

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
году науки и технологий
Российской Федерации*

XXIII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Химические и технические науки



Новомосковск, 2021

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 XXIII научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Химические и технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2021. – 261 с.

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

доцент, доктор химических наук Е.Н. Голубина – *отв. секретарь*

доцент, 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

профессор, доктор педагогических наук Д.С. Ермаков

Содержание

СЕКЦИЯ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

<i>Максимов И.С., Голубина Е.Н., Журавлев В.И., Кизим Н.Ф.</i> Электрохимические свойства материала межфазных образований на основе d- и f-элементов.....	13
<i>Юркевич С.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Свойства металлорганических соединений на основе d- и f-элементов.....	14
<i>Моховиков А.В., Моисеев М.М.</i> Исследование никелевых катализаторов в процессе очистки отходящих газов от оксидов азота.....	15
<i>Сивачук М.А., Рассохина Л.Ю.</i> Теоретические аспекты извлечения ванадия из конвертерных шлаков.....	16
<i>Лактюхин Д.И., Жиркова Ю.Н., Журавлев В.И.</i> Особенности электролитического получения композиционных порошков.....	17
<i>Васильев А.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.</i> Совместный разряд лития и кальция из хлоридных расплавов.....	19
<i>Неижмак М.А., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Анализ молекулярных структур Д2ЭГФК и их комплексов с ионами некоторых металлов спектральными и квантовохимическими методами.....	21
<i>Максимов И.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н., Голубина Е.Н.</i> Избирательность жидкометаллических катодов в литийсодержащих хлоридных расплавах.....	23
<i>Николаева Д.С., Баканина А.К., Ильина Т.А., Новикова С.Н., Стародуб А.Н., Новиков А.Н.</i> Межмолекулярные взаимодействия в жидкофазных системах вода-амид.....	26
<i>Сафонова К.Н., Клейменова А.О., Сухинина О.А.</i> Комбинированные препараты на основе неорганических соединений алюминия, магния и кальция.....	27
<i>Ненартович Н.А., Ильина Т.А., Сухинина О.А.</i> Соединения кремния и титана в составе лекарственных форм.....	28
<i>Ерема А.В., Новикова С.Н., Костылева Е.И.</i> Препараты железа и его соединений: синтез, свойства, применение.....	29
<i>Сенчурова Д.А., Шевченко Ю.Т., Иванов А.И., Костылева Е.И.</i> Антисептические гели пролонгированного действия.....	30
<i>Скоропупова Г.Г., Амелин Д.С., Костылева Е.И.</i> Кремнийорганические термостойкие композиционные материалы.....	31
<i>Корзиенко Н.И., Костылева Е.И.</i> Пиролиз смесей полимеров как способ получения полезных органических веществ.....	32
<i>Ускова Е.А., Капштык В.Н., Иваненко О.И.</i> Лекарственные препара-	

раты на основе терпиноидов».....	33
<i>Иванова О.В., Глебова Е.Ю.</i> Анодное поведение магнетита в кислых средах.....	34
<i>Скорба В. Р., Добрыднев С.В., Новиков А.Н.</i> Изучение синтеза основного карбоната цинка (II) в аммиачно-карбонатном водном растворе.....	35
<i>Неижмак М. А., Александрова О.А., Добрыднев С.В.</i> Кинетика диспергирования и растворения гидроксида никеля (II) в аммиачно-карбонатном водном растворе.....	37

СЕКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<i>Александров Д.А., Артамонов И.А., Васильев В.С., Алексеев А.А., Коробко Е.А.,</i> Свойства вторичных полимерных материалов ПЭВД-стретч.....	41
<i>Ландин А.Ю., Громова А.Н., Калистратова А.С., Алексеев А.А., Коробко Е.А.</i> Свойства вторичных полимерных материалов ПЭВД-стретч-ПП.....	42
<i>Коновалова Е.Д., Родионова Р.В.</i> Предпроектная разработка способа получения циклогексана.....	43
<i>Иванова И.Н., Родионова Р.В.</i> Выбор промышленного метода производства капролактама.....	44
<i>Аносова К.В., Будукин Н.В., Маклаков С.А.</i> Обзор способов получения изатина и его производных.....	45
<i>Русскова М.В., Маклаков С.А.</i> Обзор способов получения стирола... ..	46
<i>Харитонов Н. П., Горохова М.Н.</i> Исследование процесса синтеза 1,1-дихлор-2-фенилциклопропана в условиях межфазного катализа.....	48
<i>Аносова К. В., Горохова М.Н.</i> Явление синергизма и антогонизма в межфазном катализе.....	49
<i>Харитонов Н.П., Горохова М.Н, Морев И.Г.</i> Применение казеина в пищевой и других отраслях промышленности.....	51
<i>Булаев Е.С, Комова Л., Филимонов В.Н.</i> Комбинированный способ отбора проб при хроматографическом анализе ароматических углеводородов в сточных водах.....	52
<i>Копосова Л.В., Цой А.С., Филимонов В.Н.</i> Абсорбционное концентрирование простейших кетонов при их хроматографическом контроле в газовых выбросах.....	53
<i>Кулятов Р.В., Филимонов В.Н.</i> Особенности пробоподготовки при контроле содержания жирорастворимых витаминов в пищевых смесях методом нормально-фазовой ВЭЖХ.....	54

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

<i>Костиков А.С., Логачёв Д.А., Клочков В.И.</i> Расчетный метод оценки эффективности работы торцевых уплотнений.....	55
<i>Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Исследование кинематических характеристик плоского шарнирного «механизма Робертса».....	56
<i>Кузнецов Н.Р., Бегова А.В.</i> Разработка методического материала по выполнению курсовой работы по дисциплине «Взаимозаменяемость и нормирование точности».....	60
<i>Кохнович М.П., Сафонов Б.П.</i> К вопросу снижения металлоёмкости технологического оборудования.....	61
<i>Попов А.А., Давыдов В.В., Каменский М.Н.</i> Использование аддитивных технологий для производства композитных деталей.....	62
<i>Сорсов К.И., Колобов В.А., Марков М.В.</i> Технические решения по уменьшению вибрации трубопроводов.....	64
<i>Гавриков А.С., Думчев А.К., Каменский М.Н.</i> Особенности разработки конструкции колонны синтеза карбамида.....	65
<i>Чумичев А.Л., Подольский В.А., Сивкова О.Д.</i> Изучение характеристик пьезоэлектрических преобразователей из ниобата лития.....	66
<i>Петров Р.Ю., Давыдов В.В., Каменский М.Н.</i> Разработка конструкции многоступенчатого горизонтального поршневого компрессора... ..	68
<i>Калугин И.А., Сафонов Б.П.</i> Способ устранения смещения лопаток рабочего колеса АВО газа от центробежных сил на ДКС ЗНГКМ.....	69
<i>Башлаев Н.А., Коровин Н.А., Суменков А.Л., Зимин А.И.</i> Экспериментальное и аналитическое определение деформаций при изгибе балки.....	70
<i>Александров Б.Д., Козлов А.М.</i> Конструкция изложницы для центробежной заливки баббитом подшипников скольжения.....	71
<i>Князева А.О., Давыдов В.В., Лобанов Н.Ф.</i> Разработка конструкции рекуперативного подогревателя бензола.....	72
<i>Калугин И.А., Сафонов Б.П.</i> Приспособление для извлечения центратора из отверстий фланцев сепараторов и абсорберов ДУ 400 при проведении ТО на газовом промысле ЗНГКМ.....	74

СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

<i>Сарандаев Г.К., Соколов И.С., Брыков Б.А.</i> Об особенностях синтеза нечетких систем управления астатическими объектами.....	76
<i>Антонович В.Ю., Журнюкеев Н.К., Лопатин А.Г.</i> Модернизация	

систем контроля и управления производства двуокиси углерода.....	77
<i>Мелешкина В.А., Краснолобов А.С., Предместын В.Р.</i> Исследования эффективности регулятора с прогнозированием.....	78
<i>Мианфун К., Шеремет И.И., Сидельников С.И.</i> Разработка и исследование системы логического управления отделением приема винилхлорида на базе SCADA Trace Mode.....	79
<i>Кошарский И.О., Осокин П.К., Фомин К.С., Брыков Б.А.</i> Оптимизация процессов получения жидкой и твердой двуокиси углерода в цехе углекислоты.....	80
<i>Полоцкая Ю.А., Дендина В.О., Хивинцева Н.Л., Брыков Б.А.</i> Ключевые направления исследований в теории нечетких множеств.....	81
<i>Азима Ю.И., Сидельников С.И. Гавриленко А.И., Тихонов В.В.</i> Метрологическое моделирование измерения теплофизических величин...	82
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Палеева К.Г.</i> Внедрение SIEM систем: способы и ошибки.....	83
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Махов С.Р.</i> Выбор принципов и подходов к управлению качеством данных в компании.....	84
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Чекрыжов С.В.</i> Информационные технологии как фактор поддержки бизнеса в условиях пандемии.....	85
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Янцев С.Д.</i> Перспективы развития управления качеством данных.....	86
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Михеев А.В.</i> Преимущества технологии Data Lake перед хранилищем данных.....	87
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Кострюкова Е.А.</i> Проблема качества пользовательских данных.....	88
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Корбанюк Д.С.</i> Развертывание Data Lake: подготовка к процессу.....	89
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Астахова Т.А.</i> Развитие управления качеством данных в России.....	90
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Джанхотова Р.Э.</i> Самостоятельная область.....	92
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Старкова В.К.</i> Функциональность «облачных» АТС внутри рынка рекуртинговых систем.....	93
<i>Силин А.В., Силина И.В., Смольянинов Н.И.</i> Проблемы стандартизации технологий 5G в России.....	94
<i>Силин А.В., Силина И.В., Мосулёв Д.В.</i> Проблема импортозамещения ПО в России.....	97
<i>Силин А.В., Силина И.В., Кудинов Н.С.</i> Проблемы охлаждения в компьютерных системах.....	98
<i>Бойко Е.Ю., Силин А.В.</i> Файлы соокie и безопасность в сети.....	100
<i>Силин А.В., Силина И.В., Васильев А.С.</i> Метод обеспечения целост-	

ности информации на основе организации параллельных соединений защиты на сетевом уровне.....	101
<i>Комягин Д.И., Медведев С.В.</i> , Импортозамещение в государственных учреждениях.....	105
<i>Комягин Д.И., Медведев С.В.</i> , Использование системы "телемедицина" в государственных учреждениях здравоохранения для проведения удаленных консультаций с пациентами	108
<i>Маслова Н.В., Гербер Ю.В., Артамонов П.В.</i> Курсовое проектирование в среде SimInTech.....	111
<i>Саяпин В.В., Красовский П.В., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> Об актуальных особенностях защиты персональных данных.....	112
<i>Орлов Н.А., Чеканова В.А., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.</i> О возможностях образовательной платформы ЭБС «Юрайт» при организации учебного процесса.....	113
<i>Ускембай В.А., Соболев А.В., Корольков П.В.</i> Задачи оптимального управления колонной синтеза аммиака.....	114
<i>Джанхотова Р.Э., Соболев А.В.</i> Математическое моделирование процесса синтеза аммиака.....	116
<i>Астахова Т.А., Соболев А.В., Корольков П.В.</i> Минимизация потерь эксергии в колонне синтеза аммиака.....	117
<i>Орлов Н.А., Соболев А.В.</i> Структура энергосберегающей САУ колонной синтеза аммиака.....	119
<i>Платонова О.Ю., Чумичев А.Л.</i> Уравнения третьей степени с действительными коэффициентами.....	120
<i>Платонова О.Ю., Толгатов Т.М.</i> , Подстановка Эйлера.....	122
<i>Платонова О.Ю., Егоров А.А.</i> Уравнения четвертой степени.....	123
<i>Платонова О.Ю., Толстых И.В.</i> Теорема Гульдена.....	124
<i>Платонова О.Ю., Никитин А.П.</i> Решение интегралов с помощью формулы параболической трапеции.....	125
<i>Платонова О.Ю., Тришкин Д.С.</i> Метод Остроградского.....	126
<i>Чертыковцева Л.О., Бездомников А.В.</i> Генетический алгоритм как эффективный метод стохастического поиска оптимального решения.	127
<i>Машкова С.С., Бездомников А.В.</i> Формулирование статистических моделей.....	128
<i>Архинов С.А., Матвеев В.А.</i> Пределы, порождаемые классическими неравенствами.....	129
<i>Толстых И.В., Нифонтова Т.Ю.</i> Конструирование системы отопления.....	130
<i>Толгатов Т.М., Нифонтова Т.Ю.</i> Особенности преподавания инженерной и компьютерной графики.....	132
<i>Серегин И.М., Нифонтова Т.Ю.</i> Формирование профессиональных	

компетенций на примере дисциплины Инженерная графика.....	134
<i>Раскучев П.А., Нифонтова Т.Ю.</i> Развитие профессиональной компетентности студентов технических специальностей при обучении инженерной графике.....	136
<i>Егоров А.А., Нифонтова Т.Ю.</i> Информационные технологии как средство повышения эффективности профессиональной подготовки бакалавра на материалах дисциплины «Инженерная графика».....	138
<i>Чумичев А.Л., Нифонтова Т.Ю.</i> Инновации в методике обучения инженерной графике.....	140
<i>Тришкин Д.С., Нифонтова Т.Ю.</i> Использование программ 3D-моделирования при обучении инженерной графике.....	142
<i>Машкова С.С., Казиева Л.В.</i> Очно-дистанционное обучение как составляющая процесса формирования самостоятельной работы студентов.....	144
<i>Селезнев С.С., Казиева Л.В.</i> Возможности Автокада и особенности его работы.....	145
<i>Гольцверт М.А., Зубков А.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> Об основных отличиях мультиоблачных платформ.....	147
<i>Зубков А.А., Гольцверт М.А., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.</i> О возможностях технологии BitLocker для защиты данных.....	148
<i>Раскучев П.А., Серегин И.М., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> Об особенностях шифрования данных на Linux.....	149
<i>Серегин И.М., Раскучев П.А., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.</i> Об особенностях и перспективах "умных" устройств.....	150
<i>Шорохов С.Р., Сятин В.В. Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.</i> Об особенностях использования электронных архивов.....	151
<i>Багирова Л.М., Зуев О.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> Анализ дезинформации в Интернет.....	152
<i>Артамонов П.С., Черногаев Д.А., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.</i> Анализ результатов тестирования мобильных приложений.....	153
<i>Фомин К.С., Соколов И.С. Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> Об особенностях эффективной маскировки данных.....	154

