых отложений на стенках труб кристаллизованных в подогреваемой воде солей. Излучатели приваривались к фланцам корпуса бойлера попарно. Ультразвуковая технология предотвращения образования накипи позволяет обеспечить безнакипный режим работы теплообменников в течение длительного времени, не требует вмешательства в их работу, расходных материалов и потребляет незначительное количество электроэнергии.

УДК 621.181.110.5

Лазарев А.Ю., Горянский Д.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СКОРОСТЕЙ ГАЗОВ
 В РЕБРИСТЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРАХ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ КОТЛОВ**

В настоящее время, пылеугольные котлы, работающие на углях различных марок, часто оснащают ребристыми экономайзерами из труб шахматного или коридорного расположения с приварным спирально-ленточным оребрением (РЭКО). При проектировании таких РЭКО большое значение имеет оценка предельно допустимых скоростей газов.

Были проведены три серии расчетов (для трех значений сроков службы $\tau = 10; 15$ и 20 лет) по определению предельно допустимых скоростей газов в РЭКО для экибастузского, подмосковного, челябинского и бикинского углей при величине допустимого утонения стенки 2 мм. Скорости газов приведены к номинальной нагрузке котлов (с помощью коэффициента $D_{ном}/D_{ср}=1,2$) и вычислялись по формуле:

$$W_{max}^{ном} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\tau \cdot A}} \cdot \frac{1}{a \cdot \mu_3 \cdot \kappa_n \cdot \tau_1 \cdot \kappa_R \cdot k_{\sigma 2}} \quad (1)$$

где τ – расчетный срок службы РЭКО, час. ($10, 15$ и 20 лет); τ_1 – годовое число часов работы, ч/год (принято в расчетах равным 6500 ч/год); A – коэффициент пропорциональности ($A=0,105$ – для шахматных пучков и $0,025$ – для коридорных пучков); μ_3 – концентрация золы в потоке газа, зависящая от A_p – содержания золы в рабочей массе топлива, %; a ун – доли золы, уносимой газами из топки; g'_2 – температуры газа на входе в РЭКО, оС; v'_2 – объема газа при g'_2 на 1 кг сжигаемого топлива, nm^3/kg .

В результате расчетов получили, что с повышением расчетного срока службы РЭКО в двое (с 10 до 20 лет) уровень расчетных $W_{пред}$ при номинальной нагрузке котла уменьшается на $1,3 \div 1,5$ м/с для каждой конкретной конструкции РЭКО и при $\tau = 20$ лет на наиболее абразивном экибастузском угле в шахматных РЭКО с высотой ребра $h=15$ мм падает ниже $4 \div 5$ м/с.

Это означает, что режим обтекания РЭКО при таких скоростях газов становится ламинарным $Red < 6000$, а не смешанным ($Red > 10000$), на который рассчитывались РЭКО при проектировании. При ламинарном режиме обтекания снижается теплоотдача РЭКО, а загрязнение золой интенсифицируется, что в комплексе приводит к резкому уменьшению тепловой эффективности и экономичности РЭКО.

При низких нагрузках котлов в эту неблагоприятную зону работы попадают шахматные РЭКО не только на экибастузском, но и на подмосковном, челябинском, бикинском углях (при $h=15$ мм).

Поэтому расчет шахматных РЭКО-I на золовой износ должен производиться с учетом их срока службы не более, чем на 15 лет. Однако, фактический срок их службы может оказаться значительно выше, особенно при использовании эффективных противощуптовых и противозносных устройств (например, по рекомендациям [1]).

В коридорных РЭКО уровень расчетных значений предельно допустимых скоростей газов \sim в $1,6 \div 1,7$ раз выше, чем в соответствующих шахматных РЭКО. Они остаются в зоне смешенного течения газа при всех эксплуатационных нагрузках даже при $\tau = 20$ лет. Столь высокие $W_{гпред}$ делают коридорные РЭКО по своим термическим характеристикам не хуже шахматных. Они имеют более низкое аэродинамическое сопротивление [2].

Анализ расчетов показывает, что необходимо пересмотреть традиционную концепцию для отечественного котлостроения повсеместного внедрения шахматных РЭКО на пылеугольных котлах.

Литература

1. Петров В.А., Домбровский В.И. Методические указания по оптимизации конструкций орребренных экономайзеров и их золозащитных устройств. – Отчет. Урал ВТИ, Челябинск, 1997.
2. Фомина В.Н., Горелик Л.С., Пак Ю.М. Опытнo – промышленный образец орребренного экономайзера коридорной компоновки. – Энергетик №7, 1997.

УДК 621.181.110.5

Лазарев А.Ю., Маликова С.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ГЛУБИНЫ ЗОЛОВОГО ИЗНОСА СПИРАЛЬНО-ОРЕБРЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА

К настоящему времени накопилось немало материалов по золовому износу спирально-орребренных поверхностей нагрева. Анализируя их применительно к экономайзеру из спирально-орребренных труб для пылеугольных котлов [1, 2, 3] и основываясь на известной обобщающей зависимости ВТИ для гладкотрубных пучков [4], можно сделать вывод о применимости этой зависимости для ребристых пучков, но с другими коэффициентами пропорциональности, отражающими влияние ребер на процесс износа труб:

$$J_{\max} = A a k_{\mu} \mu_3' (k_w w_2')^3 \tau, \quad (1)$$

где A - эмпирический коэффициент пропорциональности, учитывает зону максимального износа по глубине пучка ($A=0,105$ - для шахматных пучков и $0,025$ - для коридорных пучков); a - коэффициент абразивности золы, кг/Дж (т.е. удельный износ на единицу энергии, распадаемой частицами золы в момент удара); k_w, k_{μ} - эмпирические коэффициенты, учитывающие неравномерности соответственно полей скоростей и концентраций золы в потоке газа. Для ребристых экономайзеров (РЭКО-I) и одноступенчатых РЭКО, расположенных в глубине конвективной шахты, $k_w = 1,2$; $k_{\mu} = 1,25$ ($k_n = k_{\mu} k_w^3 = 2,16$); для РЭКО-II, расположенных за соединительным горизонтальным газоходом котла на входе в конвективную шахту (поворот газов на 90°), $k_w = 1,45$; $k_{\mu} = 1,25$ ($k_n = 3,81$); w_2' - скорость газа на входе в РЭКО, определяемая по [5], в осевом поперечном либо в диагональном сечении ряда труб по температуре газа g_2' , м/с; τ - время работы РЭКО, час.; μ_3' - концентрация золы в потоке газа на входе в РЭКО по [5], г/м³, зависящая от A^P - содержания золы в рабочей массе топлива, %; $a_{ун}$ - доли золы, выносимой газами из топки; V_2 - объема газов на 1 кг сжигаемого топлива, м³/кг; g_2' - температуры газов на входе в РЭКО, °С.

Общий характер распределения износа по периметру единичной оребренной трубы и трубы в пуске близок к таковому у гладких труб. Конфигурация периметра ребра в процессе износа меняется так же, как конфигурация периметра трубы, а кромки ребер в местах износа заостряются.

Спецификой золотого износа спирально-оребранных труб является возникновение у корней ребер канавок глубиной до 1 мм и шириной до 2 мм, что определяет количественно большую величину максимального и среднего износа ребристых труб по сравнению с гладкими (при равных диаметрах труб, шагах, расположении труб в пучке и скорости омывания). Интенсивность износа ребристых труб (величина прикорневых канавок) также ещё зависит и от высоты ребер h , увеличиваясь с ростом h , но не зависит от формы ребер (прямое, подогнутое параллельно потоку газа). В остальном процессы износа оребренных и гладкотрубных пучков качественно идентичны.

Таким образом, формула (1) позволяет оценить необходимые для проектирования РЭКО предельно допустимые скорости газов при заданном допустимом утонении стенки труб (обычно 2 мм) и заданном сроке службы РЭКО (обычно 10 лет, т.е. примерно 65000 час).

Литература

1. Васильев А.А., Мартынычев М.И. Разработка поперечно – оребренного экономайзера с повышенной устойчивостью к золовому износу в среде продуктов сгорания экибастузского угля. – Отчет. Урал ВТИ, Челябинск, 1990.
2. Домбровский В.И. Исследование золового износа оребренных труб в коридорных пучках. – Отчет. Урал ВТИ, Челябинск, 1997.
3. Петров В.А., Домбровский В.И. Методические указания по оптимизации конструкций оребренных экономайзеров и их золозащитных устройств. – Отчет. Урал ВТИ, Челябинск, 1997.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов: нормативный метод / ред. Н. В. Кузнецов. - М.: Энергия, 1973. 295 с.
5. Кузнецов Н.В. Рабочие процессы и вопросы усовершенствования конвективных поверхностей котельных агрегатов, ГЭИ, 1958. 172с.

УДК 697.34

Лазарев А.Ю., Штефан К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

О РЕГУЛИРОВАНИИ НАГРУЗКИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Системы теплоснабжения представляют собой взаимосвязанный комплекс потребителей тепла, отличающихся как характером, так и величиной теплотребления. В нашей стране в качестве основного метода регулирования отпуска тепла был принят метод центрального качественного регулирования по нагрузке на отопление. Он заключался в поддержании на источнике теплоснабжения температурного графика, обеспечивающего в течение отопительного сезона заданную внутреннюю температуру отапливаемых помещений при неизменном расходе сетевой воды. С появлением нагрузки горячего водоснабжения минимальная температура воды в тепловой сети была ограничена величиной, необходимой для подачи в систему горячего водоснабжения, несмотря на то, что по отопительному графику требуется теплоноситель более низкой температуры. «Срезка» отопительного температурного графика при указанных температурах и отсутствии местного количественного регулирования расхода воды на отопление приводит к перерасходу тепла на отопление при повышенных наружных темпера-

турах, т.е. возникают так называемые весенне-осенние «перетопы». Для обеспечения комфортной температуры воздуха внутри помещений, а также экономии потребляемой тепловой энергии, особенно, в весенний и осенний периоды отопительного сезона, необходимо модернизировать системы теплоснабжения с помощью современных микропроцессорных систем регулирования с применением количественного и качественно-количественного принципа регулирования.

Перевод систем теплоснабжения на количественное и качественно-количественное регулирование тепловой нагрузки является эффективным энергосберегающим мероприятием [1, 2]. Особо отметим следующие преимущества: 1) работа системы теплоснабжения большую часть отопительного периода с пониженными расходами сетевой воды и значительной экономией электроэнергии на транспорт теплоносителя; 2) меньшая инерционность регулирования тепловой нагрузки, т.к. система теплоснабжения более быстро реагирует на изменение давления, чем на изменение температуры сетевой воды; 3) наилучшие тепловые и гидравлические показатели по режиму систем отопления за счет уменьшения влияния гравитационного напора и снижения перегрева отопительных приборов; 4) возможность применения при температуре 110 °С в местных системах и квартальных сетях долговечных трубопроводов из неметаллических материалов.

Недостатками являются: 1) переменный гидравлический режим работы тепловых сетей; 2) большие, по сравнению с качественным регулированием, капитальные затраты в теплосети.

Таким образом, одним из перспективных направлений развития отечественного теплоснабжения является совершенствование технологий регулирования тепловой нагрузки путем перехода к низкотемпературному теплоснабжению, количественному и качественно-количественному регулированию. Внедрение качественного и качественно-количественного регулирования в существующих системах теплоснабжения невозможно без их определенной модернизации и применения новых технологических решений.

Литература

1. Ротов П.В. Способы регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения. Перспективы развития. Ульяновск: УлГТУ, 2007.
2. Шарапов В. И., Ротов П.В. Технологии регулирования нагрузки систем теплоснабжения. Ульяновск: УлГТУ, 2003. - 160 с.

УДК 620.9-047.645

Шуляк В.А., Данилов А.А., Глазков К.В., Золотарева В.Е.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**К ВОПРОСУ СОКРАЩЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ
НА ОБЪЕКТАХ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ**

Тепловой баланс помещений составляется для решения вопроса о необходимости устройства и мощности системы отопления данного помещения. С этой целью сравниваются величины теплотерь и теплоступлений в расчетном режиме (при максимальном дефиците теплоты). Расчетная мощность систем отопления для компенсации теплодефицита в помещении определяется

$$Q_{co} = \sum Q_{nom} - \sum Q_{пост}, \quad (1)$$

где Q_{co} – теплодефицит, т.е. расчётная мощность системы отопления, Вт; $\sum Q_{nom}$ – суммарные тепловые потери помещения, Вт; $\sum Q_{пост}$ – суммарные теплоступления в помещение, Вт.

В общем случае величины суммарных теплотерь в помещениях определяются соответственно

$$\sum Q_{nom} = Q_{озр} + Q_u + Q_{mat} + Q_{проч}, \quad (2)$$

где $Q_{озр}$ – теплотери через ограждающие конструкции помещения (здания); Q_u – затраты теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха; Q_{mat} – в расходной части баланса - затраты теплоты на нагревание поступающих в помещение холодных материалов и средств транспорта.

Теплотери через ограждающие конструкции (стены, оконные проемы, перекрытия и крыши, полы) и затраты теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха составляют львиную долю суммарных теплотерь на объектах бюджетной сферы. Сокращение этих величин позволит снизить требуемую мощность системы отопления и соответственно снизить затраты на отопление зданий и сооружений. Современные приборы – тепловизоры позволяют оперативно обнаружить источники теплотерь: строительные дефекты и проектные ошибки конструкций [1]. С этой целью необходимо произвести тепловизионную съёмку стен зданий и сооружений снаружи. Результатом становятся фотографии этих стен в инфракрасном изображении, на которых оттенки цвета показывают температурное поле на поверхности стены, что позволяет судить об относительно больших или меньших тепловых потерях через выбранный участок поверхности.

Литература

1. Аникина И.Д., Поршнева Г.П., Сергеев В.В. Тепловизионное обследование зданий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. №2-1. – с. 94-98.

УДК 621.384.3

Шуляк В.А., Данилов А.А., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫМ МЕТОДОМ

Целями тепловизионного обследования ограждения зданий являются [1]: 1) выявление скрытых дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций методом тепловизионного контроля; 2) определение теплопотерь здания; 3) недоработки в разводке отопительной системы, засоренность батарей; 4) дефекты в монтаже радиаторов отопления в подоконных нишах.

Проведение тепловизионного обследования здания требует сочетания определенных факторов. Тепловизионные измерения должны производиться при перепаде температур между наружным и внутренним воздухом, превосходящим минимально допустимый перепад, составляющий 30°C. Расчеты должны выполняться в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ 26629 – 85 [2]. Измерения должны производиться при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности. Обследуемые поверхности не должны находиться в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение более 12 ч до проведения измерений. Удаленность мест установки термографа от поверхности объекта должны определяться с учетом: углового вертикального размера поля обзора тепловизора, линейного размера, подлежащего выявлению участка ограждающей конструкции с нарушенными теплозащитными свойствами, числа строк развертки в кадре тепловизора. Поверхности ограждающих конструкций в период тепловизионных измерений не должны подвергаться дополнительному тепловому воздействию.

Правильно проведенное тепловизионное обследование позволит без больших финансовых затрат снизить тепловые потери. Так, выявленная засоренность батарей и разводящих труб и стояков позволит спланировать рациональный ремонт этого оборудования. Либо достаточно будет ограничиться продувкой и промывкой, либо произвести полную замену оборудования. Выявленные тепловизионным обследованием дефекты в монтаже радиаторов отопления в подоконных ни-

шах могут быть устранены правильным перемонтажом радиатора (на расстоянии не менее 15 мм от стены) и установкой теплоотражающих экранов с фольгированным покрытием. При этом до 90% тепла от радиатора отопления отражается от экрана внутрь помещения, а теплоизоляция предотвращает теплопередачу к стене и через неё на улицу.

Литература

1. Аникина И.Д., Поршнева Г.П., Сергеев В.В. Тепловизионное обследование зданий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. №2-1. – с. 94-98.
2. ГОСТ 26629-85. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. – М., 1985. - <http://docs.cntd.ru/document/gost-26629-85>.

**СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ,
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

УДК 62-83

Камынин В.А., Лопатин А.Г.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РОБАСТНОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАКТОРА - ПОЛИМЕРИЗАТОРА**

Характерной чертой современного промышленного производства полимеров является совершенствование технологий и увеличение единичной мощности реакторов - полимеризаторов. В условиях развития производства суспензионного полиметилметакрилата и полистирола повышаются требования к качеству функционирования систем управления температурным режимом процессов суспензионной полимеризации в реакторах периодического действия. Особенность таких объектов управления состоит в поддержании системой управления определенной температуры процесса полимеризации с требуемой точностью. При этом температура процесса полимеризации должна быть как можно ближе к критической температуре при которой реактор находится на границе устойчивой работы, чтобы обеспечить максимальный выход конечного продукта заданного качества.

Совершенствование систем управления температурным режимом таких процессов является одной из актуальных задач производства полимеров суспензионным способом.

Решение этой проблемы встречает значительные трудности, связанные с тем, что управление температурным режимом процессов полимеризации осуществляется в условиях неопределенности, под которыми понимают структурную и параметрическую неопределенность математических моделей динамики объектов управления и отсутствие информации о действующих на объекты возмущений.

В процессе эксплуатации динамические параметры реактора – полимеризатора изменяются в широких пределах, следовательно, они могут быть отнесены к классу объектов управления с неопределенными параметрами.

Для исследования системы управления такими объектами применяют робастный подход, предусматривающий анализ робастного качества для определения наихудших показателей качества системы при изменении параметров объекта управления и разработку алгоритмов

синтеза робастных регуляторов, обеспечивающих гарантированное по определенному критерию качество работы системы при любых значениях параметров объекта управления.

УДК 681.5

Федин Н.А., Лопатин А.Г.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАСТВОРНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА С ЦЕЛЬЮ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время практически все промышленно развитые страны интенсивно работают по созданию новых, более эффективных систем автоматического управления химико-технологическими процессами (ХТП). Как показывает практика, внедрение и эксплуатация различных САУ является наиболее эффективным средством повышения технико-экономических характеристик ХТП.

Одним из предшественников ХТП является синтез растворного метилметакрилата в реакторе периодического действия. Особенностью данного процесса является сложное сочетание химических и сопровождающих их физических явлений, находящихся во взаимной связи и зависимости друг от друга. При растворной полимеризации метилметакрилата вязкость капель возрастает в 10^{12} раз, изменяется их физическое состояние от жидкости к твердому телу, существенно изменяется тепловая и гидродинамическая обстановка в реакторе. Более того, в этом процессе имеет место динамическая неустойчивость, что иногда приводит к образованию в реакторе одной большой капли твердого полимера. Отличительной особенностью кинетики этого процесса является наличие гель-эффекта, влияющего на степень полимеризации метилметакрилата.

Одним из факторов, определяющих эффективность функционирования периодических производств, является длительность технологической стадии, которая, в свою очередь, складывается из времени элементарных технологических операций. Задача оптимизации элементарных технологических операций решается на нижнем уровне иерархии АСУТП с применением алгоритмов оптимального управления. Для синтеза таких систем необходимо наличие математической модели, включающей в себя кинетику процесса синтеза полиметилметакрилата (ПММА) и гидродинамический и тепловой режимы периодического реактора, которые являются основой для расчета высокоэффективных процессов, масштабного перехода, выбора конструкций и ре-

жима работы реактора, поддержания оптимальных режимов функционирования реактора с помощью выбора соответствующих каналов управления и эффективного вмешательства в ход процесса.

УДК 681.5

Антонович В.Ю., Мелешкина В.А., Брыков Б.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СИНТЕЗА РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТОРАМИ

Управление температурой химического реактора является сложной многокритериальной задачей вследствие наличия неконтролируемых внутренних и внешних возмущений, воздействующих на объект управления – реактор. Возмущения могут быть иметь различную природу возникновения. В частности, в реакторах-полимеризаторах в течение процесса параметры реакционной смеси существенно меняются из-за явления гель-эффекта, что приводит к сильному и нежелательному тепловыделению. Подавить это тепловыделение классические системы управления практически неспособны из-за отсутствия адаптивных свойств и слишком высокой инерционности.

В таком случае необходимо прибегать к синтезу систем управления, обладающих как робастными, так и адаптивными свойствами. Основное отличие понятий робастности и адаптивности регулятора и системы управления в целом заключается в том, что робастный регулятор нечувствителен к относительно малым изменениям параметров объекта управления. Понятие адаптивности, напротив, подразумевает возможность успешного функционирования системы управления при существенных изменениях параметров объекта, что весьма характерно для процесса полимеризации. Адаптивность системы управления может обеспечить специальное устройство – супервизор, позволяющий менять настройки регулятора в зависимости от текущего состояния процесса.

Таким образом, задача синтеза эффективной системы управления реактором сводится к синтезу робастного регулятора и супервизора. Среди множества возможных подходов к реализации этой задачи стоит выделить методы нечеткой логики, позволяющие произвести синтез контроллера без наличия математической модели объекта управления – иначе говоря, в условиях отсутствия и/или недостатка априорной информации об объекте управления. Главной проблемой при синтезе регулятора и супервизора является выбор входных переменных, сово-

купность значений которых с помощью базы знаний определяет управляющее или корректирующее значение. Эта проблема решается путем перехода к использованию знака ошибки регулирования и первых двух ее производных как входных переменных.

УДК 519.876.5

Бычков А.Д., Камынин В.А., Брыков Б.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
РЕАКТОРА СИНТЕЗА ПОЛИМЕРОВ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПОТОКА
ХЛАДАГЕНТА В РУБАШКЕ**

В процессах радикальной полимеризации используются реакторы периодического действия с мешалкой и рубашкой для отвода тепла и первичного нагрева реакционной смеси. Одним из наиболее удобных способов исследования особенностей процесса радикальной полимеризации является применение физической или аналитической (математической) модели реактора.