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Макеев А.М., Макрушин В.В., Золотарева В.Е.</i> К вопросу применения пароводяных струйных подогревателей в системах водоподготовки промышленных предприятий.....	156
<i>Никитин С.Б., Ермаков Д.О., Макрушин В.В.</i> Изучение влияния скорости коррозионных процессов углеродистой стали в воде высоких параметров.....	157
<i>Никитин С.Б., Бурьлина Е.М., Макрушин В.В.</i> Влияние органических примесей на скорость коррозии углеродистой стали.....	158

<i>Бурьлина Е.М., Ермаков Д.О., Макрушин В.В.</i> Изучение современных типов водно-химических режимов, их влияние на образование отложений в конденсатно-питательном тракте ТЭС.....	159
<i>Бурьлина Е.М., Ермаков Д.О., Никитин С.Б., Макрушин В.В.</i> Предупреждение и снижение процессов коррозии и образования отложений при работе теплоэнергетического оборудования.....	160
<i>Бежикина П.А., Макрушин В.В.</i> Обзор современных промышленных газовых котельных.....	160
<i>Глазков К.В., Макрушин В.В.</i> Методы сжигания газа в зависимости от способа образования газозвушной смеси.....	161
<i>Симонов Е.К., Макрушин В.В.</i> Особенности и типы современных регенеративных теплообменных аппаратов.....	162
<i>Конов П.А., Макрушин В.В.</i> Особенности и типы современных рекуперативных теплообменных аппаратов.....	163
<i>Толстых И.В., Иванов А.А., Курило Н.А.</i> О вреде воздуха в системе водяного отопления.....	164
<i>Толстых И.В., Черных И.В., Курило Н.А.</i> Расчёт тепловой мощности дежурного отопления производственного здания.....	165
<i>Черных И.В., Толстых И.В., Курило Н.А.</i> Современные эффективные теплоизоляционные материалы.....	167
<i>Иванов А.А., Толстых И.В., Курило Н.А.</i> Тепловая защита в космической технике.....	169
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Недостатки противокоррозионной обработки подпиточной воды в вакуумных деаэраторах.....	171
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Некоторые проблемы энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения.....	172
<i>Лазарев А.Ю., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Профилирование ребер на трубах, как способ интенсификации теплообмена в котельных агрегатах.....	174
<i>Лазарев А.Ю., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Об особенностях обтекания пучков труб потоком газа.....	176
<i>Черных И.В., Золотарева В.Е.</i> Об использовании котельной на твёрдых древесных отходах в Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева.....	178
<i>Горянский Д.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Факторы, влияющие на повышение качества теплоснабжения потребителя.....	181
<i>Толстых И.В., Золотарева В.Е.</i> Определение значений эксергии для различных термодинамических систем.....	183
<i>Толстых И.В., Золотарева В.Е.</i> Условия формирования теплового	

самочувствия человека.....	184
<i>Толстых И.В., Черных И.В., Зайцев Н.А.</i> Инфильтрационная составляющая тепловых потерь зданий	186
<i>Толстых И.В., Коровин Н.А., Зайцев Н.А.</i> Особенности классификации природных вод.....	187
<i>Черных И.В., Толстых И.В., Зайцев Н.А.</i> Общие цели, методы и способы обработки воды в промышленности.....	188
<i>Бежикина П.А., Симонов К.С., Чермошенцев Е.А.</i> Акустический метод противонакипной обработки воды системы ГВС.....	189
<i>Симонов Е.К., Самсонов К.С., Чермошенцев Е.А.</i> Результаты электромагнитного воздействия при обработке воды системы ГВС.....	190
<i>Конов П.А., Бежикина П.А., Чермошенцев Е.А.</i> Применение флоатации и коагуляции в установке конденсатоочистки котельной.....	191
<i>Конов П.А., Чушкин Н.А., Золоторева В.Е.</i> Применение мини-ТЭЦ в малой энергетике.....	192
<i>Кислицын Т.Е., Соболев Н.Д., Золоторева В.Е.,</i> Магнитогидродинамический генератор.....	197
<i>Маликова С.А., Золоторева В.Е., Чермошенцев Е.А.</i> Мероприятия по повышению надежности оборотных систем промышленных предприятий.....	199
<i>Толстых И.В., Черных И.В., Иванов А.А., Алексеева Н.В.</i> Универсальность до и после пандемии covid– 19: вклад в устойчивое энергетическое будущее Европы.....	200
<i>Толстых И.В., Черных И.В., Иванов А.А., Алексеева Н.В.</i> Международный обзор централизованного теплоснабжения и охлаждения (технический аспект).....	201
<i>Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.</i> Определение функций Ферми-Дирака.....	202
<i>Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.</i> Принцип Паули многоэлектронные атомы.....	204
<i>Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.</i> Электропроводность в собственном полупроводнике.....	205
<i>Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.</i> Эффект Холла.....	207
<i>Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.</i> Нормальное и тангенциальное ускорение.....	209
<i>Давыдов В.В., Логачева В.М.</i> Расчет мощности двигателя на основе измерений.....	210
<i>Давыдов В.В., Коровин Н.А., Логачева В.М.</i> Физические процессы в аккумуляторных батареях в современных электромобилях.....	211
<i>Давыдов В.В., Логачева В.М.</i> Понятие мощности электродвигателя...	213
<i>Иванов А.А., Толстых И.В., Логачева В.М.</i> Зонная теория твердого тела..	214

<i>Коровин Н.А., Башилаев Л.А., Логачева В.М.</i> Волновое уравнение.....	217
<i>Коровин Н.А., Башилаев Л.А., Логачева В.М.</i> Закон Кулона.....	219
<i>Коровин Н.А., Башилаев Л.А., Логачева В.М.</i> Космическое излучение..	220
<i>Коровин Н.А., Башилаев Л.А., Логачева В.М.</i> Закон Ома в дифференциальной форме.....	222
<i>Коровин Н.А., Башилаев Л.А., Логачева В.М.</i> Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям.....	225
<i>Коровин Н.А., Давыдов В.В., Логачева В.М.</i> Стоячие волны в катушках. Образование свободных электромагнитных волн.....	227
<i>Коровин Н.А., Логачева В.М.</i> Торсионные источники энергии.....	230
<i>Коровин Н.А., Толстых И.В., Логачева В.М.</i> Электростатический генератор.....	231
<i>Никитин А.П., Толстых И.В., Логачева В.Н.</i> Электропроводность металлов и полупроводников.....	234
<i>Суханов В.А., Логачева В.М.</i> Явление взаимной индукции и применение его на практике.....	236
<i>Толстых И.В., Иванов А.А., Логачева В.М.</i> Ядерные реакции и их основные типы.....	239
<i>Ильин А.И., Лотарев О.С.</i> Тенденции и перспективы энергетики по итогам зимы 20/21 годов.....	241
<i>Исаев А.С., Ендин Е.А., Леонов А.А.</i> Особенности расчета устойчивости местных источников.....	242
<i>Исаев А.С., Соболев Н.Д., Чушкин Н.А.</i> Расчет режимов в ПК RASTRWIN.....	243
<i>Исаев А.С., Саха Ахмед Фарид</i> Перспективная оценка электропотребления исламской республики Афганистан.....	244
<i>Колесников Е.Б.</i> Трехфазный выпрямитель.....	245
<i>Колесников Е.Б.</i> Умножитель частоты синусоидального сигнала.....	246
<i>Колесников Е.Б.</i> Устройство для измерения частоты синусоидального сигнала.....	247
<i>Лагуткин О.Е., Мияев В.П.</i> Ценологическая оценка надежности схем релейной защиты ОАО Щекиноазот.....	248
<i>Ошурков М.Г., Черницов Н.А.</i> Выявление характерных технологических состояний производства для повышения точности прогнозов электропотребления.....	249
<i>Ползиков М.Н, Гришин Д.А.</i> Выделение необходимого и достаточного объема базы знаний главного энергетика предприятия.....	250
<i>Ошурков М.Г., Бирюков К.Р.</i> Применение теоретических разработок и программного комплекса кафедры ЭПП.....	251
<i>Ползиков М.Н, Гришин Д.А.</i> Выделение необходимого и достаточного объема базы знаний главного энергетика предприятия.....	252

<i>Ползиков М.Н., Елисеев В.И.</i> Использование электронных учебников в учебном процессе.....	252
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Лубошникова М.П.</i> Электропривод с инверсным регулятором.....	253
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Волков И.А.</i> Исследование влияния упруго-вязких связей на колебания в электроприводе.....	253
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Кислицын Т.Е.</i> Компенсация колебаний в электроприводе с упругими связями.....	255
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Кучин Р.В.</i> Математическая модель частотного электропривода с упруго-вязкими связями.....	256
<i>Стебунова Е.Д., Вийсковой Р.А.</i> Схемы потребительских подстанций на промышленных предприятиях.....	257
<i>Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Свиридов А.А.</i> Особенности применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 110-220 кВ.....	258
<i>Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Семенихин И.С.</i> Практическая подготовка студентов-энергетиков на основе анализа опыта работодателей.....	259
<i>Стебунова Е.Д., Чумаков О.В.</i> Анализ схем распределительных сетей промышленных предприятий напряжением 6кв при наличии двигательной нагрузки.....	260

СЕКЦИЯ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

УДК 541.13

Максимов И.С., Голубина Е.Н., Журавлев В.И., Кизим Н.Ф.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА
МЕЖФАЗНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ОСНОВЕ
d- И f-ЭЛЕМЕНТОВ**

Самосборка и самоорганизация, протекающие при межфазном синтезе, обуславливают появление материалов с уникальными свойствами. Образование средней соли ди-(2-этилгексил)фосфата металла (Д2ЭГФМе), способной накапливаться в межфазной области, может приводить к формированию структур вследствие межмолекулярных взаимодействий, процессов коагуляции, ассоциации, полимеризации.

В настоящем сообщении представлены данные по электропроводности материала межфазных образований на основе Д2ЭГФМе.

Электропроводность межфазных образований сложным образом зависит от времени, что вызвано одновременным протеканием нескольких взаимосвязанных процессов. В момент приведения в контакт двух жидких фаз возникает спонтанная поверхностная конвекция (СПК), которая приводит к дополнительному подводу ионов соли лантаноида к межфазной поверхности (электропроводность резко увеличивается). В результате протекания химической реакции между солью лантаноида и Д2ЭГФК количество ионов металла уменьшается, и электропроводность снижается. Однако продуктом является сильная кислота, диссоциирующая на ионы, что приводит к повышению электропроводности.

С увеличением начальной концентрации соли металла в водной фазе электропроводность снижается, ввиду более высокой скорости формирования межфазных образований. Ионы металла, взаимодействуя с Д2ЭГФК, образуют молекулы ди-(2-этилгексил)фосфата металла, расходуемого на образование межфазных взвесей. СПК, вначале интенсифицирующая перенос водного раствора к межфазной поверхности, быстро угасает.

На основании данных электролиза материала межфазных образований установлено, что основными носителями тока являются ионы водорода; выход водорода по току составляет 95 %. Увеличение массы анода обусловлено образованием оксидов платины в поверхностном слое анода. Привес анода пропорционален количеству прошедшего электричества.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований проект № 19-03-00194 и грантом Правительства Тульской области ДС/166 от 29.10.2020 г.

УДК 541.13

Юркевич С.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.

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

СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ *d*- ИЛИ *f*-ЭЛЕМЕНТОВ И ДИ-2(ЭТИЛГЕКСИЛ)ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

В настоящем сообщении представлены данные по свойствам ди-(2-этилгексил)фосфатов металлов (Д2ЭГФМе), самопроизвольно образующихся на межфазной границе двух несмешивающихся жидкостей, представляющих собой растворы: соли металла (водная фаза), ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты в неводном растворителе (органическая фаза).

Изучено влияние природы металла и растворителя, начальных условий межфазного синтеза на температуру плавления, плотность, магнитную восприимчивость Д2ЭГФМе.

Показано, что материал на основе *f*-элементов обладает более высокой плотностью, температурой плавления, магнитной восприимчивостью, чем материал на основе *d*-элементов, что обусловлено более высокой долей кристалличности и более низким размером кристаллита.

Магнитные свойства ионов *f*-элементов незаполненной $4f$ -подоболочкой ($4f^n 5s^2 5p^6 5d^{0(1)} 6s^2$, где $n = 1-14$), которая расположена глубоко внутри атома и заэкранирована от действия кристаллического поля вышележащими электронными слоями $5s^2$, $5p^6$ и $5d^{0(1)}$. Возрастание числа $4f$ -электронов по мере перехода от лантана к лютецию обуславливает тенденцию к монотонному увеличению их магнитной восприимчивости.

В ряду исследуемых растворителей (гептан, толуол и тетрахлорметан) более высокие значения плотности, температуры плавления, магнитной восприимчивости наблюдаются для материала межфазных образований, синтезируемых при использовании в качестве растворителя гептана.

Увеличение начальной концентрации Er(III) или Pr(III) от 0,01 до 0,1 М при постоянстве всех других параметров приводит к повышению температуры плавления на 15°C . Повышение начальной концентрации Д2ЭГФК от 0,01 М до 0,05 М при постоянстве всех других параметров вызывает увеличение температуры плавления на 5°C , а увеличение pH

водного раствора от 2,4 до 5,3 обуславливает, повышение температуры плавления на 10 °С.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований проект № 19-03-00194 и грантом Правительства Тульской области ДС/166 от 29.10.2020 г.