Первые представляют собой лабораторный реактор объемом до 500 мл, полностью соответствующий реальному промышленному реактору и позволяющий проводить процессы полимеризации в лабораторных условиях. Такой реактор довольно затруднительно использовать многократно из-за необходимости большого количества дефицитных реагентов (мономера, стабилизатора, инициатора) для каждого процесса. В этой связи становится очевидной необходимость разработки математической модели реактора, адекватно описывающей процессы тепловыделения, происходящие в нем при полимеризации.

Для создания такой модели было принято допущение об использовании модели идеального смешения для реакционной смеси в реакторе, была учтена тепловая инерционность стенки корпуса. Единственный вопрос, оставшийся для рассмотрения, заключается в выборе гидродинамической структуры потока хладагента в рубашке. Дело в том, что в данном случае можно использовать либо модель идеального смешения, либо модель идеального вытеснения с переходом к ячеечной модели, где каждая ячейка обозначает сектор рубашки, ограниченный перегородкой.

Проведя сравнительный анализ математических моделей, установили, что они обе адекватно описывают изменения температуры реакционной смеси в течение процесса полимеризации. Тем не менее, использование модели идеального вытеснения для рубашки реактора

дает лучший результат, что и определило итоговую систему уравнений модели: уравнения кинетики процесса, уравнение теплового баланса для реакционной смеси, стенки корпуса и ячеечная модель для рубашки. Число уравнений ячеечной модели для рубашки и уравнений для стенки корпуса соответствует числу перегородок в реакторе.

УДК 658.652

Федин Н.А., Лопатина С.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

УПРАВЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

Качество продукции достигается за счет использования комплексной системы управления процессами жизненного цикла продукции, в том числе управления метрологическим обеспечением производства.

Метрологическое обеспечение отличает наибольший объем требований в рамках систем менеджмента качества, включающих не только непосредственные измерения в совокупности видов деятельности предприятия, но и повсеместное присутствие измерений при мониторинге и анализе других видов деятельности.

Чтобы определить роль метрологическую службы в системе качества предприятия, необходимо представить его деятельность в современной концепции всеобщего управления качеством.

Современная концепция управления качеством предлагает метрологической службе дополнительный элемент оценки эффективности ее деятельности - проведение аудита по элементам системы качества с целью выявления несоответствий. Анализируя последовательность снижения несоответствий по элементам, можно установить логические связи элементов метрологической деятельности, скорректировать структуру и документацию метрологической службы, изменить организацию метрологического обеспечения на предприятии.

Для конкретного предприятия можно сопоставить данные несоответствий по метрологическому обеспечению с графиками несоответствия других подразделений и предприятия в целом. Это даст огромный объем информации для проведения аналитических исследований и совершенствования взаимодействия подразделений и корректировки системы качества, охватывающей все звенья предприятия.

В этой связи научный интерес представляют методы и технологии для управления качеством процесса метрологического обеспечения, использующие аппарат кибернетики.

Важнейшей проблемой на стыке метрологии, экономики и организации производства остается правильный выбор показателей для оцен-

ки состояния, результативности, качества и эффективности процессов метрологического обеспечения.

УДК 681.384

Беляев Ю.И., Мовенко К.Д., Поляков Н.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГРУНТА «КИТТ-ГРУНТ»

В данном приборе осуществляется предварительный нагрев и монотонно охлаждение навески грунта, а также жидких, сыпучих, пастообразных, смазочных материалов и др. от +30°C до 0°C.

Диапазон теплопроводностей 0.2-4 Вт/мк и теплоемкости 600-2000 Дж/(кг·к). При этом одновременно происходит измерение теплоемкости и теплопроводности грунта с шагом по температуре 10°C.

Размер кюветы диаметром 30 мм и толщиной 5 мм.

Цикл измерения по температуре составляет 15-20 мин.

Погрешность измерения составляет 5 %.

К прибору прилагается сертификат соответствия и эталонные образцы из оргстекла, кварцевого стекла и белого мрамора.

В приборе имеется автоматизированная калибровка по эталонным образцам, а также опции хранения протоколов измерений, печати и транспорт в Word.

УДК 681.384

Предместьин В.Р., Мелешикина В.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО НАСЫЩЕНИЯ В РЕГУЛЯТОРАХ

Интегральное насыщение – это эффект, который наблюдается, когда ПИ – или ПИД – регулятор в течении продолжительного времени должен компенсировать ошибку, которая лежит за пределами диапазона управляемой переменной. Так как выход регулятора ограничен, ошибку достаточно сложно свести к нулю.

В случае если знак ошибки управления длительное время остается неизменным, то величина интегральной составляющей ПИД – регулятора становится крайне большой. Данное явление, в частности, происходит, если управляющий сигнал будет сильно ограничен, что в итоге расчётный выход регулятора будет отличаться от реального выхода исполнительного механизма. Поскольку интегральная часть становит-

ся равной нулю, только некоторое время спустя, после изменения знака значения ошибки, интегральное насыщение может привести к значительному перерегулированию. Интегральное насыщение является следствием нелинейностей в системе, которые связаны с ограничением выходного управляющего сигнала, и оно может никогда не наблюдаться в действительно линейной системе.

Один из способов, который должен ограничивать влияние интегральной части заключается в условном интегрировании. В случае если ошибка достаточно велика, то для управления достаточно только пропорциональной части, в то время, как интегральная часть не требуется для формирования управляющего сигнала. Интегральная часть, которая используется для устранения стационарных ошибок, необходима лишь, если ошибка относительно невелика. При условном интегрировании данная составляющая будет учитываться в окончательном сигнале, только в том случае, если ошибка не превосходит определённого порогового значения. В цифровых ПИД – регуляторах можно более простым способом избежать интегрального насыщения. Интегральная часть настраивается на каждом интервале выборки таким образом, что выходной сигнал регулятора не превышает некоторого предела. Сначала управляющий сигнал необходимо вычислить с помощью алгоритма ПИ – регулятора, а потом произвести проверку, превышает ли он установленные пределы.

УДК 62-5

Волков В.Ю., Поляков Н.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ

В химической промышленности большинство технологических процессов связано с использованием теплоты. Многие виды сырья, материалов подвергаются тепловой обработке: охлаждению, нагреванию, выпариванию и т.п.

Теплообменники - это устройства, которые передают тепло от одного рабочего тела, называемого теплоносителем другому, называемому хладагентом, для выполнения различных термических процессов: нагревания, конденсации, охлаждения, увеличения концентрации растворов и т.п.

Несмотря на кажущуюся простоту, теплообменник как объект управления можно считать сложной системой, т.к. он имеет четыре входа и два выхода (расходы и температуру горячего и холодного пото-

ков). Так как в качестве управляющих воздействий обычно используются расходы, то вполне возможно наличие ограничений на величину управляющего воздействия, т.к. максимальное значение расхода ограничено пропускной способностью трубы, а минимальное равно нулю.

Кроме того, изменения расходов теплоносителя и хладагента существенно влияет на инерционность объекта, при сочетании расходов $G_{\text{хмах}} - G_{\text{гмах}}$ объект имеет наименьшую инерционность, а при сочетании расходов $G_{\text{гмин}} - G_{\text{хмин}}$ имеет наибольшую инерционность, коэффициент усиления, наоборот, при сочетании расходов $G_{\text{хмах}} - G_{\text{гмах}}$ увеличивается, а при сочетании расходов $G_{\text{гмин}} - G_{\text{хмин}}$ уменьшается.

Проведенное имитационное моделирование показало, что из-за ограничений сигнала управления форма процесса регулирования напоминает пилу. Это говорит о том, что управляющего воздействия по этому каналу явно недостаточно для оптимального регулирования. Качество регулирования во многом ухудшилось, переходный процесс после подачи возмущения не вышел на задание, так как не хватило управляющего воздействия, увеличилось время регулирования по заданию, но уменьшилось перерегулирование. Приемлемое качество регулирования невозможно из-за конструктивных особенностей теплообменника.

Для улучшения качества процесса управления предлагается использовать дополнительный контур управления.

УДК 62-5

Волкова В.В., Волков В.Ю., Ланцов С.Р.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ MS WORD С ПОМОЩЬЮ МАКРОСОВ

При разработке документов в текстовом процессоре MS WORD часто приходится совершать повторяющиеся действия. Например: форматировать таблицы по образцу, ускорения наиболее востребованных действий форматирования, редактирования; создание таблицы с определенным числом столбцов, строк, стилем границ. Эти рутинные операции можно автоматизировать с помощью макросов. Макрос - это комплекс инструкций, группируемых в единую команду для автоматического выполнения того или иного задания.

Таким образом, макросы в MS WORD превращают несколько задач в одно действие. Чтобы его осуществить, необходимо набрать комбинацию клавиш или нажать на кнопку панели быстрого доступа.

Некоторые задачи по форматированию всего документа в целом можно решить только с помощью макросов. Например, если в документе очень много таблиц, и все они имеют различные стили оформления, заливку заголовков и т.п., то привести их к единому стилю простым выделением и заменой не получится. Провести такую операцию с помощью следующего макроса очень легко.

```
Dim oTable As Table
```

```
For Each oTable In ActiveDocument.Tables
```

```
oTable.Style = "Сетка таблицы"
```

```
Next oTable
```

Другой способ применения макросов – восстановление процедуры сканирования непосредственно в MS WORD версии 2010. Начиная с той версии нет способа отсканировать изображение и сразу поместить его на страницу документа. Раньше работа со сканером была в (MS Word 2003). Майкрософт рекомендует использовать отдельную программу из средств MS Office «Организатор клипов».

С помощью следующего макроса вернем возможность сканировать непосредственно в документ.

```
Sub InsertFromScanner()
```

```
On Error Resume Next
```

```
WordBasic.InsertImagerScan
```

```
End Sub
```

Таким образом, использование макросов существенно повышает эффективность работы в MS WORD.

УДК 62-5

Волков В.Ю., Мухин А.А., Баранов И.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ВЫБОР МОДЕЛИ РАССЕЯНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

С целью отработки алгоритма поиска максимальной концентрации загрязняющего вещества в приземном слое атмосферного воздуха в реальном времени были проанализированы основные модели рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере.

Анализ показал, что практически все модели являются сложными и трудоемкими для вычисления, особенно в реальном времени. Обычно они используются для вычисления прогнозных значений концентрации загрязняющих веществ. Кроме того, натурные наблюдения часто показывают, что измеренные концентрации загрязняющих веществ оказываются ниже расчетных. Поэтому было принято решение разработать

упрощенную модель, учитывающую скорость ветра, массу начального выброса, высоту начального выброса.

Для построения графической интерпретации было принято решение использовать язык программирования Python и библиотеку matplotlib. Библиотека matplotlib - это библиотека двумерной графики для языка программирования Python с помощью которой можно создавать высококачественные рисунки различных форматов. Matplotlib представляет собой модуль-пакет для Python.

С помощью этой библиотеки можно построить трехмерную точечную диаграмму, отдельные точки которой будут представлять значения концентрации загрязняющих веществ. Их можно окрасить в различные цвета с учетом уровня концентрации.

Построенная модель распространения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха будет представлять собой трехмерный массив значений концентрации загрязняющего вещества. На практике возможно наличие нескольких локальных экстремумов в исследуемой области пространства, однако для моделирования вполне подойдет модель с одним глобальным экстремумом, для отработки алгоритма перемещения беспилотного летательного аппарата с датчиком для поиска максимального значения концентрации. В дальнейшем, модель будет усовершенствована за счет добавления смещения значений в ячейках массива по направлению ветра, пропорционально его скорости. Таким образом, будет смоделировано не только изменение концентрации в объеме, но и перемещение по направлению ветра всего загрязненного «облака».

УДК 62-5

Волкова В.В., Волков В.Ю., Гиматдинов Р.Г.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО САЙТА С ПОМОЩЬЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

Joomla – это система управления содержанием динамического сайта, которая в отличие от статического сайта, дает возможность широко использовать язык программирования PHP. Обычно для этого создаются специальные программы-модули. Модули Joomla являются дополнительным средством расширения функциональных возможностей любого сайта. В основном, главной задачей любого модуля является отображение требуемой информации, а также дополнение установленных компонентов на сайте. Они могут располагаться в левой и правой

колонке сайта или в любой другой позиции, предусмотренной разметкой шаблона. Примером модулей является навигационное меню, календарь, список популярных статей и т.д. При публикации модуля можно указать в какой позиции шаблона сайта и на каких страницах он будет отображаться. Кроме того, большинство установленных в системе модулей можно скопировать — опубликовать несколько раз с разными параметрами.

Для разработки модулей Joomla понадобятся знания основ объектно-ориентированного программирования в PHP, знание языка разметки HTML и таблиц каскадных стилей CSS.

Создание модуля для Joomla условно можно поделить на 4 этапа.

- 1) Создание главного функционала (или поиск готового решения)
- 2) Подготовка файлов модуля
- 3) Внедрение функционала в модуль
- 4) Тестирование

Для выпускной квалификационной работы был разработан модуль для озвучивания текста на сайте под управлением Joomla для слабовидящих. Версия сайта для слабовидящих предназначена для людей с ограниченными возможностями и необходима государственным организациям, которые имеют свои сайты. Модуль и помещенный в него скрипт соответствует требованиям ГОСТ Р 52872-2012. Характерной особенностью работы скрипта является голосовое озвучивание текста на сайте.

Таким образом, разработка и использование дополнительных модулей для CMS Joomla может существенно повысить эффективность работы динамического сайта.

УДК 681.2:536.083

Азима Ю.И., Сидельников С.И.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ВТОРАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ФОРМА УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА В ПРОСТРАНСТВЕ

Первым этапом решения измерительной задачи является выбор математической модели объекта измерения, содержащей неизвестные коэффициенты, подлежащие идентификации в процессе измерения. В данном докладе будут рассматриваться модели, предназначенные для нестационарных измерений таких теплофизических величин как: теплопроводность, теплоемкость, плотность теплового потока. Очевидно, что структура модели определяет алгоритм идентификации ее пара-

метров, то есть последовательность операций, направленных на определение искомым теплофизических величин. Для подтверждения данного утверждения в докладе показаны два вида математических моделей, используемых при измерении теплофизических величин. Первый вид, традиционно используемый при проектировании методой измерения теплофизических величин, это уравнение, описывающее одномерное температурное поле объекта измерения, простой геометрической формы: пластина, цилиндр, полуграниченное тело, при заданном тепловом воздействии. Данные уравнения представляют собой бесконечный функциональный ряд, который получают путем решения одномерных краевых задач теплопроводности. Основой краевой задачи является нестационарное уравнение теплопроводности (уравнение Фурье). Варьируя краевые условия (начальные и граничные), можно получить соответствующее математическое описание температурного поля, на основании которого разработать метод измерения заданной теплофизической величины.

Второй вид моделей использует уравнения баланса тепла, записанного для одномерного или многомерного объекта измерения в интегральной форме. Будем называть это уравнение первой интегральной формой уравнения теплопроводности (ИФУТ). В нем присутствует один коэффициент, определяющий объемную теплоемкость. Из него можно получить дифференциальное уравнение теплопроводности, воспользовавшись формулой Остроградского и применяя теорему о среднем. Или получить путем интегрирования по координате, вторую ИФУТ, представляющую баланс средних количеств тепла: проходящего за счет теплопроводности, аккумулированного вследствие теплоемкости и поступившего через граничные поверхности. В докладе рассмотрены наиболее распространенные модели объектов теплофизических измерений: прямой цилиндр, параллелепипед и полуграниченное тело, представленные во второй интегральной форме уравнения теплопроводности.

УДК 62-503.5

Чкунин В.А., Корольков П.В., Соболев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОЛОННЫ СИНТЕЗА АММИАКА

Одним из методов исследования режимов работы колонны синтеза аммиака является компьютерное моделирование с использованием соответствующей математической модели. Модель представляет собой

систему дифференциальных уравнений в частных производных, отражающих процессы тепло- и массообмена, и дополняется уравнениями кинетики химического превращения. Ввиду сложности непосредственного решения дифференциальных уравнений производится переход к ячеечной модели и конечно-разностным уравнениями по каждому компоненту. В дальнейшем формируется несколько матриц и формируются их элементы в соответствии с определенным алгоритмом.

Работа алгоритма начинается с формирования матриц текущего (M_T) и предыдущего (M_P) состояния. Размерность матриц определяется количеством ячеек в радиальном (X) и осевом (Y) направлениях. Далее элементы первой строки матрицы M_T присваиваются начальным значениям (значения концентраций компонентов и температуры на входе в колонну), а остальные элементы равны нулю. Элементы матрицы M_P равны нулю. Расчёт осуществляется в несколько проходов: в направлении от центра к краю и сверху вниз. Поскольку работа колонны осуществляется непрерывно теоретически возможно формирование бесконечного цикла расчёта её работы, однако, для простоты используется счётчик с определённым заранее значением.

Данный алгоритм подходит не только для получения математической модели колонны синтеза аммиака в численном виде, но и для дальнейшего управления процессом синтеза с использованием зонного деления катализаторной коробки.

Представленный выше алгоритм программно-реализован в математическом пакете MathCAD.

УДК 62-503.5

Мехтиев И.М., Корольков П.В., Соболев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛОННЫ СИНТЕЗА АММИАКА

Математическая модель процесса синтеза аммиака отражает протекание процессов тепло- и массообмена, кинетики химической реакции. В основе построения модели лежит химическая реакция взаимодействия азота и водорода:



При составлении модели предполагается, что изменение концентраций компонентов и температуры смеси описываются двухпараметрической диффузионной моделью. Соответствующая система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} D_t \left(\frac{\partial^2 C_i}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial C_i}{\partial r} \right) - v \frac{\partial C_i}{\partial Z} - \omega_i(C_i, T) = 0 \\ \lambda_t \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) - \rho C_p v \frac{\partial T}{\partial Z} + \sum_i Q_i \omega_i(C_i, T) = 0, \end{cases}$$

где D_t - коэффициент диффузии, [м²/с]; C_i - концентрация i -го компонента, [моль/м³]; r - расстояние от центра колонны в поперечном направлении, [м]; v - линейная скорость потока, [м/с]; Z - глубина слоя, [м]; ω_i - скорость химической реакции, [моль/м³·сек]; λ_t - коэффициент теплопередачи, [Дж/м² К]; T - температура смеси, К; ρ - плотность газовой смеси, [кг/м³]; C_p - теплоемкость газовой смеси, [Дж/кг К]; Q_i - удельное количество теплоты, выделяющееся при протекании i -ой химической реакции, [Дж/моль].

Уравнение кинетики позволяет определить скорость образования аммиака, которую можно рассчитать, например, с помощью уравнения Нильсена:

$$\omega = \zeta A_c \left(\frac{A_k \left(a_{N_2} K_p - \frac{a_{NH_3}^2}{a_{H_2}^3} \right)}{\left(1 + K_a \frac{a_{NH_3}}{a_{N_2}^{1,5}} \right)^{2\alpha}} \right),$$

где ζ - коэффициент неоднородности, в который входят следующие параметры: порозность засыпки катализатора, скорость газового потока, вязкость среды, размер фракции катализатора; A_c - коэффициент активности катализатора; A_k - константа скорости реакции; K_a - адсорбционная константа равновесия; a_{N_2} , a_{H_2} , a_{NH_3} - активности (фугитивности) соответствующих компонентов реакции, [атм].

Тепловой эффект реакции рассчитывается в соответствии с формулой:

$$Q = 9157,1 + \left(0,545 + \frac{840,6}{T} + \frac{459,7 \cdot 10^6}{T^3} \right) \cdot P + 5,347T + 2,525 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,693 \cdot 10^{-6} T^2$$

где P - давление в колонне, МПа; T - абсолютная температура, К.

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИОТ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В настоящее время в мире происходят процессы цифровой модификации в области промышленности, основной целью которой считается внедрение в создание единого информационного пространства, в рамках которого системы управления предприятием и индустриальное оборудование смогут своевременно обмениваться данными. Таковым единым информационным пространством считается Industrial Internet of Things (ИИТ) или Интернет Вещей.

ИИТ – система соединенных компьютерных сетей и подключенных производственных объектов и программное обеспечение для сбора и обмена данными. Все необходимое для обеспечения работы промышленного ИИТ формируют в экосистему создатели прикладного программного обеспечения, операторы связи и клиенты решений.

Главным фактором, оказывающим весомое влияние на реализацию концепции ИИТ является обнаружение потенциала для роста эффективности производственных и научно-технических процессов на фоне сокращения капитальных издержек.

К платформе ИИТ могут подключаться любые предприятия-партнеры, которые намерены предоставить свои силы для удовлетворения потребностей производства, а также заказчики, имеющие возможность в режиме реального времени выбирать, где и в каком объеме заказать товар.

В последнее время компании начинают все активнее экспериментировать с решениями ИИТ, что говорит о популярности и практичности данной системы. Однако решения ИИТ различаются значительной стоимостью и длительностью внедрения при высокой их ресурсозатратности для клиента.

Но несмотря на все недочеты, уровень проникновения таких решений в промышленную сферу стремительно повышается. В числе преимуществ, ожидаемых от ИИТ, предприятия можно выделить получение возможности увеличения эффективности производственных процессов, в том числе за счет обеспечения их прозрачности, а также понизить риски, простои и издержки производств.

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ
АРХИТЕКТУР СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ (DSS)**

Decision Support Systems (DSS) – это автоматизированные компьютерные системы, влияющие на процесс принятия решений. С помощью DSS систем есть возможность проследить за всеми информационными активами предприятия, сравнить значения объемов продаж, спрогнозировать доход компании при предположительном внедрении новейших технологий, а также проанализировать все альтернативные решения.

Классифицировать DSS системы можно по различным признакам.