УДК 66.0976

Моховиков А.В., Моисеев М.М.

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ
ОТ ОКСИДОВ АЗОТА**

Оксиды азота являются одним из самых распространённых загрязнителей атмосферного воздуха. По объёму газообразных выбросов они занимают второе место после диоксида серы [1]. По литературным данным суммарное количество оксидов азота поступающих в атмосферу из антропогенных источников и вследствие естественных явлений достигает 65 млн. тонн в год. Основным способом достижения более низкой себестоимости продукции является замена дорогостоящих катализаторов на контактные массы, не имеющие в своём составе драгметаллов [2].

На современном этапе в производстве неконцентрированной азотной кислоты применяют, в основном, два способа каталитической очистки:

1. Неселективное каталитическое восстановления оксидов азота природным газом;
2. Селективное каталитическое восстановления оксидов азота аммиаком [3].

В ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР» совместно с НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева ведутся работы по синтезу и исследованию никель-медных и цинк-хром-марганцевых каталитических систем в процессах очистки отходящих газов от оксидов азота. Эксперименты проводились на установке проточного типа, оборудованной кварцевым реактором для загрузки катализатора. Состав исходной смеси, имитирующей отходящие газы производства неконцентрированной азотной кислоты: 0,08 – 0,12% об. NO_x; кислород – 3% об., остальное азот или аргон. Объёмная скорость подачи смеси варьировалась в интервале 5000 – 25000 ч⁻¹. Гранулометрический состав зёрен катализатора от 1 до 4 мм.

В качестве катализаторов высокотемпературной очистки оксидов азота метаном нами были выбраны никель-медные системы с добавка-

ми марганца, кобальта и палладия (0,2 % масс.). В качестве газавосстановителя – метан с содержанием 5 – 7% об. в исходной смеси. Температура зажигания всех образцов катализаторов лежит в интервале 320 - 350⁰С. Температура достижения максимальной степени очистки составляет 600 - 650⁰С. Максимальную степень превращения до 95 % демонстрируют образцы с добавкой кобальта или палладия. Остаточное содержание оксидов азота в хвостовых газах после очистки не превышает 0,007% об.

Эксперименты, проведенные при различных температурах, объемных скоростях газового потока и разном гранулометрическом составе исследуемых образцов с целью определения лимитирующей стадии процесса показали, что таковой является внутренняя диффузия компонентов газовой смеси в порах катализатора.

Литература

1. Катализаторы очистки газовых выбросов промышленных производств / Н.М. Попова. М.: Химия, 1991. 176 с.
2. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности./ Под ред. В.М. Олевского. М.: Химия, 1985. с. 50.
3. Исмагилов З.Р., Керженцев М.А., Сумарина Т.Л. Каталитические методы снижения выбросов оксидов азота при сжигании топлива. “Успехи химии”, 1990, 59, № 10, с. 1700-1727.

УДК 66.0976

Сивачук М.А., Рассохина Л.Ю.

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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ

2021 год в России объявлен Годом науки и технологий. Основной задачей Года является развитие научной мысли, что приведет к интенсивному росту технологического прогресса и укреплению научного потенциала России. Поэтому все более актуальными становятся вопросы разработки новых и усовершенствования существующих технологий, представляющих практический интерес для экономики и безопасности страны.

Важной проблемой для любого государства являются вопросы экологической безопасности и ресурсо-, энергосбережения. В связи с этим, вопросам переработки техногенных отходов с целью извлечения из них ценных компонентов, уделяется все больше внимания.

Уже много десятилетий, из титанованадиевых шлаков, полученных при выплавке чугуна, извлекают ценный продукт – ванадий в виде различных соединений. Ванадий – один из перспективных химических элементов, широко используется во многих отраслях. Легированные стали, катализаторы, люминофоры – это не полный список продукции, где содержатся соединения ванадия.

Ванадиевые шлаки перерабатываются, в основном, гидрометаллургическим способом. Сущность его заключается в следующем. Предварительно измельченный шлак, в смеси с минеральной добавкой, подвергают обжигу во вращающихся печах. Цель обжига – перевести соединения ванадия в растворимые формы. Затем продукт обжига подвергают выщелачиванию. Выбор растворителя определяется растворимостью соединений ванадия. В результате гидролиза из полученных растворов осаждаются ванадий в виде пентаоксида, ванадата или поливанадата аммония.

Главными проблемами существующей технологии являются:

- неоднородность химического состава шлака, что отражается на технологии производства, в результате чего снижается степень извлечения ванадия и падению производительности;
- большое количество отходов, что влияет на экологию;
- запыленность, что ухудшает условия труда.

Можно сделать вывод о том, что существует необходимость научного подхода к технологическому инжинирингу данного процесса

УДК 541.13

Лактюхин Д.И., Жиркова Ю.Н., Журавлёв В. И.

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

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ

Композиционные материалы характеризуются большим разнообразием. Особую группу среди них составляют металлические порошки, которые используются для изготовления изделий методами порошковой металлургии, а также для плазменного или газопламенного напыления. Функциональные особенности композиционных материалов из металлических порошков обусловлены свойствами металлов, которые входят в их состав. Важные значения имеет метод проведения процесса напыления. Очевидными достоинствами обладает метод газопламенного напыления, для реализации которого необходимо использование терморреагирующих порошков. Важнейшими из них является АНКТП – терморреагирующий алюмо-никелевый композицион-

ный порошок, обладающий значительным термоэффектом за счёт энталпии сплавообразования в системе Al-Ni. Система характеризуется образованием ряда прочных конгруэнтных интерметаллических соединений - (ИМС). [1]

Состав сплавов, образующихся при напылении определяется в первую очередь концентрационным составом Al-Ni композиций. Оптимальным составом обладает композиция, содержащая 20 масс. % Al – 80 масс. % Ni. При этом отдельные частицы алюминия размером (50 – 80) мкм (20 % от массы) должны быть покрыты слоем никеля (80% от массы зерна композиционного порошка). Решить задачу такого распределения металлов на зёрнах исходных порошков можно методом электрохимического покрытия (наращивания) второго металла. Ближайшим прототипом такого процесса можно рассматривать процесс протекающий на насыпных многоэлементных катодах из перемешиваемых мелких деталей. При этом следует отметить, что зёрна порошков на порядки меньше размеров мелких деталей, а величина объёмной пористости насыпных порошковых катодов (около 0,5), значительно меньше, чем для насыпных катодов в гальванотехнике. Особенности гальванопокрытий требуют подготовки поверхности порошков к осаждению. При этом осаждение меди может сопровождаться её контактным выделением, которая при перемешивании порошков легко удаляется с поверхности.

Но наиболее сложной является проблема очень малой эквивалентной электропроводности алюминиевого порошка (α_n) по сравнению с электропроводностью электролита (α_3), например, электролита никелирования. В этом случае соотношение электропроводностей $\alpha_n \ll \alpha_3$, длится более часа электролиза. При этом основная доля никеля осаждается на токоподводящем титановом днище электролизёра. Осаждение никеля на алюминиевый порошок (с плёнкой оксида алюминия) протекает очень медленно. Только при содержании 15 ± 10 масс % Ni в алюмо-никелевом композиционном порошке формируются устойчивые токопроводящие никелевые покрытия на зёрнах алюминия. Это создаёт условия, при которых $\alpha_3 \ll \alpha_n$, а никель осаждается на внешней поверхности насыпного порошкового катода, и практически не осаждается на днище. Такой режим рассматривается, как стадия наращивания никеля. Интенсивность наращивания никеля ограничивается предотвращением сращиванием зёрен. [2]

В то же время при покрытии порошков никеля, рения медью, рения никелем процессы можно вести с высоким до (95-97) % выходом по току непосредственно с начала электролиза. [3] Это позволяет точ-

но дозировать количество осаждаемого металла, и соответственно, состав получаемых композиционных биметаллических порошков.

Актуальной задачей является проведения процесса никелирования алюминиевого порошка в подобном режиме. Для этого необходимо обеспечить электропроводность исходного алюминиевого порошка, например, за счёт быстронаносимого слоя химникеля. При этом слой такого никеля должен быть минимальным, так как химникель содержит (5-10) % фосфора. При этом дальнейшее наращивание никеля (основной массы) необходимо проводить гальваническим методом.

Литература

1. Порошковая металлургия и порошковые покрытия. Учебник для вузов. Под ред. Б.С. Митина, М.: Металлургия – 792 с.
2. Жиркова Ю.Н., Волкович А.В., Журавлёв В.И. Распределение плотности тока и поляризации на алюминий-никелевом композиционном порошковом катоде при электроосаждении никеля // Изв. вузов. Химия и химич. технология. - 2009 – Т.52, - №6. – С. 63-66.
3. Курвякова Л.М., Жиркова Ю.Н., Таранов О.Г. Введение меди в порошкообразные материалы методом электролитического плакирования // Порошковая металлургия. – 1992, - №1. – С. 103-106.

УДК 541.13

Васильев А. С., Журавлёв В. И., Жиркова Ю.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**СОВМЕСТНЫЙ РАЗРЯД ЛИТИЯ И КАЛЬЦИЯ
ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ**

Литий и его сплавы с кальцием нашли применение в различных отраслях металлургии как раскислители, газопоглотители, а так же как антифрикционные сплавы. Литий и его соединения имеют определяющие значения для производства ион-литиевых аккумуляторов. В силу этого вопросы получения как чистого лития, так и его сплавов являются актуальными в течении продолжительного времени. нами рассмотрена малоизученная температурная область (973 К), при которой плавки как LiCl (978 К), так и двухкомпонентная смесь LiCl-X CaCl₂ в широком диапазоне X CaCl₂. При электролизе на твёрдом катоде (молибдене) получается жидкий сплав Li-X Ca. Получение такого сплава при температурах (743-773) К известно и в целом обусловлено близостью равновесных потенциалов лития и кальция в расплаве LiCl-X CaCl₂. Однако, только в настоящее время получены, подтверждены экспериментальные данные о $E^0_{Ca^{2+}/Ca}$ и $E^0_{Li^+/Li}$ при 973 К [1,2].

Термодинамические условия совместного разряда двух металлов кальция и лития с образованием жидкого бинарного сплава Li-X Ca в расплаве LiCl-CaCl₂ запишется как:

$$E_{Ca^{2+}/Ca(Li)}^{P*} - \frac{RT}{2F} \ln X_{Ca} = E_{Li^+/Li(Ca)}^{P*} - \frac{RT}{F} \ln X_{Li} \quad (1)$$

Для бинарных сплавов справедливо соотношение

$$X_{Li} = 1 - X_{Ca} \quad (2)$$

Величины условных равновесных потенциалов (E^{P*}) кальция и лития “в их бинарном сплавах рассчитаны с учётом принятого [2] □ для CaCl₂ и для LiCl в расплаве, и □ для лития и кальция в образуемом сплаве Li-X Ca поведением компонентов близком к идеальному.

Константа избирательности (K_{Ca/Li}) при выполнении условий равенства (1) будет иметь вид

$$K_{Ca/Li} = \frac{\sqrt{X_{Ca}}}{1-X_{Ca}} = \exp \left[\frac{(E_{Ca^{2+}/Ca(Li)}^{P*} - E_{Li^+/Li(Ca)}^{P*}) \cdot F}{RT} \right] \quad (3)$$

Видно, что выражение в квадратных скобках даёт постоянную величину. Значение X_{Ca} получается решением квадратного уравнения после преобразования уравнения (3) с известными величинами E^{P*}. Для исследуемого состава сплава Li-X Ca получено: X_{Ca}=0,28, а X_{Li}=0,72 мол. доли. Состав сплава постоянен и не зависит от его количества. Это же следует и из величины показателя избирательности θ_{Ca/Li}= приведённого в [2,3]:

$$\theta_{Ca/Li} = \exp \left[\frac{F \cdot (2E_{Ca^{2+}/Ca(Li)}^{P*} - E_{Li(Ca)}^{P*} - E_{снл})}{RT} \right] \quad (4)$$

При постоянном потенциале сплава (E_{снл}) соотношение X_{Ca}/X_{Li} постоянно.

Представляется интересным оценить отклонения K_{Ca/Li} и $\frac{\theta_{Ca/Li}}{E}$ за счёт концентрационной поляризации, которая возникает в бинарном расплаве при высоких плотностях тока. В металлическом сплаве при любом осаждающемся составе не должно возникать градиента концентраций, а значит и . поляризации. В целом для определения необходимы сведения о предельном диффузионном токе. Его оценка затруднена невозможностью определить по катодным поляризационным кривым (КПК) область i_{пр.} для Ca²⁺, т.к. потенциалы разряда Ca²⁺ и Li⁺ очень близки. Можно констатировать, что в указанных условиях фактор поляризации влияет слабо. Полученные данные позволяют сделать заключение о преимуществе использования величины K_{Ca/Li}, т.к. она позволяет определять состав сплава только по величинам E^{P*}. Уравнение

(4) предпочтительно при наличии данных об $E_{ст}$, измеренного в условиях близких к равновесным. Поляризация должна приводить к обогащению двойного сплава литием. Регулирование состава получаемого сплава $Ca(Li)$ возможно за счёт изменения доли $CaCl_2$ в солевом расплаве, в пределах, допускаемых строением бинарных диаграмм плавкости.

Литература

1. Волкович А.В., Журавлёв В.И., Солодкова М.В. Электрохимия кальция, стронция, бария. Оксидно-галогенидные расплавы – Новомосковск: ФГБОУ ВО “РХТУ им. Д.И. Менделеева”, Новомосковский институт (филиал), 2017.-182 с.
2. Васильев А.С., Журавлёв В.И., Жиркова Ю.Н., Голубина Е.Н. Процессы на твёрдом и жидких катодах в расплавах на основе хлорида лития. Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXXIV, №4 (227). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020.- С.130-134.
3. Журавлёв В.И., Жиркова Ю.Н. Основы высокотемпературной электрохимии. Новомосковск: ФГБОУ ВО “РХТУ им. Д.И. Менделеева”, Новомосковский институт (филиал), 2019.-128 с.