По степени взаимодействия с пользователем выделяют следующие разновидности DSS систем: статичные (принимают участие в процессе принятия решений, но не могут дать точного предложения); динамичные (напрямую принимают участие в исследовании определенного решения).

По методу поддержки выделяют: модельно-ориентированные DSS системы, употребляющие в работе доступ к статистическим либо другим модификациям; коммуникационные DSS системы, способные одновременно взаимодействовать с двумя и более пользователями; DSS системы, направленные на информацию, обладающие доступом к кратковременным уровням формирования.

Также по сфере деятельности применения выявляют общесистемные и малые DSS системы. Общесистемные функционируют с крупными сетями хранения данных, используются значительным количеством пользователей. Малые DSS системы являются настольными, относятся к управлению одним пользователем.

К основным преимуществам DSS причисляется то, что такие системы кардинально ускоряют процесс принятия решения, тем самым позволяют улучшить работу руководителей предприятия, и, соответственно, повышают производительность всей компании в целом.

Также DSS системы оказывают содействие нормализации межличностных контактов, появляются современные способы обращения к решению ежедневных и специфических проблем. Таким образом, внедрение DSS систем делает их незаменимыми в современном менеджменте.

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ BRMS СИСТЕМ

Business Rule Management System (BRMS) – это информационная система, целью которой является создание и использование модели, описывающей логику принятия решений в виде системы бизнес-правил, указывающих на выполнение отдельных действий в случае выполнения установленных условий.

Системы управления бизнес-правилами представляют бизнес-логику как совокупность описательных утверждений о бизнесе, создаваемые и поддерживаемые пользователями.

Основными концепциями BRMS систем считаются:

- повышение адаптивности и оперативности реакции информационной среды компании на изменения бизнес-стратегии;
- понижение затрат на системную адаптацию;
- увеличение прозрачности логики принятия решений в компании;
- реализация систематизированного подхода к управлению принятием решений в организациях.

BRMS системы могут выступать в роли средства управления бизнес-логикой отдельных приложений. Также они могут быть основой служб, которые предоставляют сервисы принятия решений на основе бизнес-логики.

Архитектура BRMS включает в себя:

- средства создания и редактирования бизнес-правил;
- хранилище бизнес-правил;
- средства анализа;
- средства тестирования бизнес-правил.

Последовательное исполнение шагов является главным подходом к выполнению правил в рамках BRMS, то есть при изменении первоначальных данных, следующие бизнес-правила работают с измененными данными. Альтернативой последовательному исполнению является прямой логический вывод, который учитывает взаимосвязь правил и их последовательность.

Так как средства создания и редактирования бизнес правил ориентированы на бизнес - пользователей, то они поддерживают графическое представление правил в виде таблиц и деревьев решений.

Важной частью системы управления принятием решений в компании является использование систем управления бизнес-правил.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Комарькова С.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ЗАДАЧИ И ОСНОВНОЙ ФУНКЦИОНАЛ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Corporate Performance Management (CPM) — система управления эффективностью предприятия. Этот набор решений объединяет метрики, процессы и методологии, необходимые для измерения показателей деятельности и управления эффективностью организации.

Приложения CPM работают в двух областях: первая отвечает за совершенствование финансовых процессов, а целью второй является преобразование и развитие всей организации.

Конкурентная бизнес-среда требует от организаций решения двух задач: поиск способов снижения затрат и одновременное увеличение их способности управлять эффективностью. Для решения данных задач подходят корпоративные финансы.

Наличие CPM решений с расширенными функциональными возможностями дает финансам дополнительный стимул сосредоточиться на стратегических задачах.

Основные функциональные блоки CPM систем:

1. Формирование консолидированной финансовой отчетности за отчетный период. Данный блок наглядно отображает данные о расходах и доходах.

2. Финансовая и управленческая отчетность. Структура помогает справиться с регламентами раскрытия финансовых данных и отчетности.

3. Финансовое планирование и прогнозирование. Блок содержит в себе экстраполяцию новых версий планов и бюджетов, в основе которых лежит сравнение фактических результатов.

4. Стратегическое планирование. Позволяет на основе баланса расходов и доходов, а также возможных финансовых потоков создать финансовую модель. Присутствие этого блока - ключевое отличие CPM систем от других аналитических приложений, позволяющих планировать и составлять прогнозы.

5. Построение моделей прибыли и оптимизация. Блок дает возможность рассчитывать прибыльность, как различных структурных подразделений предприятия, так и компании в целом.

УДК 004.3

Лисин В.М., Лантева А.Г.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРОБЛЕМЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СЕРВЕРОВ БАЗ ДАННЫХ

По мере развития технологий появляется возможность сбора больших объемов данных и поддержки высокоскоростных транзакций в реальном времени. Вместе с увеличением объемов и скорости передачи данных растет сложность оперативного извлечения ценных аналитических сведений, и поддержки транзакций в реальном времени. Для сохранения конкурентного преимущества компаниям в XXI веке нужны средства извлечения ценных сведений из данных.

Проблемы сокращения мощности и энергосбережения в высокопроизводительных серверах приобретают особую значимость — особенно в тех случаях, когда речь идет о машинах, объединенных в большие кластерные конфигурации, как, скажем, в вычислительных центрах или центрах Web-хостинга

Потребности в вычислительных мощностях серверных систем удовлетворяются путем установки новых более высокопроизводительных серверов в стойки. Эти серверы в свою очередь потребляют большее количество электроэнергии, которая практически вся преобразуется в тепло. В конечном счете, встает грандиозная проблема отвода выделяемого тепла для нормального функционирования ЦОД. Самая большая проблема, что при плотной компоновке серверов при увеличении выделяемого тепла затраты на охлаждение растут чуть ли не в геометрической прогрессии, прямо пропорционально выделяемому теплу, то есть потребляемой электроэнергии. Затраты на охлаждение за границей в будущем могут составлять до 3/4 от всего бюджета, выделяемого на обслуживание серверов.

Немало важным фактором является стоимость высокопроизводительного сервера, которая может варьироваться от нескольких сотен тысяч до 1 миллиона рублей и более.

УДК 004.55

Лисин В.М., Филимонов С.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

Интернет уже давно и прочно обосновался в различных сферах бизнеса. В настоящее время web-ориентированные информационные системы представляются в сети в том числе и как web-сервисы.

Сервис-ориентированная архитектура (SOA, service-oriented architecture) – модульный подход к разработке программного обеспечения, основанный на использовании сервисов со стандартизированными интерфейсами.

Программные комплексы, разработанные в соответствии с SOA, часто реализуются как набор web-сервисов, интегрированных при помощи известных стандартных протоколов. Таким образом, SOA предоставляет гибкий и элегантный способ комбинирования и многократного использования компонентов для построения сложных распределенных программных комплексов.

Концепция создания web-ориентированной информационной системы (ИС) с открытой архитектурой на базе этой технологии является наиболее подходящей в условиях динамично развивающейся, сильно изменчивой среды, в которой функционирует.

В общем виде схему ИС, с точки зрения программной составляющей, можно представить следующим образом:

- интерфейс пользователя;
- ядро системы;
- информационный массив;
- интерфейс администратора;
- утилиты администратора.

С точки зрения Web-технологии интерфейс пользователя - это браузер, который взаимодействует с ядром через http-сервер. Возможность использования браузера в качестве интерфейса администратора порождает вопросы разграничения доступа и актуализации информации в базах данных системы. В качестве ядра могут применяться решения на базе CGI или же другие backend решения, являющиеся http-сервером с API для доступа к различным ресурсам ИС.

Информационная система, построенная для малого предприятия из набора компонент или web-сервисов, позволяет снизить затраты на ее создание и модернизацию, за счет выбора наиболее подходящих компонентов и добавления новых компонентов без изменения базовой части системы. Недостатком является повышенная угроза безопасности системы.

Подключенной к глобальной сети Интернет, что усложняет задачу обеспечения безопасности и требует тщательно продуманной системы разграничения доступа пользователей, применения тех или иных методов шифрования данных.

УДК 004.92

Лисин В.М., Пивоварова Ю.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Современные условия и ритм жизни диктуют свои правила. Это касается любой сферы человеческой деятельности. И если 7-10 лет назад можно было говорить о 3D моделировании лишь в контексте эффектов для кино и решения узкоспециальных задач, то сейчас эта сфера прочно вошла в нашу повседневную жизнь. Медицина, геоинформационные системы, машиностроение... Этот список можно продолжать практически бесконечно!

Трехмерные системы обеспечивают такую работу с тремя координатами, при которой любое изменение одного вида автоматически приводит к соответствующим изменениям на всех остальных видах. Последовательность построений может быть следующей: сначала строится 3D вид, а затем автоматически генерируются 2D виды. Некоторые системы способны преобразовывать сборочные чертежи механизма ортогональной проекции в 3d вид этого изделия в разобранном состоянии. Трехмерное моделирование особенно успешно применяется для создания сложных чертежей, при проектировании размещения мебели, инженерных сетей, различных особенностей помещения. В некоторых системах 3D имеются средства автоматического анализа физических характеристик, таких как вес, моменты инерции и средства решения геометрических проблем сложных сопряжений и интерпретации. Поскольку в 3D системах существует автоматическая связь между данными различных геометрических видов изображения, 3D моделирование полезно в тех приложениях, где требуется многократное редактирование 3D образа на всех этапах процесса проектирования.

Методы трехмерного моделирования делятся на 3 вида:

- каркасное (проволочное) моделирование;
- поверхностное (полигональное) моделирование;
- твердотельное (сплошное, объемное) моделирование.

УДК 681.326

Климанов А.К., Силин А.В., Силина И.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ВУЗА

При разработке системы автоматизированного составления расписания образовательного учреждения необходимо решить несколько

вопросов: разработать систему баз данных для сопровождения образовательного процесса, обеспечить сбор и загрузку данных, оптимизировать и облегчить составление расписания для диспетчерской и кафедр. Требуется реализовать расширенную систему проверок расписания на противоречивость. Именно эта задача представляется наиболее рутинной для человека и не может быть выполнена вручную с надлежащим качеством ввиду огромного объёма информации с которым приходится работать. К задачам подготовительного этапа относятся: ввод и редактирование списков факультетов, кафедр, направлений, групп, аудиторий, предметов, составление учебного календаря на год, ввод графиков учебных процессов для специализаций, ввод и редактирование учебных планов специализаций, подготовка данных для передачи на кафедры. Задачи, выполняемые после получения данных от кафедр: составление непротиворечивой сетки расписания на основе полученных от кафедр данных; подготовка различной отчётности по загрузке аудиторий, занятости преподавателей и др. Дополнительно предписание может включать в себя указания по поводу обязательного его назначения на определённый день недели и даже на конкретную пару.