УДК 541.13

Неижмак М.А., Макрушин Н.А., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.

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

АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СТРУКТУР Д2ЭГФК И ИХ КОМПЛЕКСОВ С ИОНАМИ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ СПЕКТРАЛЬНЫМИ И КВАНТОВОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В проведенных ранее исследованиях [1,2] установлено, что при контактировании водных растворов РЗЭ с раствором ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты в органическом растворителе протекает реакция, в результате которой возникают молекулы ди-(2-этилгексил)-фосфатов РЗЭ.

С целью проверки данного предположения были проведены квантовохимические расчеты различных структур Д2ЭГФК методами молекулярной механики, полуэмпирическим методом РМЗ, неэмпирическими в базисах HF/3G, 3-21G* и 6-31G**, а также функционала плотности рbe.

В результате проведенных расчетов получена структура молекулы Д2ЭГФК, представленная на рис. 1.

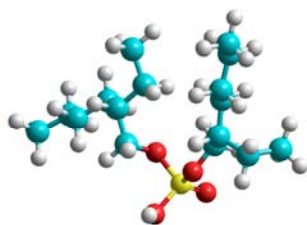


Рис.1. Структура Д2ЭГФК по результатам расчета.

В целом, различные расчетные методы дают близкую картину молекулярной структуры Д2ЭГФК, которая состоит из тетраэдра фосфат-иона и двух алкильных заместителей. Структурные параметры последних практически не отличаются от их аналогов ряда предельных углеводородов. Наибольшие изменения в значениях дескрипторов молекулярного строения от метода расчета наблюдаются для фосфатной группировки.

Проведенные расчеты при помощи большинства методов указывают на возможность образования молекулами Д2ЭГФК димеров хелатного типа (рис.2) за счет водородных связей между атомами кислорода, соединенными с атомами фосфора двойными связями и атомами водорода.

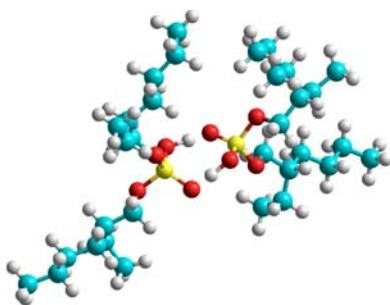


Рис. 2. Структура димера Д2ЭГФК по результатам расчета

По данным проведенных расчетов показана принципиальная возможность образования ассоциатов Д2ЭГФК (как мономеров, так и димеров) с атомами и ионами РЗЭ.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований проект № 19-03-00194 и грантом Правительства Тульской области ДС/166 от 29.10.2020 г.

Литература

1. Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф., Чекмарев А.М. // Журн. физич. химии. 2014. Т. 88. № 9. С. 1429.
2. Кизим Н.Ф., Голубина Е.Н., Журавлев В.И., Макрушин Н.А. Электропроводность материала межфазных образований в системах с РЗЭ и ди-(2Этилгексил)фосфорной кислотой / XI Международная научная конференция «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии», г. Плес, Ивановская обл., 7-11 сентября 2020 г. Тезисы докладов. Иваново: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2020. - с. 83.

УДК 541.13.

Максимов И.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н., Голубина Е.Н.

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

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТОДОВ В ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Константа избирательности при образовании 2-х компонентного сплава $Me(Li)$ на твердом индифферентном катоде (Mo, W, Fe) при электролизе 2-х компонентного солевого расплава $LiCl - X MeCl_2$, запишется как:

$$K_{Me/Li} = \frac{\sqrt{X_{Me}}}{X_{Li}} \quad (1)$$

Рассмотрены солевые расплавы $LiCl$ с добавлением – 40 масс. % $MeCl_2$, где Me – Ca, Sr, Ba. Таким образом в расплавах содержание $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$ составляет 20; 13 и 12 мол.% соответственно.

Принято, что при 973 К в жидких сплавах $Me(Li)$ поведение компонентов близко к идеальным (т.е. $\gamma_{Me} \approx \gamma_{Li} \approx 1$). С учетом экстраполяции коэффициентов активности Me^{2+} и Li^+ [1], рассчитаны условные равновесные потенциалы E^{P^*} систем $Li^+/Li(Me)$ и $Me^{2+}/Me(Li)$. При этом все значения E^{P^*} , рассматриваются постоянными во всем концентрационном интервале жидких расплавов и сплавов. Условия совместного разряда двух металлов описывается выражением:

$$E_{Me^{2+}/Me(Li)}^{P^*} = E_{Li^+/Li(Me)}^{P^*} \quad (2)$$

При этом константа избирательности для процесса сплавообразования $K_{Me/Li}$ при условиях, что

$$X_{Li} = 1 - X_{Ca} \quad (3)$$

$$X_{LiCa} = 1 - X_{SrCa} \quad (4)$$

с учетом выражений (3) и (4) принимает вид

$$\ln K_{Me/Li} = \ln \frac{\sqrt{X_{Me}}}{1 - X_{Me}} = \frac{F}{RT} \left(E_{Me^{2+}/Me(Li)}^{P^*} - E_{Li^+ / Li(Me)}^{P^*} \right) \quad (5)$$

Выражение (5) можно использовать для описания показателя избирательности при образовании сплава Li – X Me

$$\varphi_{Me/Li} = \ln \left(\frac{X_{Me}}{1 - X_{Me}} \right) = \frac{F}{RT} \left(2E_{Me^{2+}/Me}^{P^*} - E_{Li^+ / Li}^{P^*} - E_{Me} \right) \quad (6)$$

Для 2-х компонентных сплавов, образовавшихся при совместном разряде обоих компонентов расплава можно использовать уравнение (5) для расчета $K_{изб.}$, а затем решением квадратного уравнения рассчитать значение X_{Me} и X_{Li} . Выражение (6) является вариантом уравнения (5) для бинарного сплава, когда $X_{Li} = 1 - X_{Me}$.

Ранее показано, что для 3-х компонентных сплавов, образующихся при выделении из расплава двух металлов в жидкий металлический катод (М) величина константы избирательности металла катода описывается выражением

$$K_{M,M_2/Li} = \frac{\sqrt{X_{Me}}}{X_{Li}} \quad (7)$$

Для бинарных сплавов, когда $K_{изб.}$ описывается выражением (5) концентрация второго компонента равна $1 - X_{Me}$. В квазиравновесии процесс идет с постоянным соотношением X_{Me}/X_{Li} , например для систем LiCl – X SrCl₂ и LiCl –X BaCl₂. Показано [2], что при равновесном образовании сплава Li –X Ca, его потенциал составляет -3,413 В, при этом $E_{Li^+ / Li}^{P^*} = -3,440 \text{ В}$; $E_{Ca^{2+} / Ca}^{P^*} = -3,460 \text{ В}$.

Рассчитанные через термодинамические характеристики величины условных равновесных потенциалов металлов (Me и Li) в их бинарных сплавах (E^{P^*}) и константы избирательности постоянны (не зависят от количества Me и Li, образовавших сплав). Поэтому $K_{Me/Li}$ может оцениваться только по термодинамическим данным для потенциалообра-

зующих компонентов расплава (Me^{2+} , Li^+) и сплава (Me, Li). Например, в системах Li – X Sr и Li – X Ba основным компонентом бинарных сплавов является литий, до 99%.

Согласно справочным данным [3] при 973 К солевые расплавы $\text{LiCl} - \text{MeCl}_2$ гомогенны вплоть до 0,8 мол. дол. MeCl_2 . Таким образом представляется возможным вариация концентрации MeCl_2 в широком диапазоне для получения сплавов заданных составов. Задача решается определением величины X_{MeCl_2} и X_{LiCl} по заданной величине состава сплава, отвечающего условию $X_{\text{Me}} = 1 - X_{\text{Li}}$. Принимаются те же допущения, что и при расчете по уравнению (5). При этом величины условных равновесных потенциалов в (5) представляются в виде

$$E_{\text{Me}^{2+}/\text{Me}(\text{Cl})}^{\text{P}} = E_{\text{Me}^{2+}/\text{Me}}^{\circ} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{Y_{\text{Me}^{2+}}}{Y_{\text{Me}}} + \frac{RT}{2F} \ln X_{\text{Me}^{2+}} \quad (8)$$

$$E_{\text{Li}^+/\text{Li}(\text{Me})}^{\text{P}} = E_{\text{Li}^+/\text{Li}}^{\circ} + \frac{RT}{F} \ln \frac{Y_{\text{Li}^+}}{Y_{\text{Li}}} + \frac{RT}{F} \ln(1 - X_{\text{Me}^{2+}}) \quad (9)$$

После преобразований (8) и (9) решается квадратное уравнение относительно величина $X_{\text{Me}^{2+}}$ получается решением квадратного уравнения.

Для оценки избирательности жидких металлических катодов (М) к двум осаждаемым на них металлам так же используются понятия константы избирательности и показателя избирательности $K_{\text{M}, \text{Me}/\text{Li}}$ и $\varphi_{\text{M}, \text{Me}/\text{Li}}$. Однако, в обоих случаях для 3-х компонентных сплавов при расчете указанных величин необходимо задаваться дополнительными данными о содержании одного из осаждаемых компонентов или об потенциалах сплавов. Состав сплавов зависит от количества, выделяющегося в тройной сплав Me и Li. Область использования уравнений ограничена содержанием до 5 мол.% металла в сплаве. Но при этом есть возможность значительно увеличить долю щзм. относительно лития, по сравнению с соотношением в 2-х компонентных сплавах.

Например при 973 К в расплаве $\text{LiCl} - 0,2$ мол.% CaCl_2 на твердом катоде образуется сплав $\text{Ca}(\text{Li})$ для которого величина $X_{\text{Ca}}/X_{\text{Li}} = 0,39$. В тоже время на жидком оловянном катоде образуется сплав $\text{Ca}, \text{Li}(\text{Sn})$ с $X_{\text{Ca}}/X_{\text{Li}} = 10,4$, то есть сплав сильно обогащен кальцием. Расчет $X_{\text{Ca}}/X_{\text{Li}}$ проведен для верхнего предела применимости.

Литература

1. Дриц М.Е., Зусман Л.Л. Сплавы щелочных и щелочноземельных металлов. Справочник. – М.: Металлургия, 1986. – 248 с.

2. Максимов И. С., Журавлев В. И., Жиркова Ю.Н., Голубина Е.Н. Поляризация жидких катодов в расплавах хлоридов лития и щелочноземельных металлов. Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXXIV, №4 (227). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – с. 135 – 137.
3. Коршунов Б.Ф., Сафонов В.В., Дробот Д.В. Диаграммы плавкости хлоридных систем: Справочник. Л.: Химия, - 1972. – 384 с.

УДК 541.8:536.6:532.14

*Николаева Д.С., Баканина А.К., Ильина Т.А., Новикова С.Н.,
Стародуб А.Н., Новиков А.Н.*

(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)

МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЖИДКО- ФАЗНЫХ СИСТЕМАХ ВОДА-АМИД

Необходимость исследования межмолекулярных взаимодействий и структурных свойств водных растворов амидов алифатических карбоновых кислот обусловлена их важной ролью в природе, науке и технике, современной технологии. Несмотря на широкое использование в промышленности и лабораторной практике, физико-химическая изученность этих бинарных неэлектролитных смесей остается достаточно слабой, а поиск параметров жидкофазных систем, эффективно отражающих, как особенности межмолекулярных взаимодействий, так и структурные изменения в индивидуальных растворителях и их растворах, является актуальной задачей.

В работе калориметрическим и денсиметрическим методом исследована система ДМФА - вода во всей области составов при 298,15 К. Измерения теплоемкости выполнены с высокой точностью на герметичном калориметре с изотермической оболочкой и платиновым термометром сопротивления в качестве датчика температуры. Погрешность измерения теплоемкости составляла не более $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ Дж(г·К)⁻¹. Для исследования плотности растворов была использована прецизионная пикнометрическая установка. Погрешность измерения плотности растворов составляла $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ г·см⁻³. Для приготовления растворов использовали дважды перегнанную воду и ДМФА, осушенный молекулярными ситами 4А, и дважды перегнанный под вакуумом (содержание Н₂О составляло 0,03 % масс.).

На основании данных о теплоемкости и плотности растворов рассчитаны величины отклонения мольных теплоемкостей и объемов от аддитивности. Концентрационные зависимости избыточных функций

смешения ΔC_p^E и ΔV^E имеют значительный экстремум в области составов 0,3-0,4 мольной доли ДМФА, что свидетельствует о специфическом взаимодействии компонентов системы, приводящем к образованию ассоциата ДМФА · 2Н₂О. Полученные результаты были обсуждены в связи с особенностями специфических и универсальных межмолекулярных взаимодействий в изученной системе и в водных растворах других амидов алифатических карбоновых кислот.

УДК 615.014

Сафонова К.Н., Клейменова А.О., Сухина О.А.

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

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ,
МАГНИЯ И КАЛЬЦИЯ**

В Российской Федерации, как и во многих других странах мира, патология желудочно-кишечного тракта занимает одну из лидирующих позиций в структуре общей заболеваемости населения, уступая только сердечно-сосудистым и онкологическим заболеваниям. Наиболее распространенными являются кислотозависимые заболевания: хронический гастрит и панкреатит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки. В настоящее время при лечении таких заболеваний важную роль играет эффективное противодействие кислотному фактору. В комплексной терапии нашли широкое применение лекарственные препараты, которые обладают антацидным действием, так как они способны нейтрализовать соляную кислоту, адсорбировать пепсин, а также купировать спазмы.

В большинстве современных антацидных препаратов используется сбалансированная комбинация соединений магния (оксид магния, гидроксид магния, пероксид магния, карбонат магния), кальция (карбонат кальция) и алюминия (гидроксид алюминия, фосфат алюминия) и другие. Комбинированные антацидные препараты характеризуются медленным наступлением терапевтического эффекта, но зато имеют более длительным временем воздействия. Вышеперечисленные неорганические соединения малорастворимы в воде, практически не всасываются в кровь, характеризуются антисептической способностью и частично адсорбируют токсины.