В результате работы получилось создать базу данных для составления расписания в вузах, которое оптимизирует работу учебной части института. База собирает информацию о преподавателях, группах, кабинетах, специальностях. Также данная база является отличным помощником для учебной части. Основное внимание уделено для составления самого расписания, как система сама рассчитает нагрузку преподавателей и групп. Данная система составления расписания подойдет не только для нашего вуза, но и для других учебных заведений с похожей структурой образования. Создание данной системы оптимизации расписания легко и удобно подходит для работы администратора, занимающегося составлением расписания в вузе, чтобы администратор мог нажатием одной кнопки составить оптимальное расписание как для преподавателей, так и для студентов с внесением всех важных и нужных функций.

УДК 681.326

Мусанна Бандар Тахер Ахмед, Силин А.В., Лисин В.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

**РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ
ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ
УСТРОЙСТВ В СРЕДЕ J2ME**

В докладе рассмотрен альтернативный дорогим и предназначенным в основном только для смартфонов и коммуникаторов вариант органи-

зации видеонаблюдения. Предлагается создание аналогичного приложения на платформе J2ME, которая поддерживается большинством телефонов. Приложение обеспечит следующие возможности: определение расписания работы камеры – возможность указывать время начала и окончания видеонаблюдения; обнаружение движения и отправка SMS-сообщения или MMS-сообщения с соответствующим изображением; оповещение о возникающих ошибочных ситуациях на указанный номер; файловый браузер для выбора или создания папки, в которую требуется сохранять видеоданные от камеры как последовательность изображений; передача видеоданных, получаемых от камеры, в виде отдельных кадров по Bluetooth.

В разработке используются основные ресурсы мобильного телефона: файловая система, камера, Bluetooth, отправка SMS и MMS-сообщений. Приложение состоит из двух мидлетов, устанавливаемых на разных телефонах, один из которых выполняет видеонаблюдение и передает данные по Bluetooth, а второй эти данные принимает. Для первого мидлета предусмотрена возможность отправки на указанный номер SMS и MMS-сообщений с уведомлением о движении, а также сообщений о возможных ошибках.

Приложение имеет встроенный браузер файловой системы и позволяет выбирать папку для сохранения данных камеры в виде отдельных изображений. Включение камеры для обнаружения движения и её отключение может быть выполнено по заранее определенному расписанию. Второй мидлет принимает изображения, показывает их и сохраняет на телефоне в заранее выбранную папку. Для построения графического интерфейса применяется библиотека LWUIT. Для отправки SMS и MMS-сообщений с мобильного телефона использовалось Wireless Messaging API 2.0 (JSR-205). Работа с файловой системой построена на основе FileConnection API (JSR-75). Передача данных по Bluetooth реализована с помощью пакета JSR-82. Доступ к камере выполнен с помощью MobileMedia API (JSR-135).

УДК 681.326

Чернова Н.А., Силина И.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛИФТОВ

Согласно Постановлению Правительства РФ от 24 июня 2017 г. № 743 «Об организации безопасного использования и содержания лифтов, подъемных платформ для инвалидов, пассажирских конвейер-

ров (движущихся пешеходных дорожек), эскалаторов, за исключением эскалаторов в метрополитенах», учет введенных в эксплуатацию лифтов осуществляется уполномоченным органом в единой лифтовой информационно-аналитической системе (ЕЛИАС). ЕЛИАС включает в себя перечень изготовителей лифтового оборудования в различных годах, перечень монтажных и специализированных лифтовых организаций, а также реестр лифтов, введенных в эксплуатацию. Таким образом, ЕЛИАС дает полное представление о лифте, номере декларации, изготовителе оборудования и монтажной организации. Так как данные установленным лифтам должны быть занесены в ЕЛИАС в 10-дневный срок с момента ввода в эксплуатацию. В такие короткие сроки вся документация может быть подготовлена монтажной организации только при наличии грамотно-организованной информационной системы (ИС) учета установленного лифтового оборудования. Безошибочность функционирования ИС зависит от грамотно-разработанной структуры базы данных.

Для учета монтажной организацией установленного оборудования необходимо внести данные по лифтовому оборудованию (наименование, идентификационный номер, назначение лифта, изготовитель и его характеристики), и о сотрудниках, осуществляющих монтаж данного оборудования (ФИО, должность, отдел в котором работают, телефон и т.п.). При обращении клиента в организацию должен формироваться договор с клиентом (Код, Номер договора, Дата подтверждения, Сумма, Код клиента, Код работы, Код Лифта, Код сотрудника). На каждый вид работ формируется запись из таких полей как, Код работы, используемые материалы (оборудование), Код сотрудника, Дата начала работ, Дата окончания работ, Номер свидетельства, Организация, выполняющая проверку. Также в базе данных должно быть предусмотрено хранение данных об используемых материалах и оборудовании (Код, Название, Размер, Масса, Описание, Заводской номер).

Информационная система учета лифтового оборудования осуществляет поиск и выдачу информации о клиентском договоре и связанной с ним информацией (лифтовом оборудовании и сотруднике, отвечающем за его установку), отображает характеристики лифтового оборудования и его производителя, выводит информацию о заказчике, дате установке оборудования и ввода в эксплуатацию, отображает список материалов, необходимых для выполнения работы.

По всем указанным направлениям формируются отчеты. Для клиента – договор, данные о лифтовом оборудовании и ответственном за установку сотруднике. Для ЕЛИАС – информация о производителе, монтажной организации и дате установке оборудования. Для самой

монтажной организации – информация об установленном оборудовании, о работающих по договорам сотрудниках, используемых в работе материалах.

Подобная система учета деятельности установки лифтового оборудования и эксплуатации, позволит улучшить главным образом контроль состояния лифтов, снизить аварийность и значительно сократить реестр несчастных случаев ЕЛИАС.

УДК 338.2

Камынин В.А., Ковальчук А.В., Санаева Г.Н., Моисеева И.Д.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА»

Разработке концепции «умного города» (интеллектуальный город, smart city), а также возможности ее практического использования последнее время уделяется много внимания. В утвержденном 4 февраля 2019 года Минстроем России стандарте федерального проекта «Умный город» перечислены требования, предъявляемые к «умным городам». Несмотря на отсутствие единого определения понятия «умный город», вкладываемый в него смысл подразумевает «эффективную интеграцию физических, цифровых и человеческих систем в искусственно созданной среде с целью обеспечить устойчивое, благополучное и всестороннее будущее для граждан». По мнению экспертов, в общем случае «smart city» связан как с IT (информационными) и (СТ) коммуникационными технологиями, так и с IoT (интернетом вещей). Представителям городской администрации использование технологии «smart city» обеспечит возможность своевременно получать важную информацию, а управление с учётом полученной информации предусматривает повышение качества жизни населения, комфортности городской среды одновременно с повышением открытости принимаемых решений. «Smart city» предусматривает создание эффективной обратной связи с населением с целью привлечения жителей к участию в управлении городскими процессами. При этом в обязательном порядке рассматриваются вопросы улучшения работы ЖКХ за счет интеллектуализации учета ресурсов, контроль состояния транспортной системы, функционирования городской диспетчерской службы оказания помощи населению и т.д. на основе машинного обучения и интеллектуального анализа данных. Жители, в свою очередь, с помощью сервисов «умного города» получают возможность выразить свое мнение в вопросах градостроительства, благоустройства, медицины и т.д., получают доступ к

государственным услугам. Таким образом, «smart city» предусматривает применение сквозных технологий, подразумевающих межотраслевое взаимодействие и имеющих целью повышение качества управления городской средой, быстрое и эффективное принятие управленческих решений. «Умный город» ориентирован на улучшение жизни населения города, комфортности проживания в нём, повышение качества принимаемых решений по управлению городским хозяйством при оптимальном использовании ресурсов.

УДК 336

Шерemet И.И., Комарькова С.А., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ОБ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Как правило, технология блокчейн ассоциируется с биткоином, поскольку обеспечивает его платежную систему и реализует технологию распределенного реестра, повышающую прозрачность и достоверность транзакций. Но возможны и другие достаточно перспективные направления использования данной технологии. Использование блокчейн для создания цифровых профилей самоидентификации, закрепляющими за пользователем право владения цифровыми и личными данными с применением децентрализованной инфраструктура, позволяет наделить владельца цифрового идентификатора абсолютным правом владения без необходимости участия третьих сторон. При этом применение блокчейн делает бессмысленным фишинг или DDoS-атаки, требующие работы центрального сервера. Возможность применения блокчейн в промышленности с обеспечением контроля качества, безопасности и сохранности продукции, а также доступа к ее идентификаторам позволит оптовикам заранее узнавать о свойствах того или иного вида товара и подбирать соответствующих поставщиков. Применение блокчейн при подсчете голосов избирателей на выборах позволит им голосовать за пределами избирательных участков и при этом исключает возможность фальсификации результатов подсчёта голосов. При использовании блокчейн при проведении электронных платежей с помощью мобильных кошельков при он-лайн покупках возможно применение банковских карт и криптовалют.

Базовые свойства блокчейн позволяют использовать его как средство автоматизации документооборота с использованием смарт-контрактов, постепенно вытесняя pdf-документы и электронные подлины. Использование блокчейн при распределенном биржевом обмене

ценными бумагами, а также при децентрализованном госрегулировании и повышает конфиденциальность данных и снижает риски потенциальных угроз. Применение блокчейн при токенизации (получении набора уникальных символов, характеризующих материальный и нематериальный актив или конкретное действие) физических активов приводит к повышению защищенности и прозрачности транзакций, упрощает работу на традиционных финансовых рынках и позволяет осуществлять операции на глобальных рынках в круглосуточном режиме.

УДК 656.25

Комарькова С.А., Камынин В.А., Санаева Г.Н., Волкова В.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

В настоящее время в бизнесе и государственных структурах явно обозначился переход к цифровым информационным технологиям, что вызвано необходимостью обработки возрастающего количества и усложнением информации и обрабатываемых документов. Внедрение и совершенствование электронного документооборота является одним из стратегических направлений развития в сфере государственного управления Российской Федерации. С точки зрения предоставления государственных услуг средствами МФЦ и портала госуслуг повышение уровня цифровизации привело к появлению новых сервисов, среди которых учет большинства документов и их согласование в электронном виде, а также перевод части документов служебного характера в электронный вид. При этом следует учитывать, что современные электронные документы переходят на более высокий уровень сложности. Если «традиционный» электронный документ, как правило, представляет собой аналог бумажного документа, существующего отдельным файлом, то современные электронные документы характеризуются более сложной структурой, потому что могут создаваться децентрализованно (например, консолидированный финансовый онлайн-отчет о работе предприятия за квартал, формируемый распределенной ERP-системой). Поэтому возникает необходимость в разработке новых подходов к построению систем электронного документооборота (СЭД) и управления документами. В первую очередь следует решать вопросы эффективности и масштабируемости систем, возможности применения «умных» технологий, организацией мобильного доступа, а также архивного хранения данных с расширением функциональных возможно-

стей СЭД. Важной особенностью современных СЭД является возможность оптимизации корпоративной печати документов, например, созданием принт-зон, обслуживающих рабочие группы сотрудников. Современные СЭД способны поддерживать подсистемы управления проектами, обеспечивать новые формы предоставления контента (например, анализ обращений граждан и создание аналитических отчетов) с использованием «умных» технологий (распознавание речи, система искусственного интеллекта и другие). Современные СЭД способны облегчить офисную работу, сэкономить финансовые средства, позволяет улучшить процесс управления документацией.