Основная точка приложения антацидных препаратов - нейтрализация соляной кислоты, выделенной париетальными клетками слизистой оболочки желудка, вследствие чего снижается раздражающее действие

желудочного сока на слизистую, уменьшается болевой синдром и активируются процессы регенерации. Для подавления патогенных свойств соляной кислоты целесообразно поддерживать кислотность (рН) желудочного содержимого на уровне не менее 3 большую часть суток. При повышении рН с 1,3 до 2,3 кислота нейтрализуется на 90%, если рН достигает 3,3, антациды связывают ионы водорода на 99%. Оптимальным считается уровень кислотности желудка рН = 3-5.

УДК 615.014

Ненартович Н.А., Ильина Т.А., Сухинина О.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

СОЕДИНЕНИЯ КРЕМНИЯ И ТИТАНА В СОСТАВЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ

Известно, что кремний является эссенциальным элементом нормального функционирования организма человека. Кремний обеспечивает рост и упрочнение соединительной ткани как в период эмбрионального развития, так и при заживлении ран; способствует биосинтезу коллагена и образованию костной ткани; играет существенную роль в метаболических процессах; препятствует отложению холестерина на стенках кровеносных сосудов.

Титан, не являясь эссенциальным элементом, также участвует во многих метаболических процессах: он необходим для построения эпителиальной ткани, участвует в регенерации эпителиальных и костных тканей, стимулирует ферментативную активность крови и защитную функцию макрофагов, участвует в процессах кроветворения. Титаносодержащие препараты используют самостоятельно или в виде основ фармацевтических композиций для местного и наружного применения.

К настоящему времени накоплен экспериментальный материал по созданию различных классов кремнийорганических соединений - потенциальных лекарственных препаратов. Перспективными являются соединения кремния, обладающие сорбционными свойствами. Сорбенты - это лекарственные средства, которые способны связывать и выводить из организма вещества внешнего (аллергены, микроорганизмы) и внутреннего происхождения (токсины вирусов).

Важнейшими медицинскими требованиями к современным энтеросорбентам являются высокая сорбционная емкость по отношению к удаляемым компонентам и способность сорбировать разного размера и массы молекулы, и бактериальные клетки, а также отсутствие токсического и травматического воздействия. Наиболее полно отвечают этим

требованиям энтеросорбенты на основе высокодисперсного диоксида кремния. Природу поверхности частиц гидратированного оксида кремния можно регулировать в широком интервале за счет варьирования природы органического радикала при атоме кремния; природы растворителя; за счет изменения технологии процесса поликонденсации (концентрация компонентов, температуры, скорость смешения, величина рН осаждения и т.п.).

УДК 541.12

Ерема А.В., Новикова С.Н., Костылева Е.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРЕПАРАТЫ ЖЕЛЕЗА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

По содержанию в организме человека железо относится к жизненно необходимым микроэлементам. Большая часть железа ($\approx 70\%$) сосредоточена в гемоглобине крови. Железо входит в состав ферментов, например, цитохромов, каталазы и др. В связанной форме железо находится в белках, которые выполняют роль переносчиков железа. Соединения железа (II) используются при различных заболеваниях, сопровождающихся анемией.

В работе синтезирован сульфат железа (II) растворением избытка восстановленного железа в 30%-ном растворе серной кислоты при нагревании до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также лактат железа (II).

Препараты легко растворим в воде (слабокислая реакция раствора). Обнаружение катиона железа проводили согласно ГФ реакцией образования синего осадка турнбулевой сини при действии гексацианоферрата калия. Сульфат-ион обнаруживали по реакции с раствором хлорида бария.

Для количественного определения использовали реакцию окисления ионов железа (II) в ионы железа (III) с помощью титрованного раствора перманганата калия. Фотометрический метод основан на образовании окрашенного комплекса железа (II) с о-фенантролином. Оптическую плотность измеряли при 508 нм. Определение общего содержания железа в полученном соединении и установление его примесей проводили методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Важность и необходимость контроля чистоты обусловлена тем, что присутствие примесей в лекарственных веществах снижает их фармакологическое действие и делает их опасными для здоровья человека.

Таким образом, в результате работы получен реактив, не содержащий не допустимых количеств примесей, кислот и щелочей, восста-

навливающих веществ. Предложенный метод синтеза можно рекомендовать для получения лекарственных препаратов, применяемых при железодефицитных состояниях.

УДК 546.8

Сенчурова Д.А., Шевченко Ю.Т., Иванов А.И., Костылева Е.И.

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

АНТИСЕПТИЧЕСКИЕ ГЕЛИ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

В настоящее время разработка рецептур антисептических составов пролонгированного действия актуальна. В работе получены гели-антисептики на основе карбополов марки Carborol 990 и Ultres 10 и таких спиртов, как этанол, изопропанол, эфирно-альдегидной фракции. Карбополы – это редкоштитые акриловые полимеры (РАП), производные акриловой кислоты.

Исследовано влияние концентрации карбополов на вязкость получаемых гелей. Выявлено, что вязкость системы растет с увеличением концентрации карбополов обеих марок. Гель с концентрацией карбопола в интервале 0,5-2,0% обладает хорошей текучестью и вязкостью.

Большую роль в реологии гелевых систем играет регулирование рН. Равномерное распределение действующего вещества, вязкость и структурная устойчивость геля на основе карбопола зависит во многом от рН среды. Изучено влияние различных нейтрализаторов на вязкость гелевых систем при различных концентрациях полимера. Сначала было изучено загущение полимера после его нейтрализации основанием – 18% раствором щелочи. Выявлено, что максимальная вязкость достигается при рН 6-7. Выбор основания зависит от растворителя, который используется в рецептуре. Для этанола и ЭАФ был изучен кремнийорганический амин-гаммааминопропилттриэтоксисилан. Механизм нейтрализации аминами, приводящий к нарушению внутримолекулярных связей обусловлен, уменьшением ассоциации карбоксильных групп за счет образования с аминогруппой комплексов молекулярного и ионного типа. Выявлено, что предложенный нейтрализатор эффективный (требуется 0.8 г на 1 г сухого полимера) и позволяет получать гели с хорошими реологическими показателями.

В работе изучена возможность применения побочного продукта ректификации этилового спирта - эфирно-альдегидной фракции (ЭАФ) в качестве антисептика. Предложенная методика решает проблему утилизации отходов спиртовой промышленности.

Таким образом, в работе изучены механизм гелеобразования спиртовых растворов, предложены оптимальные составы гелей-антисептиков на основе спиртов различной природы.

УДК 546.8

Скоропупова Г.Г., Амелин Д.С., Костылева Е.И.

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

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Известно, что полиорганосилоксаны и композиционные материалы на их основе широко используются в качестве теплоносителей, демпферных жидкостей, огнестойких керамообразующих материалов. Поэтому актуальной задачей на данный момент является увеличение сроков службы данных материалов за счёт подавления окислительных процессов, которые могут происходить в них при высоких температурах. Наиболее эффективными материалами в данном случае являются соединения d- и f-элементов.

Целью работы являлось синтез и введение в полиорганосилоксаны термостабилизаторов на основе различных металлов, улучшение эксплуатационных характеристик силиконовых композитов.

Поскольку, механизм термостабилизации предполагает взаимодействие комплекса переходного металла с радикалами и последующую их гибель, можно предположить, что металлы высоких степеней окисления с большим координационным числом будут обладать ещё большей способностью к термостабилизации. В работе синтезированы ацетилацетонаты титана (IV), циркония (IV), гафния (IV), ванадила.

Получены растворимые в силиконовых жидкостях и каучуках кремнийорганические металлоорганосилоксаны (МОС) реакцией гидросилилирования α,ω -дигидроолигодиметилсилоксана формулы $\text{HMe}_2\text{SiO}(\text{Me}_2\text{SiO})_6\text{SiMe}_2\text{H}$ синтезированными ацетитацетонатами.

МОС изучены в качестве термостабилизаторов полидиметилсилоксановой жидкости типа ПМС, а также наполненных композиций на основе дивинилсилоксанового каучука (ДВК).

Термостабильность определяли при 300 °С по времени начала гелеобразования. Установлено, что начало термоокислительной деструкции в значительной степени определяется природой металла. Время гелеобразования изменяется от 0.25 до 90 часов. Выявлено, что наиболее эффективными являются соединения Hf, V.

Предложенные модификаторы повышают термодеструкцию, термостабильность, диэлектрические характеристики кремнийорганических жидкостей и компаундов.

**ПИРОЛИЗ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ КАК СПОСОБ
ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

В настоящее время для переработки вторичных полимеров используются новые технологии. Одним из таких процессов является пиролиз.

В работе изучена глубокая переработка жидкой фракции продуктов пиролиза смеси полимеров для получения индивидуальных полимеров и горюче-смазочных материалов. Пиролиз проводился в реакторе из кварцевого стекла при температуре 500-600°C. При этом, образовавшаяся паргазовая смесь поступала в конденсационный отсек, где часть превращалась в жидкую фракцию, а низкомолекулярные неконденсируемые при заданных условиях соединения, пропускались через пламегаситель и сжигались.

В работе проведена перегонка и ректификация пиролизной жидкости. Выделенные соединения изучены методами ИК-спектроскопии, газовой хроматографии, ЯМР-спектроскопии и хроматомасс-спектроскопии. Получены индивидуальные органические соединения: циклопентен, метилциклопентан, 1-метилциклопентен, бензол, циклогексен, этилбензол, п-ксилол, 1,3,5-триметилциклогексан, н-гексен-1, н-гептан, октен, октан, додецен-1.

Для получения горюче-смазочных материалов проведено гидрирование фракций, содержащих связи С=С на никелевом катализаторе с последующей изомеризацией фракций С₆-С₇. Определено октановое число топливных фракций. Изучена растворимость пленкообразующих веществ в полученных растворителях.

При утилизации полимеров по предложенной методике снижено образование СО₂, что являлось приоритетной задачей работы. Конденсирующиеся газообразные продукты, образующихся во время пиролиза, предложено использовать для отопления реактора, исследована возможность выхода на замкнутый энергетический цикл.

Продукты глубокой переработки жидкой пиролизной фракции служат сырьем для получения бензинового и дизельного топлива, растворителей для лакокрасочных материалов. Предложенная методика позволит сократить расход природных ресурсов для производства данных соединений, а также снизить энергетические затраты необходимые, для прямого синтеза этих веществ.

Ускова Е.А., Капштык В.Н., Иваненко О.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ ТЕРПИНОИДОВ

Эфирные масла хвойных растений обладают антисептическими, бактерицидными и противовирусными свойствами. Одним из основных компонентов эфирных масел являются терпеноиды. Объектом исследования являлось лекарственное вещество - камфора, относящееся к группе стимуляторов нервной и сердечной деятельности.

На территории естественных лесных массивов с деревьев в осенне-зимний и весенний период отобраны образцы зелени сосны обыкновенной, туи западной, ели обыкновенной. Отбор образцов зелени производился в чистой зоне, что позволило исключить влияние техногенных факторов на результаты исследований. Из всех отобранных образцов было выделено эфирное масло, содержание которого изменялось на протяжении года. Лекарственное вещество извлекалось методом экстракции органическими растворителями, а также эфирное масло получали с использованием дистилляционных методов. В ходе эксперимента использовали следующие растворители: спирт этиловый, гексан, пентан, бензол, хлороформ.

Методом газожидкостной хроматографии выполнен анализ динамики содержания камфоры в образцах хвои. Проведена идентификация лекарственного вещества методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр субстанции, снятый в диске с калия бромидом, по положению полос поглощения соответствует спектру стандартного образца камфоры. Сравнили полученные экспериментально ИК-спектры со спектрами из базы данных IRPal. Проведено сравнение с промышленным образцом эфирного масла камфоры.

Представлены результаты получения и исследования хвойного эфирного масла. Показано, что наибольшее содержание камфоры в растительном сырье, собранном в осенне-зимний период в Уральском регионе РФ. В распределении растений прослеживается тенденция: с продвижением на север РФ увеличивается число хвойных растений, в которых больше накапливается эфирного масла. Повышение содержания эфирного масла в осенне-зимний период связано с завершением формирования хвои.

Древесная зелень хвойных растений являются богатейшим источником биологически активных веществ.

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ МАГНЕТИТА В КИСЛЫХ СРЕДАХ
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

В рамках изучения взаимодействия магнетита с водными средами гравиметрическим, вольтамперометрическим, температурно-кинетическим и ФЭП методами исследовано поведение оксида в условиях анодной поляризации в 0,5 М растворе H_2SO_4 , ($T \cong 298 K$; $P \cong 101325 Pa$). В исследованиях применяли поликристаллический плавный магнетит.

Установлено, что при контакте с водной средой на границе раздела фаз со стороны раствора формируется поверхностный слой состава $-\gamma-Fe_2O_3$. Этот слой является частью двойного электрического слоя (ДЭС) и процессы, протекающие в нём, определяют стационарный потенциал магнетита.

Показано, что при поляризации магнетита в диапазоне $E_{ст} \div E_{O_2}$ наблюдается площадка предельного тока. При $E = 0,8 \div 1,4 V$ скорость перехода ионов железа (Fe^{3+}) в раствор и кислорода молекул воды в оксид достигают предельных значений. Выделение кислорода на магнетите протекает с высоким перенапряжением и сопровождается диффузионными ограничениями. Согласно исследованиям ФЭП вблизи 1,8 В поверхность электрода становится вырожденной, а её электронная проводимость возрастает. Поляризация при $E > 1,8 V$ приводит к разрушению слоя $\gamma-Fe_2O_3$ и выделению кислорода не только из молекул воды, но и из оксида.