УДК 004.056

Комарькова С.А., Стекольников М.А., Санаева Г.Н., Гринюк О.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

О ЗАЩИТЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА ОТ КИБЕРУГРОЗ

Предприятия малого бизнеса зачастую гораздо более уязвимы, чем крупные организации, с точки зрения киберзлоумышленников в силу отсутствия достаточной защиты от киберугроз. При этом траты на организацию системы защиты руководством считаются необоснованными, а возможные потери – не существенны в сравнении с её стоимостью. Это объясняет тенденцию увеличения количества кибератак на малый бизнес. Противодействовать реализации киберугроз необходимо независимо от размера предприятия или организации. Поскольку наибольшее количество утечек информации происходит по вине работающего в организации персонала, необходима постоянная работа с сотрудниками по повышению их информационной грамотности в вопросах защиты от киберугроз. При этом необходимо разработать и неукоснительно исполнять правила поведения сотрудников при киберинциденте, чтобы необходимые меры были приняты своевременно. Также важным является использование сложных паролей и их периодическое обновление. Желательно использование неповторяющихся паролей, различные для разных сервисов и устройств. Существенно повышая уровень защищённости использование двухфакторной аутентификации. При этом следует проводить постоянный контроль соблюдения персоналом политики безопасности. При использовании облачных приложений необходимо обеспечить защиту от несанкционированного использования хранимой информации, например, использованием архивирования и шифрования данных. Обязательным условием является своевременное обновление используемого для защиты про-

граммного обеспечения. Для уменьшения вероятности перехвата информации виртуальные частные сети предпочтительнее Wi-Fi. Также при организации защиты следует рассматривать безопасность используемого аппаратного обеспечения, в первую очередь – многофункциональных устройств с учетом прав пользователей и регулированием поток информации. Для контроля организации защиты необязательно создавать собственную службу информационной безопасности: можно привлекать сотрудников надежной сторонней организации, специализирующейся на информационной безопасности. Постоянная бдительность и последовательная реализация политики безопасности способны существенно повысить защиту предприятий малого бизнеса.

УДК 62-503.5

Распопов А.Н., Соболев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ САР

Одним из важных вопросов при исследовании энергосберегающих САР является анализ качества переходных процессов. Пусть $\bar{y}_1(t)$ - функция, определяющая реакцию одноконтурной САР первого канала регулирования на возмущающее воздействие $f(t)$, а $\bar{y}_2(t)$ - функция, определяющая реакцию одноконтурной САР второго канала регулирования. Тогда общее уравнение изменения выходной переменной ЭСАР при разделении каналов регулирования во временной области принимает вид:

$$y(t) = \alpha \bar{y}_1(t) + (1 - \alpha) \bar{y}_2(t),$$

где α - коэффициент, определяющий долю возмущающего воздействия, подавляемого первым каналом регулирования ($\alpha \leq 1$).

Пусть максимальная динамическая ошибка регулирования в одноконтурной САР первого канала регулирования равна \bar{y}_1^{\max} , а для одноконтурной САР второго канала - \bar{y}_2^{\max} . Тогда:

$$|\bar{y}_1(t)| \leq \bar{y}_1^{\max} \quad \text{и} \quad |\bar{y}_2(t)| \leq \bar{y}_2^{\max}$$

Если $\bar{y}_1^{\max} \leq \bar{y}_2^{\max}$, то:

$$\begin{aligned} |y(t)| &= |\alpha \bar{y}_1(t) + (1 - \alpha) \bar{y}_2(t)| \leq \alpha |\bar{y}_1(t)| + (1 - \alpha) |\bar{y}_2(t)| = \\ &= \alpha \bar{y}_1^{\max} + (1 - \alpha) \bar{y}_2^{\max} \leq \alpha \bar{y}_2^{\max} + (1 - \alpha) \bar{y}_2^{\max} = \bar{y}_2^{\max} \end{aligned}$$

Если вторая, когда $\bar{y}_1^{\max} > \bar{y}_2^{\max}$, то:

$$|y(t)| = |\alpha \bar{y}_1(t) + (1 - \alpha) \bar{y}_2(t)| \leq \alpha |\bar{y}_1(t)| + (1 - \alpha) |\bar{y}_2(t)| = \\ = \alpha \bar{y}_1^{\max} + (1 - \alpha) \bar{y}_2^{\max} < \alpha \bar{y}_1^{\max} + (1 - \alpha) \bar{y}_1^{\max} = \bar{y}_1^{\max}$$

Таким образом система регулирования ЭСАР в динамическом плане ведет себя лучше, чем одноконтурная САР, в которой динамическая ошибка регулирования наибольшая.

Проанализируем работу ЭСАР с позиции времени регулирования. Пусть продолжительность переходного процесса для первой системы равно t_1 , а для второй t_2 . Тем самым по истечении времени t_1 функция $\bar{y}_1(t)$ перестает изменяться и принимает постоянное значение $\bar{y}_{1_{уст}}$, в то время как для функции $\bar{y}_2(t)$ достижение установившегося значения происходит в момент времени t_2 и равно $\bar{y}_{2_{уст}}$. Поскольку первая система является быстродействующей, то $t_2 > t_1$. Рассмотрим поведение выходной величины в системе ЭСАР. В момент времени t_1 значение регулируемой величины будет равно:

$$y(t_1) = \alpha \bar{y}_1(t_1) + (1 - \alpha) \bar{y}_2(t_1) = \alpha \bar{y}_{1_{уст}} + (1 - \alpha) \bar{y}_2(t_1)$$

Поскольку второе слагаемое не достигло установившегося значения, переходный процесс продолжается и закончится только к моменту времени t_2 . Действительно:

$$y(t_2) = \alpha \bar{y}_1(t_2) + (1 - \alpha) \bar{y}_2(t_2) = \alpha \bar{y}_{1_{уст}} + (1 - \alpha) \bar{y}_{2_{уст}} = \text{const}$$

Таким образом время переходного процесса в ЭСАР равно времени переходного процесса в одноконтурной САР для энергоэффективного канала регулирования.

УДК 62-503.5

Комягин Д.И., Соболев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОБОБЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ САР

Структура и алгоритм работы энергосберегающих систем автоматического регулирования (ЭСАР) должны обеспечить высокое качество регулирования в динамических режимах и высокую энергоэффективность в статическом режиме. В качестве показателя энергоэффективности выбираются совокупные потери эксергии на управление технологическим процессом (ΔE), которые должны быть минимизированы. Критерий оптимальности и задача оптимизации имеет вид:

$$I_1 = \sum_{i=1}^n \int_0^T \left(\frac{\partial E}{\partial u_i} + \frac{\partial E}{\partial y} k_i \right) du_i + \int_0^T \left(\frac{\partial E}{\partial f} + \frac{\partial E}{\partial y} k_f \right) df \rightarrow \min_{u_i},$$

где u_i – управляющие воздействия; f – возмущающее воздействие; k_i – коэффициент передачи по i -му каналу управления; k_f – коэффициент передачи по каналу возмущения.

В качестве показателя динамической эффективности выбирается интегральный квадратичный критерий, который также следует минимизировать. Соответствующий критерий оптимальности задача оптимизации имеют вид:

$$I_2 = \int_0^T \varepsilon^2(t) dt \rightarrow \min_{u_i},$$

где ε – ошибка регулирования в системе. Интервал интегрирования принимается также равным T , чтобы совместить воедино точность регулирования и затраты энергии на процесс регулирования.

Для обеспечения одновременно наилучшего значения квадратичного и энергетического критерия свернем их в единый критерий, введя дополнительно весовые коэффициенты. Тогда обобщенный критерий оптимальности настройки и работы ЭСАР примет вид:

$$I = \gamma_1 I_1 + \gamma_2 I_2,$$

где $\gamma_1 + \gamma_2 = 1$.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Кислицын Т.Е.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ФУНКЦИИ НЕПРЕРЫВНЫЕ НА ОТРЕЗКЕ

Теорема о промежуточных значениях

Теорема 1 (Больцано-Коши). Пусть функция f непрерывна на отрезке $[a, b]$, причем $f(a) \neq f(b)$. Тогда для любого числа C , заключенного между $f(a)$ и $f(b)$ найдется точка $\gamma \in (a, b)$, что $f(\gamma) = C$.

Следствие 1. Если функция непрерывна на отрезке и на его концах принимает значения разных знаков, то на этом отрезке есть хотя бы одна точка, в которой функция обращается в нуль

Теорема имеет применение при решении алгебраических уравнений нечетной степени (с вещественными коэффициентами)

$$f(x) \equiv a_0 x^{2n+1} + a_1 x^{2n} + \dots + a_{2n} x + a_{2n+1} = 0.$$

Первая и вторая теоремы Вейерштрасса

Теорема 2. (первая теорема Вейерштрасса). Если f непрерывна на $[a, b]$, то она ограничена на нем, т.е. существует такое число M , что $|f(x)| \leq M$, при всех $x \in [a, b]$.

Теорема 3. (вторая теорема Вейерштрасса). Если f непрерывна на $[a, b]$, то она достигает на нем своей верхней и нижней грани.

Теорема Кантора

Определение 1. Функция f называется равномерно-непрерывной на промежутке X , если для любого $\varepsilon > 0$ найдется такая $\delta = \delta(\varepsilon) > 0$, что для любых двух точек x и x_0 из X , удовлетворяющих условию $|x - x_0| < \delta$ выполняется неравенство $|f(x) - f(x_0)| < \varepsilon$

Теорема 4 (Кантора). Непрерывная на отрезке $[a, b]$ функция f равномерно непрерывна на этом отрезке.

Следствие. Пусть функция $f(x)$ определена и непрерывна в замкнутом промежутке $[a, b]$. Тогда по заданному $\varepsilon > 0$ найдется такое $\delta > 0$, что если промежуток произвольно разбить на частные промежутки с длинами меньше δ , то в каждом из них колебание функции $f(x)$ будет меньше ε .

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Глазков К.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

О РАВНОМЕРНОЙ НЕПРЕРЫВНОСТИ ФУНКЦИЙ

Если функция $f(x)$ определена в некотором промежутке x и непрерывна в точке x_0 этого промежутка, то

$$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = f(x_0),$$

то есть для каждого числа $\varepsilon > 0$ найдется такое число $\delta > 0$, что

$$|x - x_0| < \delta \text{ влечет за собой } |f(x) - f(x_0)| < \varepsilon.$$

Допустим, что функция $f(x)$ непрерывна во всем промежутке x , то есть непрерывна в каждой точке x_0 этого промежутка. Тогда для каждой точки x_0 из x в отдельности по заданному ε найдется δ , соответствующее ему в упомянутом выше смысле. При изменении x_0 в пределах x , даже если ε неизменно, число δ будет меняться. Поэтому, число δ зависит не только от ε , но и от x_0 .