Обнаружено, что форма вольтамперных кривых зависит от состава электролита, скорости вращения электрода и скорости развертки потенциала. В диапазоне 0,2 \div 1,6 В на ЦВА кривых наблюдаются два анодных и один катодный экстремум тока. Выявлено, что пик при $E > 1,3 V$ связан с адсорбцией кислорода из молекул воды и имеет диффузионную природу, так как исчезает при скорости вращения электрода больше 100 об/мин. Увеличение концентрации ионов Fe^{3+} в электролите и скорости вращения электрода способствует выявлению пиков тока. Исследования показали, что экстремумы тока связаны с протеканием окислительно-восстановительных процессов на магнетите. Из анализа ЦВА кривых следует, что процессы при анодной поляризации магнетита носят необратимый характер и протекают преимущественно в твердой фазе.

УДК: 661.847:546.05

Скорба В.Р., Добрыднев С.В., Новиков А.Н.

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

ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ОСНОВНОГО КАРБОНАТА ЦИНКА (II) В АММИАЧНО-КАРБОНАТНОМ ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Основной карбонат цинка (ОКЦ) используется в медицинской, фармацевтической, косметической и других областях промышленности. Это типичный фунгицид и антисептический препарат, что позволяет использовать его в средствах личной гигиены. Известно [1], что функциональные свойства порошков ОКЦ зависят от их размера, а уменьшение размера частиц приводит к повышению качества готового продукта. Перспективным способом получения ультрадисперсных частиц основных карбонатов является растворение грубодисперсных оксидов металлов в аммиачно-карбонатных растворах [2].

Целью настоящей работы явилось изучение размеров частиц основного карбоната цинка в процессе растворения оксида цинка в аммиачно-карбонатном растворе.

Для получения основных карбонатов цинка стехиометрического состава навеску оксида цинка, прокалённого при 1000°C, массой 5 грамм помещали в стеклянную колбу и приливали 100 мл аммиачно-карбонатную смесь, содержащую 1,35 М гидрокарбоната аммония и 1,65 М водного раствора аммиака. Суспензию перемешивали в течение 24 часов при температуре 25°C, осадок отделяли фильтрованием и высушивали. Как показали результаты РФА, синтезированный ОКЦ, соответствует стехиометрическому составу $Zn_3(CO_3)_2(OH)_6$ (номер карточки по базе данных JCPDS 72-1100).

В качестве оксидов цинка, которые использовались в качестве исходного сырья, были взяты ZnO «ХЧ» (ГОСТ 10262-73) и цинковые белила марки А (ТУ 301-10-013-89), размер частиц которых определяли седиментационным методом по следующей методике [3]. Навеску массой 0,5 грамм всыпали в химический стакан, приливали 140 мл дистиллированной воды и 20 мл глицерина и перемешивали раствор. Измеряли массу осевшего оксида цинка в течение 30 минут через заданные интервалы времени на торсионных весах. Результаты расчетов данных седиментационного анализа порошков оксида цинка приведён в табл. 1.

Как видно из данных, представленных в табл. 1., оксиды цинка представляют собой полидисперсные порошки с наиболее вероятными размерами частиц 1,9 мкм «ХЧ» (ГОСТ 10262-73) и 2,8 мкм (ГОСТ 202-84). Особенностью процесса получения ОКЦ стехиометрического

состава $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ является то, что превращение твердого оксида цинка в твердый ОКЦ в аммиачно-карбонатном растворе протекает в суспензионных условиях [4]. Таким образом, при растворении ZnO в аммиачно-карбонатной смеси протекают одновременно два процесса:

- растворение грубодисперсных оксидов с образованием аммиачных комплексов цинка;
- выделение основных карбонатов цинка в виде ультрадисперсной твердой фазы.

Таблица 1

Результаты расчетов данных седиментационного анализа порошков оксида цинка

Оксид цинка	$r_0 \cdot 10^6, \text{м}$	$r_{\text{мин}} \cdot 10^6, \text{м}$	$r_n \cdot 10^6, \text{м}$	$r_{\text{макс}} \cdot 10^6, \text{м}$
«ХЧ» (ГОСТ 10262-73)	8,7	4,2	1,9	26,2
(ГОСТ 202-84)	6,3	1,9	2,8	18,9

Кинетику изменения размера частиц в реакционной смеси проводили турбодиметрическим методом на спектрофотометре ПЭ-5400УФ в интервале длин волн 190 - 1000 нм [5]. Метод Геллера позволяет определять частицы менее 1 мкм, поэтому в результате эксперимента определялся средний размер частиц основного карбоната цинка, и включалась регистрация частиц оксида цинка.

Зависимость изменения среднего размера частиц ОКЦ от времени опыта показано на рисунке.

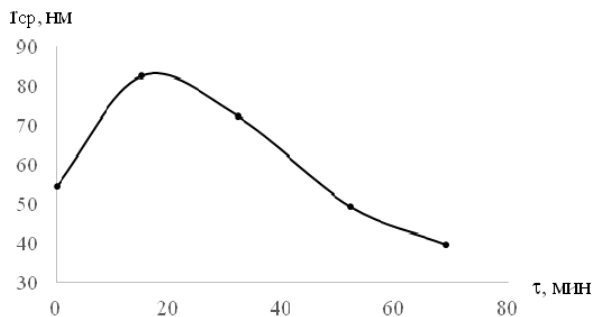


Рисунок. Зависимость изменения среднего размера частиц ОКЦ от времени опыта

Как видно из рисунка, средний размер частиц с течением времени опыта увеличивается и достигает максимального значения $r_{cp} = 82,4$ нм, соответствующего 15 минутам. Это объясняется тем, что в интервале времени до 15 минут процесс коагуляции, то есть укрупнение частиц, преобладает над процессом их оседания, а затем, более крупные частицы седиментируют и в реакционной смеси остаются более мелкие частицы. Таким образом, в результате растворения оксида цинка в аммиачно-карбонатной смеси (1,65 М водного раствора аммиака и 1,32 М гидрокарбоната аммония) происходит образование полидисперсных частиц основного карбоната цинка порядка 40-50 нм.

Литература

1. Николаева Н.С., Иванов В.В., Шубин А.А. Синтез высокодисперсных форм оксида цинка: химическое осаждение и термолиз // Journal of Siberian Federal University. 2010. V. 3. № 2. P. 153-173.
2. Добрыднев С. В., Молодцова М. Ю., Соломатина Ю. А. Влияние соотношения аммиака и гидрокарбоната аммония на синтез основного карбоната цинка // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 1. С. 123-125.
3. Фролов Ю.Г., Гродский А.С. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. М.: Химия, 1986. 216 с.
4. Добрыднев С. В., Молодцова М., Ю. Кизим Н. Ф. Синтез и исследование основного карбоната цинка // Журнал неорганической химии. 2014. Т. 59. № 8. С. 1018 – 1022.
5. Кольцов Л. В., Лосева М. А. Оптические методы исследования дисперсных систем: Метод. указ. к лаб. работам. Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2017. 12 с.

УДК: 541.49

Неижмак М. А., Александрова О.А., Добрыднев С.В.

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

КИНЕТИКА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ И РАСТВОРЕНИЯ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ (II) В АММИАЧНО-КАРБОНАТНОМ ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Растворение оксидов и гидроксидов металлов в аммиачно-карбонатных водных растворах является важной задачей в широком спектре областей, включая коррозию металлов, выщелачивание руд, содержащие оксиды металлов, а также в гидрометаллургии и др. Растворение соединений никеля (II) в аммиачно-карбонатном водном растворе с последующей отгонкой воды и аммиака из реакционной смеси,

является наиболее перспективным методом синтеза солей основного карбоната никеля стехиометрического состава [1].

Для изучения растворения $\text{Ni}(\text{OH})_2$ в аммиачно-карбонатной смеси с содержанием NH_4HCO_3 1,32 М и $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ равной 1,65 М, были измерены оптические плотности полученных растворов комплексных соединений никеля (II) на спектрофотометре ПЭ-5400УФ с шагом сканирования 1 нм, в диапазоне 190-1000 нм, через определенные интервалы времени. Зависимость изменения оптической плотности раствора аммиачно-карбонатного комплекса $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_n]\text{CO}_3$ с концентрацией Ni^{2+} 0,34 М от длины волны приведена на рис. 1.

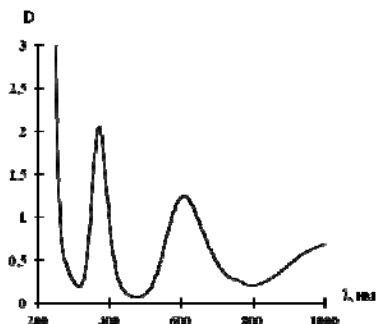


Рис. 1 Зависимость изменения оптической плотности от длины волны для водных растворов $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_n]\text{CO}_3$ (0,34 М)

Как видно из рис. 1 на спектрограмме присутствуют два максимума интенсивности светопоглощения, соответствующие интервалам длин волн 365-375 нм и 600-620 нм. Бьеррум установил [2], что в области ближнего ультрафиолета (365-375 нм) поглощение электромагнитного излучения обусловлено присутствием только билигандных катионов $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$, а в видимой области (500–700 нм) смесью комплексных форм $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Для изучения механизма растворения $\text{Ni}(\text{OH})_2$ в аммиачно-карбонатной смеси в зависимости от времени, проводился отбор проб через определенные интервалы времени, в дальнейшем пробы подвергались спектрофотометрированию, результаты опытов представлены на рис. 2.

Из рис. 2 можно видеть, с увеличением времени растворения значение оптической плотности снижается, что связано с появлением твердых частиц с размером менее 50-63 мкм. Как объясняют авторы работы [3], в результате интеркаляции молекул воды и аммиака в межслоевое пространство кристаллов гидроксида никеля (β -модификация)

образуется гидратированная форма гидроксида никеля, которая может быть представлена формулой - $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_x](\text{OH})_2$, ($0.1 \leq x \leq 0.4$).

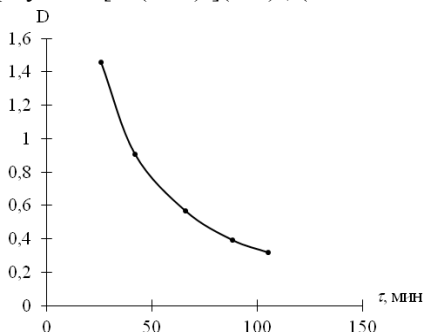


Рис. 2. Изменение значения оптической плотности от времени при растворении $\text{Ni}(\text{OH})_2$ в аммиачно-карбонатной смеси

Процесс диспергирования и растворения гидроксида никеля (II) в аммиачно-карбонатном водном растворе включает две стадии. На первой стадии происходит гидратация β -модификации гидроксида никеля с образованием гидратированных форм $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_x](\text{OH})_2$ и их диспергирование в виде отдельной фазы. На второй стадии протекают реакции растворения гидрата гидроксида никеля и гидроксида никеля с образованием аква-аммиачных комплексов. Также было установлено, что с увеличением времени растворения твердого $\text{Ni}(\text{OH})_2$ наблюдается смещение пика в сторону большего значения λ (рис. 3).

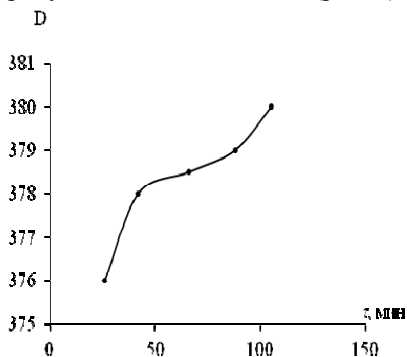


Рис. 3. Изменение положения пика в зависимости от времени растворения $\text{Ni}(\text{OH})_2$ в аммиачно-карбонатной смеси

Данные представленные на рис. 3 подтверждают, что растворение гидроксида никеля (II) в аммиачно-карбонатном растворе протекает в результате образования не только аммиакатных, но и аква-комплексов никеля (II), в которых с течением времени происходит замена аква-лигандов на амино-лиганды.

Литература

1. Добрыднев С. В., Александрова О. А. Получение ультрадисперсных частиц оксида никеля для анодов твердооксидных топливных элементов. Первая международная конференция по интеллектоемким технологиям в энергетике (Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов) 18-22 сентября 2017 г. Сборник докладов, Екатеринбург. 2017. С. 61.
2. Бьеррум Я. Образование аминов металлов в водном растворе / Пер. с англ. канд. хим. наук Г. Ф. Губской и Г. С. Тершина ; Под ред. акад. И. В. Тананаева. - Москва : Изд-во иностр. лит., 1961. - 308 с.
3. David S. Hall., David J. Lockwood, Christina Bock, Barry R. MacDougall. Nickel hydroxides and related materials: a review of their structures, synthesis and properties. 2015.

СЕКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 678:742.23

*Александров Д.А., Артамонов И.А., Васильев В.С.,
Коробко Е.А., Алексеев А.А.,*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ имени Д.И. Менделеева)
**СВОЙСТВА ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПЭВД-СТРЕТЧ**

Хорошо известно применение полиэтиленовой пленки в сельском хозяйстве в качестве укрывного, изоляционного и упаковочного материала. К сожалению, срок эксплуатации обычной пленки не превышает одного сезона (весна-лето-осень).

В последние годы в качестве упаковочного материала широко используется стретч-пленка (от английского глагола stretch – растягивать, но можно говорить и стрейч-пленка).

В местах концентрации отходов потребления указанных полимерных пленок логично возникает идея и их совместной переработки.

Объектами исследования в настоящей работе явились две партии гранулированного смесового вторичного полимерного материала, содержащего 10 и 15% по массе отработанной стрейч-пленки (соответственно СМ-10 и СМ-15).

Гранулирование указанных материалов в идентичных условиях экструзии обеспечивает получение гранул почти одинакового размера. Однако материал СМ-15 содержит почти на 30% пористых гранул больше. Диаметр пор около 100 мкм (в грануле одна пора).

Материалы характеризуются малым содержанием влаги и летучих веществ, что обеспечивает возможность их переработки без сушки. Проведенные далее исследования подтвердили это.

Определенные значения ПТР логично указывают на преимущественный метод их переработки – экструзию. Значения ПТР материалов различаются незначительно.