Если бы речь шла о конечном числе значений x_0 , то из конечного числа соответствующих им чисел δ можно было бы выбрать наименьшее, и это последнее годилось бы, и для всех рассматриваемых точек x_0 одновременно.

Но по отношению к бесконечному множеству значений x_0 , содержащихся в промежутке x , так уже рассуждать нельзя: при постоянном

ε соответствует бесконечное множество чисел δ , среди которых могут найтись и сколь угодно малые.

Если для каждого числа $\varepsilon > 0$ найдется такое число $\delta > 0$, что

$$|x - x_0| < \delta \text{ влечет за собой } |f(x) - f(x_0)| < \varepsilon,$$

где бы в пределах рассматриваемого промежутка x ни лежали точки x_0 и x , то функцию $f(x)$ называют равномерно непрерывной в промежутке x .

В этом случае число δ оказывается зависящим только от ε и может быть указано до выбора точки x_0 : δ годится для всех x_0 одновременно.

Равномерная непрерывность означает, что во всех частях промежутка достаточна одна и та же степень близости соответствующих значений функции. Также, можно сказать, что непрерывность функции во всех точках промежутка не влечет необходимо за собой ее равномерной непрерывности в этом промежутке.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Лазарев А.Ю.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

БЕСКОНЕЧНАЯ ПРОИЗВОДНАЯ

Если функция $y = f(x)$, непрерывна в точке x_0 и $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = \pm\infty$, тогда производная $f'(x_0)$ называется *бесконечной производной*.

Геометрический смысл производной как углового коэффициента касательной распространяется на этот случай.

Здесь касательная оказывается параллельно оси y .

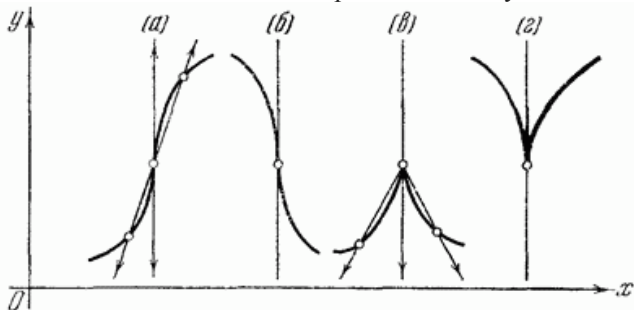


Рисунок 1 – Расположение касательной

В случаях (а) и (б) производные, соответственно, равны $+\infty$ и $-\infty$ (обе односторонние совпадают по знаку); в случаях (в) и (г) односторонние производные отличаются по знаку

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Удобно использовать понятие дифференциала в приближенных вычислениях при оценке погрешностей. Пусть, например, величину x мы измеряем или вычисляем непосредственно, а зависящую от нее величину y определяем по формуле: $y=f(x)$. При измерении величины x обыкновенно вкрадывается погрешность, x , которая влечет за собою погрешность y для величины y . Ввиду малой величины этих погрешностей, заменяют приращение дифференциалом.

Теорема 1. Абсолютная погрешность при вычислении значения функции $y = f(x)$ от приближенно заданного аргумента приближенно равна произведению абсолютной погрешности аргумента на значение производной в рассматриваемой точке.

Доказательство. Пусть x_0 - приближенное значение аргумента и x - неизвестное точное значение аргумента, заведомо близкое к x_0 . Величину $x = x - x_0$ абсолютной погрешности аргумента можно принять за малые приращения аргумента. Соответствующее приращение $y = f(x) - f(x_0)$ функции, т.е. абсолютная погрешность для значения функции, приблизительно равна дифференциалу $dy = f'(x_0)x - f(x_0)(x - x_0)$. Что и требовалось доказать.

Из теоремы следует, что оценка абсолютной погрешности значения функции не превосходит оценки абсолютной погрешности аргумента, умноженной на модуль значения производной.

Для относительной погрешности получается формула

$$\frac{\Delta y}{y} \approx \frac{f'(x_0)\Delta x}{f(x_0)} = \frac{x_0 f'(x_0)}{f(x_0)} \cdot \frac{\Delta x}{x_0}$$

Теорема 2. Оценка абсолютной погрешности алгебраической суммы двух функций не превосходит суммы оценок погрешностей слагаемых.

Теорема 3. Оценка относительной погрешности произведения и частного двух функций равна сумме оценок относительных погрешностей сомножителей и соответственно делимого и делителя.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТЕЙ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ПРЕДЕЛОВ ФУНКЦИЙ

Если $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{\alpha}{\beta} = 1$, то α и β называются эквивалентными бесконечно

малыми (при $x \rightarrow x_0$), это обозначается: $\alpha \sim \beta$.

Важнейшие эквивалентности

1. $\sin x \sim x$ при $x \rightarrow 0$;
2. $\operatorname{tg} x \sim x$ при $x \rightarrow 0$;
3. $\operatorname{arcsin} x \sim x$ при $x \rightarrow 0$;
4. $\operatorname{arctg} x \sim x$ при $x \rightarrow 0$;
5. $1 - \cos x \sim \frac{x^2}{2}$ при $x \rightarrow 0$;
6. $e^x - 1 \sim x$ при $x \rightarrow 0$;
7. $a^x - 1 \sim x \ln a$ при $x \rightarrow 0$;
8. $\ln(1+x) \sim x$ при $x \rightarrow 0$;
9. $\log_a(1+x) \sim x \cdot \log_a e$ при $x \rightarrow 0$;
10. $(1+x)^k - 1 \sim kx$, $k > 0$ при $x \rightarrow 0$;

в частности, $\sqrt{1+x} - 1 \sim \frac{x}{2}$.

Пример: Вычислить предел $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x)}{g(x)}$, где $f(x)$ и $g(x)$ — беско-

нечно малые функции в точке $x=0$.

Бесконечно малые функции, стоящие в числителе и знаменателе, следует заменить на им эквивалентные, используя основные эквивалентности.

Если $f(x), f_1(x), g(x), g_1(x)$ — бесконечно малые функции в точке $x=0$, такие, что $f(x) \sim f_1(x)$ и $g(x) \sim g_1(x)$ в точке $x=0$, и существует

$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f_1(x)}{g_1(x)}$, то существует $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x)}{g(x)}$, причём $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f_1(x)}{g_1(x)}$.

Есин Н. И., Владимирова И.Н.
(МБОУ «Гимназия № 13»)

МЕТОД ЧАСТОТНОГО КРИПТОАНАЛИЗА

Частотный криптоанализ является одним из методов криптоанализа. Он применяется следующим образом: в достаточно длинном тексте на языке зашифрованного сообщения проводится подсчёт количества появлений каждой буквы в нём. Наиболее частая буква называется «первой», вторая по частоте «второй», следующая «третьей» и так далее. В криптограмме, предназначенной для расшифровки, символы также классифицируются: в криптограмме находится символ, встречающийся чаще всех, и заменяется на «первую» букву из проанализированного текста, и так далее.

Также, у этого метода есть другое применение. У каждого автора есть своя частотная таблица использования букв, слов, специфических литературных оборотов и т.п. Для начала берутся несколько текстов на русском языке. Дальше пересчитывается общее количество символов в тексте и количество каждой буквы отдельно. Для таблицы 1 находится средняя частота использования букв в найденных текстах.

Таблица 1

Частоты использования букв русского алфавита

Буква	Частота %	Буква	Частота %	Буква	Частота %	Буква	Частота %
о	10,9	в	4,6	ы	1,9	ж	0,8
е, ё	8,7	л	4,2	э	1,9	ш	0,7
а	7,5	к	3,4	б	1,7	ю	0,7
и	7,5	м	3,1	ь, ы	1,7	ц	0,5
т	6,4	д	3,0	г	1,6	э	0,4
н	6,4	п	2,8	ч	1,5	щ	0,4
с	5,4	у	2,5	й	1,2	ф	0,2
р	4,8	я	2,2	х	1,1		

Таким образом, получается таблица частоты повторяемости букв русского языка. Естественно, результат будет довольно точным. Для примера можно сравнить произведение А.С. Грибоедова «Горе от ума» и роман Ф.М. Достоевского «Преступление и наказание». Составив таблицы, мы можем увидеть, что показатели этих таблиц отличаются в среднем на 0,3 или 0,4 процента. Это довольно большая разница, соответственно произведения принадлежат разным авторам.

Каждому автору свойственна индивидуальная частота. Таблицы частот, составленные для различных произведений одного автора, отличаются крайне несущественно, что доказывает наличие индивидуальной частоты употребления букв у каждого автора.

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко/

УКД 514

Минаева Э.Р., Владимирова И.Н.

(МБОУ «Гимназия № 13»)

ТЕОРЕМЫ ЧЕВЫ И МЕНЕЛАЯ

Особое место в планиметрии отведено двум теоремам: теореме Чевы и теореме Менелая. Данные теоремы актуальны в наше время, так как именно они помогают быстро решить задачи повышенной сложности, в том числе и задачи уровня С единого государственного экзамена. Теорема Чевы является критерием пересечения трех прямых в одной точке и потому находит широкое применение в задачах на доказательство и вычисление. Теорема Менелая (вместе с обратной) показывает закономерность, наблюдающуюся для отношений отрезков, соединяющих вершины некоторого треугольника и точки пересечения секущей со сторонами (продолжениями сторон) треугольника.

Цель работы - установить справедливость утверждений обеих теорем и рассмотреть их применение к решению геометрических задач. Примером таких задач является задание с заочных подготовительных курсов МГУ. В треугольнике ABC, площадь которого равна 6, на стороне AB взята точка K, делящая эту сторону в отношении AK:KB=2:3, а на стороне AC — точка L, делящая AC в отношении AL:LC=5:3. Точка P - пересечения прямых SK и BL удалена от прямой AB на расстояние 1,5. Найдите длину стороны AB.

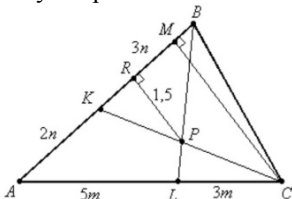


Рис. 1 Чертеж к задаче

Выполнив дополнительные построения и введя переменные (рис.1), по теореме Менелая для треугольника AKC и секущей PL следует

записать равенство $\frac{AL}{LC} \cdot \frac{CP}{PK} \cdot \frac{KB}{BA} = 1$, из которого после подстановки зна-

чений получается $CP=KP$. Из подобия треугольников KMC и KRP (по двум углам) находим высоту CM , проведенную к стороне AB треугольника ABC . Зная высоту и площадь данного треугольника, находим длину стороны AB .

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.

Научное издание

**XXI научно-техническая конференция
молодых ученых, аспирантов, студентов**

Технические науки

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Е.М.Туманова

Подписано в печать 06.05.2019 г. Формат 60x84^{1/16}

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 7,0. Уч.- изд. л. 4,6.

Тираж 50 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр

Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9

Адрес института: 301655 Тульская обл., Новомосковск, ул. Дружбы, 8