Конструкция имеющейся оснастки для формования стандартных образцов литьем под давлением обеспечила беспрепятственную переработку материалов и данным методом (за один впрыск получали стандартную лопатку № 2 по ГОСТ 11262-2017 и стандартный брусок № 1 по ГОСТ 19109-2017).

Несмотря на заметное различие в составе, материалы СМ-10 и СМ-15 характеризуются почти идентичными показателями, определяемыми при растяжении (50 мм/мин).

По комплексу технологических и механических показателей материалы СМ-10 и СМ-15 идентичны ПЭВД марки 10604-007.

УДК 678:742.23+678.742.3

*Ландин А.Ю., Громова А.Н., Калистратова А.С.,
Коробко Е.А., Алексеев А.А.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ имени Д.И. Менделеева)
**СВОЙСТВА ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПЭВД-СТРЕТЧ-ПП**

Сегодня трудно представить окружающий нас мир без полиэтилена и полипропилена, как и упаковку штучных товаров, включая на паллетах, без стретч (стрейч)-пленки.

Каждый из указанных материалов формирует свой поток полимерных отходов потребления и каждый из них представляет большой экономический интерес, обеспечивает работой многих людей.

Представляет интерес и поток смесевых полимерных отходов, включающий стадию их классификации по химической природе.

Объектами исследований в настоящей работе явились смеси гранулированных вторичного высокотекучего полипропилена (ПП) и материала ПЭВД-М, содержащего 90% вторичного ПЭВД (с/х пленка), 10% стрейч-пленки и 1% стеарата кальция.

Исходные материалы смешивали вручную на поддоне и далее гранулировали стретч-способом в «штатном» режиме.

Введение ПЭВД-М в состав ПП количестве 25 и 75 % снижает его ПТР соответственно на 34 и 72%. В последнем случае ПТР материала превышал ПТР исходного ПЭВД-В почти на порядок.

Без проблем полученные композиции, как и исходные ПП и ПЭВД-М, были переработаны в стандартные образцы литьем под давлением (лопатка № 2 по ГОСТ 11262-2017 и стандартный брусок № 1 по ГОСТ 19109-2017). Цвет образцов зеленый, RAL от ≈6000 до ≈6021. При растяжении лопаток из исходных материалов и их композиций можно определить только условные пределы текучести и соответствующие им удлинения около 10%. Координаты начала «холодного» течения не фиксируются, что указывает на существенные различия во внутренней структуре первичных и вторичных полимеров.

ПП и материалы с его участием характеризуются низким относительным удлинением при разрыве, что почти в 8 раз меньше, чем у ПЭВД-М (103%).

Показано, что твердость по Шор А стандартных образцов из всех материалов по длине различна и определяется как расстоянием от

впускного канала, так и соотношением между исходными компонентами (для ПП и ПЭВД-М у литника соответственно 100 и 95 единиц).

Полученные материалы представляют практический интерес.

УДК 667.63:678.041.2

Коновалова Е.Д., Родионова Р.В.

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

ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЦИКЛОГЕКСАНА

Циклогексан - как товарный продукт, на мировом рынке только получает широкое распространения, это обусловлено высокими показателями пожаро - взрывоопасности его паров и его токсичности, продукты получаемые из него широко используются во всех сферах деятельности человека: текстильная промышленность - синтетические волокна, капрон (найлон 6); строительная промышленность - монтажные пены, пластификаторы, растворители; автомобильная промышленность – корд автошин, наполнители декоративных панелей и контуров жесткости; военно-спортивная – парашюты, стропы парашютов, канаты, тросы и многих других.

Основным сырьем производства является бензол. Он получается в процессе крекинга нефти, выход его невелик, поэтому составляет дефицит на рынках крупнотоннажной химии во всем мире. По данным за 2018 год величина дефицита бензола составила порядка 100 000 тонн/год на внутреннем рынке и 1 млн. тонн во всем мире, что примерно составляет $\approx 15\%$ от полного объема производства бензола.

В данной работе произведен выбор метода производства циклогексана. Обоснование выбора методов производства сделано на основе проработки литературного материала, производственных данных. Указана характеристика производимой продукции, характеристика исходного сырья, вспомогательных материалов. Немаловажную роль в получении циклогексана путем гидрирования играет катализатор. В качестве катализаторов можно использовать такие металлы, как никель, платина, кобальт, железо, медь, цинк, рутений, родий, палладий и др. В качестве катализаторов гидрирования циклогексана изучались также рений, торий, неодим, самарий и другие металлы. Однако наибольшее распространение в промышленности получили катализаторы на основе цинка и меди. В качестве катализатора используется НТК-4. Подобрано необходимое оборудование. Разработаны необходимые мероприятия по автоматизации и управлению технологическим процессом. Приведены мероприятия по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды.

**ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО МЕТОДА ПРОИЗВОДСТВА
КАПРОЛАКТАМА**

Благодаря большому количеству ценных свойств, которыми обладает капрон, его широко применяют в технических изделиях и товарах народного потребления. Важнейшей областью применения капрона является шинная промышленность. Из капрона изготавливается корд - основной структурный элемент автомобильных и авиационных шин. Также капроновое волокно применяют при производстве канатов, тросов, веревок.

В данной работе произведен выбор метода производства капролактама. Обоснование выбора методов производства сделано на основе проработки литературного материала, производственных данных. Указана характеристика производимой продукции, характеристика исходного сырья, вспомогательных материалов. При проведении процесса оксимирования в первую очередь крайне важно добиться достаточно полного превращения циклогексанона в циклогексанооксим. Повышенное содержание циклогексанона в получаемом оксиме, помимо ухудшения технико-экономических показателей процесса, создает порою непреодолимые трудности на стадии очистки капролактама и препятствует получению конечного продукта высокого качества.

В условиях последующей изомеризации циклогексанооксима в среде концентрированной серной кислоты циклогексанон частично подвергается автоконденсации с образованием непредельных соединений, представляющих собой производные фурана. Эти соединения, попадая в капролактама, ухудшают в первую очередь такой его качественный показатель, как перманганатное число.

Учитывая изложенное выше, процесс оксимирования обычно проводят по противоточной схеме, по крайней мере в две технологические ступени. На первой из них создают избыток циклогексанона, на второй избыток гидросиламинсульфата. Подобрано необходимое оборудование. Разработаны необходимые мероприятия по автоматизации и управлению технологическим процессом. Приведены мероприятия по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды.

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗАТИНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

Из производных индола большее внимание имеет изатин: на его основе получают многочисленные красители, лекарственные препараты, пестициды, стимуляторы роста растений, аналитические реагенты.

Впервые изатин получен окислением индиго в 1841 г.; его первый синтез из оксиндола описан Байером в 1878 г.

В настоящее время применяются различные способы получения изатина и его производных[1].

Синтез Зандмейера основан на N,N'-диарил-цианформамидине, который восстанавливают сульфидом аммония до получения тиоамида. При его циклизации в серной кислоте при температуре 75-100°C до образования изатин-2-анила. Затем он гидролизуеться кислотой до изатина.

Во втором варианте синтеза по Зандмейеру исходным соединением является ароматический амин, при нагревании которого с хлоральгидратом и солянокислым гидроксиламином в кислой среде происходит образование изонитрозоацетанилидов, которые в свою очередь циклизуются в присутствии серной кислоты в изатины. Условия, при которых протекает процесс циклизации изменяются в зависимости от природы заместителей и их положения относительно аминогруппы. При циклизации мета-монозамещенных изонитрозоацетанилидов образуется смесь 4- и 6-замещенных изатинов. Разделить данные изомеры можно исходя из их растворимости в водных растворах кислот.

Синтез по Штолле проводят путем конденсации N-замещенных анилинов с избытком оксалилхлорида, которая приводит к образованию хлорангидридов N-арил-оксаниловых кислот. Затем с под действием хлорида алюминия данные кислоты циклизуются в изатины.

Модификацией синтеза Штолле является конденсация N-замещенных анилинов с этилхлорформиаом с последующей циклизацией под действием пентахлорида фосфора в четыреххлористом углеводе.

N-ариламида цианмуравьиной кислоты очень легко циклизуются в изатины в концентрированной серной кислоте при температуре 40-80°C или под действием безводного хлорида алюминия.

Изатины могут быть получены путем кипячения первичного или вторичного ариламина с диэтиловым эфиром мезоксалевоы кислоты в

ледяной уксусной кислоте (синтез Мартинэ). Несмотря на то, что конечные продукты во многих случаях образуются с невысоким выходом, данный метод широко применяется для синтеза труднодоступных изатинов.

Производные изатина с различными функциональными группами, (эфирная, амино-, анилидо-,галогены) подвергаются гидролизу водой, щелочами и кислотами соответствующих изатинов. Наиболее распространены синтезы изатина из изатин-2-анилов, 3,3-дигалогеносиндолов.

Некоторые изатины могут быть получены циклизацией о-замещенных нитробензолов и анилинов в условиях щелочного или кислотного катализа, а также при действии окислителей [1].

Литература

1. Жунгиету Г.И., Рехтер М.А. Изатин и его производные. – Кишинев: Штиинца, 1977. – 229 с.

УДК 661.715.7

Русскова М.В., Маклаков С.А.

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

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ СТИРОЛА

Стирол является ценным мономером, используемым для производства полистиролов, АБС-пластиков, стиролсодержащих каучуков и латексов. Впервые выделил и идентифицировал винилбензол в 1839 году Е. Симон из стиракса – смолы амбрового дерева. Именно он дал современное название углеводорода. Для получения стирола известен целый ряд способов, многие из них находят промышленное применение.

Одним из промышленных способов является пероксидный метод получения стирола и пропиленоксида из этилбензола (Халкон-процесс), включающий следующие стадии:

- получение гидропероксида этилбензола (ГПЭБ) окислением этилбензола;
- выделение гидропероксида этилбензола;
- эпоксидование полученным пропиленоксидом и разделение продуктов эпоксибования;
- дегидратация образовавшегося метилфенилкарбинола (МФК) и выделение стирола [1,2].

Одним из широко применяемых в промышленности способов получения стирола является каталитическое дегидрирование этилбензола с последующей ректификацией продукта для выделения стирола-

ректификата со степенью чистоты 99,8%. Процесс дегидрирования осуществляется в присутствии водяного пара на катализаторе, основу которого составляет оксид железа (III) с добавками соединений калия, рубидия и циркония [1].

Ряд фирм занимается разработкой процессов окислительного дегидрирования этилбензола. В реакционную смесь вводят количество кислорода, необходимое для проведения реакции в изотермическом режиме. Катализатор содержит оксиды V, Mg и Al. Степень превращения этилбензола в этом процессе составляет 90%, селективность образования стирола 95%.

Традиционные методы получения стирола базируются на переработке бензола и этилена, причем на синтез стирола расходуется 50% бензола и 10% этилена, производимых в мире. Растущая потребность в стироле стала лимитироваться производством бензола, что вынуждает вести поиск альтернативного сырья. В химическую переработку все шире стал вовлекаться толуол, 70% которого перерабатывается в бензол [3]. В связи с этим представляет интерес процесс окислительного метилирования толуола с образованием стирола и этилбензола. Побочными продуктами являются бензол, фенол и крезол. Реакция протекает при 700-750 °С с суммарным выходом целевых продуктов более 90-95% при степени конверсии толуола 40-50% за один проход. Выход этилбензола и стирола - 45-50%. Содержание стирола в смеси с - 60%. Этот процесс открывает перспективу для создания комплексного промышленного производства бензола, стирола и фенолов в одну стадию из природного газа и толуола.

Существует способ производства стирола на основе хлорирования этилбензола. Смесь α - и β -хлорэтилбензолов, полученных хлорированием этилбензола пропускают через нихромовую трубку, при температуре 675-700 °С, где происходит дегидрохлорирование. Недостатками данного способа являются многостадийность и необходимость утилизации хлороводорода [4].

Для получения стирола может быть использован процесс дегидратации 2-фенилэтанола в жидкой фазе при катализе фосфорной кислотой или в газовой на гетерогенных катализаторах (оксиды алюминия, тория или вольфрама) [4].

Стирол образуется при термическом декарбоксилировании коричной (3-фенилпропеновой кислоты) при температуре 120-130 °С.

Разработан процесс получения стирола из бутадиена, включающий следующие стадии:

- димеризация бутадиена в жидкой фазе в винилциклогексен при 100 °С и давлении 1,9 МПа;

- окислительное дегидрирование винилциклогексена в газовой фазе при 400 °С и 0,6 МПа [4].

Процесс получения стирола из толуола через стильбен включает следующие стадии:

- окислительная димеризация толуола с последующим дегидрированием 1,2-фенилэтана в стильбен;

- метатезис стильбена с этиленом при 450 °С в присутствии гетерогенного катализатора [4].

Литература

1. Способы получения стирола. [Электронный ресурс]: Chemicals-ei.ru. [/http://www.chemicals-ei.ru/chemicals-2691-1.html](http://www.chemicals-ei.ru/chemicals-2691-1.html).
2. Эпоксидирование ненасыщенных соединений. [Электронный ресурс]: Chemanalytica.com. [/http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/06_syre_i_produkty_promyshlennosti_organicheskikh_i_neorganicheskikh_veshchestv_chast_II/5016](http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/06_syre_i_produkty_promyshlennosti_organicheskikh_i_neorganicheskikh_veshchestv_chast_II/5016)
3. Альтернативные методы получения продуктов основного органического синтеза. [Электронный ресурс]: Корпоративный портал. Томский политехнический университет. Режим доступа: https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOLGINATN/instr_work/vkr/Tab2/05.pdf
4. Реакции боковых цепей аренов. [Электронный ресурс]: Studref.com. [/https://studref.com/539596/matematika_himiya_fizik/reaktsii_bokovyh_tsepey_arenov](https://studref.com/539596/matematika_himiya_fizik/reaktsii_bokovyh_tsepey_arenov)

УДК 541.128

Харитонов Н.П., Горохова М.Н.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА

1,1-ДИХЛОР-2-ФЕНИЛЦИКЛОПРОПАНА В УСЛОВИЯХ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗА

В настоящее время химическая промышленность стоит перед необходимостью разработки наиболее экологически безопасных технологий. Одной из таких является межфазный катализ (МФК). Основная значимость метода межфазного катализа заключается в том, что он позволяет отказаться от применения безводных органических сред, а также высокочувствительных к влаге и пожароопасных щелочных металлов и их соединений для проведения многочисленных реакций нуклеофильного замещения и присоединения, элиминирования и других превращений, и экономить на дорогих реагентах. Метод основан на

применении в качестве катализаторов легкодоступных четвертичных аммониевых, фосфониевых и т. п. солей или макроциклов типа краун-эфиров или криптатов, что позволяет осуществить перенос анионов из водной или твердой фазы в органическую фазу и генерировать карбанионы или карбены действием водных растворов или измельченных твердых щелочей.

Целью данной работы является изучение зависимости протекания процесса синтеза 1,1-дихлор-2-фенилциклопропана, в системе жидкость- жидкость, от влияния разного количества катализатора, а так же исследование зависимости скорости реакции от установленной температуры, влияющей на выход продукта.

В ходе работы в четырехгорлый термостатируемый реактор загружалось определенное количество стирола и хлороформа в мольном соотношении 6:1 (5,75 мл стирола и 21,5 мл хлороформа). Затем изменялось количество катализатора и температура реакции (от 35 до 50⁰С), в последнюю очередь в реактор загружали 50% р-р NaOH (16 мл.), одновременно включая мешалку и секундомер. Отбор проб проводили через 10 минут при выключенной мешалке, пробы резко замораживали для прекращения реакции. В ходе исследования было проведено 3 эксперимента.

Анализ проб проводили на газо-жидкостном хроматографе "Кристал-люкс-4000М" с ионизационно-пламенным детектором (ДИП). Температура детектора 200⁰С. Температура испарителя 250⁰С. Температура колонок 150⁰С. Длина колонки составляет 30 м. Неподвижной фазой является 100% диметилполисилоксан, нанесенный на носителе (аргон).

В первом эксперименте выход продукта 1,1-дихлор-2-фенилциклопропана, при $t=35^{\circ}\text{C}$ и концентрации $C_m(\text{ТЭБА})= 0,1978$ моль/л, составил 58,42%; во втором, при $t=35^{\circ}\text{C}$ и концентрации $C_m(\text{ТЭБА}) = 0,3981$ моль/л - 70,56%; в третьем, при $t=50^{\circ}\text{C}$ и концентрации $C_m(\text{ТЭБА}) = 0,1978$ моль/л составил 72,4%.

УДК 541.128

Аносова К.В., Горохова М.Н.

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

ЯВЛЕНИЕ СИНЕРГИЗМА И АНТАГОНИЗМА В МЕЖФАЗНОМ КАТАЛИЗЕ

Межфазный катализ (гетерогенный катализ)-химическая реакция взаимодействия жидких или газообразных веществ протекает на поверхности твердого катализатора.

Гетерогенно-каталитические реакции чаще применяются в промышленности, чем гомогенные и ферментативные. Это обусловлено тем, что твердые катализаторы легче отделить от жидкой или газообразной фазы, в которой содержатся реагенты. Катализатор действует не всей своей массой, а лишь поверхностными активными центрами.

Под термином синергические эффекты понимают неаддитивное увеличение активности, селективности, стабильности и других характеристик каталитической системы при изменении количественного соотношения или суммарной концентрации компонентов. Антагонизм является противоположным явлением.

Катализаторы обладают такими свойствами как активность (характеризует скорость каталитической реакции), селективность (скорость основной реакции существенно превышает скорость побочных), стабильность (время «жизни» катализатора) которые зависят от различных факторов. Синергические свойства возникают не только при смешении двух катализаторов, например, путем спекания, сплавления, но и при создании сложных катализаторов, компоненты которых по отдельности не обладают каталитическими свойствами.

Довольно часто синергизм проявляется при одновременном использовании катализаторов, которые обладают примерно одинаковыми активностями, селективностями и устойчивостями.

В качестве примера, иллюстрирующего явления синергизма и антагонизма, рассмотрим реакцию окисления сульфида натрия и цистеина молекулярным кислородом. Катализатором выступает металлокомплексный катализатор на основе полиакриламидного геля.

Окисление реагентов в отсутствие катализатора показало, что данная смесь окисляется со скоростью близкой к скорости окисления индивидуального цистеина. Расчет эффекта неаддитивности приводит к отрицательному значению, что говорит о присутствии в этом случае явления антагонизма.

При окислении реагентов в присутствии катализатора наблюдаются оба явления, и антагонизм, и синергизм.

В результате анализа данной реакции можно сделать выводы о причинах возникновения отрицательного и положительного эффектов. Явление антагонизма связано с последовательностью окисления субстратов в смеси. А явление синергизма в результате смены механизма окисления сульфида натрия индивидуально и находящегося в смеси.

УДК 637.147.2

*Харитонов Н.П., Горохова М.Н., Морев И.Г.**

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

* ООО «Узловский молочный комбинат»)

ПРИМЕНЕНИЕ КАЗЕИНА В ПИЩЕВОЙ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Казеин (казеиноген) присутствует в молоке в связанном виде как соль кальция (казеинат кальция). Данное вещество является одним из основных белков молочных продуктов наряду с сывороточными белками. Этот белок принадлежит к группе белков, называемых фосфопротеинами.

Цель обзора – найти отрасли применения казеина. Перед предприятием ООО «Узловский молочный комбинат» стоит задача найти другие рынки сбыта помимо изготовления молочных продуктов.

Казеин используют в разнообразных отраслях: пищевой, синтетической, строительной, медицинской и многих других целях.

Добавление казеина в рацион питания послужит одним из источников белковых соединений, поэтому он добавляется в спортивное и детское питание.

Гидролизат казеина – добавка, помогающая улучшить скорость переваривания или доставки аминокислот в скелетную мышечную ткань. Фактически белок предварительно «переваривается» и распадается на более мелкие пептидные частички по сравнению с исходной структурой. Йодказеин — это йодированный молочный белок, являющийся полноценным аналогом природного соединения. Применяется в пищевой промышленности при производстве хлебобулочных, молочных, колбасных и других изделий, а также является дополнительным источником йода для организмов.

Клеи из казеина бывают различными, в зависимости от добавленных компонентов. Главным компонентом клея служит казеин, который получают путем обезжиривания измельченного творога. Казеиновый клей обеспечивает получение прочного, водостойкого клеевого соединения и может храниться длительное время.

Краска на основе казеина достаточно быстро сохнет. Такой краской можно писать на разных поверхностях, так как возникает хорошее сцепление с любыми материалами.

Обрабатывая казеин формальдегидом, можно получить пластик-галалит, который применяется для изготовления пуговиц, гребней, ручек, зонтов и тростей, имитации слоновой кости, янтаря и рога.

УДК 543.544

Булаев Е.С., Комова Л., Филимонов В.Н.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ОТБОРА ПРОБ ПРИ
ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ АРОМАТИЧЕСКИХ
УГЛЕВОДОРОДОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

Контроль содержания легколетучих ароматических углеводородов (толуола и о-ксилола) на уровне ПДК должен быть ориентирован на различные вариации состава природных и сточных вод. Классические химические и физико-химические методы не дают избирательного определения анализируемых компонентов при совместном присутствии. Более предпочтительны в этом отношении возможности хроматографии.

Применение газовой хроматографии без предварительного извлечения органических токсикантов из исследуемого водного объекта и их концентрирование невозможно. Проблемную стадию анализа успешно решает стриппинг (газовая экстракция) в сочетании с адсорбционным концентрированием.

На примере сточных вод производства СМС предложена методика определения толуола и о-ксилола с пределом обнаружения, соответственно 0,25 и 0,025 мг/л. Методика основана на стриппинге анализируемой воды инертным газом с последующим улавливанием ароматических углеводородов на сорбенте полисорб-1. Для повышения эффективности газовой экстракции толуола и о-ксилола предусмотрено применение высаливателя. Термодесорбция токсикантов в аналитическую колонку газового хроматографа достигалась прогревом трубки-концентратора в течение 2 мин. при 200 °С. Условия хроматографирования: стеклянная колонка (200× 0,4) см в виде спирали, заполненная Chezasorb AW-HMDS (0,25-0,36)мм с Apiezon L (15% от массы носителя); температура термостата колонок 100 °С; расход газаносителя (аргон) – 30, воздуха – 300, водорода – 30 мл/мин; шкала электрометра пламенно-ионизационного детектора для толуола - $1 \cdot 10^{-8}$ А. для о-ксилола - $5 \cdot 10^{-9}$ А. Определения проведены методом градуировочных зависимостей.

Методика позволяет определять толуол и о-ксилол в интервале концентраций, соответственно, 0,25-5,00 мг/л и 0,025-0,50 мг/л с относительной погрешностью результатов измерений для нижнего и верхнего пределов – 2,5 и 0,4% (для толуола) и 19,8 и 12,0% (для о-ксилола).

УДК 543.544

Копосова Л.В., Цой А.С., Филимонов В.Н.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**АБСОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ
КЕТОНОВ ПРИ ИХ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ В
ГАЗОВЫХ ВЫБРОСАХ**

Требования к содержанию примесей (ацетон, метил-этилкетон, метилизобутилкетон) в газовых выбросах столь высоки, что их нельзя определить без предварительного концентрирования даже хроматографическими методами. Предел обнаружения кетонов на уровне предельно допустимой концентрации в атмосферном воздухе ($0,35\text{ мг/м}^3$) непосредственным вводом пробы в хроматограф не достигается. Предварительное улавливание примесей адсорбцией и криогенным концентрированием не позволяют провести параллельные определения.

Метод равновесного абсорбционного концентрирования токсичных соединений из загрязненного воздуха широко используется в промышленно-санитарной химии. Не требуя полного извлечения определяемой примеси, метод основан на поглощении летучей жидкой фазой определяемого вещества в условиях достижения термодинамического равновесия между фазами. Высокая селективность метода равновесного концентрирования обеспечивается подбором растворителя, селективного для определенного класса соединений.

В работе использовали хроматограф Цвет-100 с пламенно-ионизационным детектором. Расход газа-носителя (аргон) 30, воздуха — 300 мл/мин. Стеклоянная колонка размером 300X0,4 см заполнена инертном AW (0,16 — 0,20 мм), пропитанным 10% карбовакса 20М. Температура колонки 90, испарителя 200° С, шкала электрометра $1 \cdot 10^{-11}$ А, объем хроматографируемой пробы 3 мкл. Детектор градуировали по растворам сравнения кетонов в n-пентаноле. Газовый поток с известным содержанием определяемого компонента пропускали через термостатируемый при 25° С, сатуратор с поглотителем (1,5 мл n-пентанола); скорость потока 200 мл/мин, отклонение не более 1%. Приготовление образцовых газовых смесей с различным содержанием кетонов осуществлялось с использованием диффузионной дозирующей установки.

Методика позволяет определять ацетон, метилэтилкетон и метилизобутилкетон в широком диапазоне концентраций с пределом обнаружения на уровне ПДК и с требуемой стандартом воспроизводимостью.

Кулятов Р.В., Филимонов В.Н.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ОСОБЕННОСТИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ПРИ КОНТРОЛЕ
СОДЕРЖАНИЯ ЖИРОРАСТВОРИМЫХ ВИТАМИНОВ В
ПИЩЕВЫХ СМЕСЯХ МЕТОДОМ НОРМАЛЬНО-ФАЗОВОЙ
ВЭЖХ**

В настоящем сообщении приводятся результаты разработки экспрессной, легко реализуемой и высокоточной аналитической методики контроля содержания синтетических ЖРВ в детском питании на основе изократической нормально-фазовой ВЭЖХ в сочетании с экстракционными способами пробоподготовки.

Пробоподготовка образцов пищевых смесей для детского питания сводилась: к удалению водорастворимых примесей образца горячей водой; экстракционному извлечению н-гексаном аналитов из гетерогенной системы; отделению экстракта для хроматографического исследования. Для извлечения витаминов из проб опробовали два приема экстрагирования: под действием механических и ультразвуковых (УЗ) колебаний. УЗ-обработку проводили с использованием диспергатора УЗДН-1. Применение УЗ-экстрагирования позволяет сократить время затрачиваемое на пробоподготовку с 45-50 мин до 5-6 мин, при достигаемой степени извлечения аналитов не менее 95%. Повышение эффективности отделения экстракта достигалось центрифугированием.

Хроматографический контроль ЖРВ выполняли на жидкостном хроматографе с фиксированной длиной волны 254 нм. Изократическое элюирование подвижной фазой (н-гексан-н-бутанол-1,2-дихлорэтан), через стальную колонку (100x5,4 мм), заполненную Silasorb-600 (550±100 м²/г; дисперсность частиц 5 мкм), осуществляли с объемной скоростью 2,25±0,02 см³/мин. Объем инжестируемой пробы – 10 мкл.

Количественное определение витаминов проводили методом абсолютной градуировки, для построения которой применяли н-гексановые растворы ЖРВ фармакопейной чистоты.

Предлагаемая аналитическая методика характеризуется высокой воспроизводимостью (относительная ошибка определения менее 5%), простотой в выполнении, не требует дорогостоящего оборудования и реактивов, минимальной пробоподготовкой и временем анализа не более 35 мин. Предел обнаружения витаминов составил, мкг/10 мкл: 2,0 для Е-ацетат; 0,1 – А-ацетат; 1,0 – D₂; 0,05 – К₃. Правильность составляет 95,1-95,9%.

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

УДК 66.02

Костиков А.С., Логачёв Д.А., Клочков В.И.

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

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ

Торцевые уплотнения – прецизионные уплотнительные устройства, которые находят широкое применение в уплотнительных узлах различного оборудования: насосы, мешалки, перемешивающие устройства реакторов, гомогенизаторы и др. Подбор и оценочный анализ торцевых уплотнений вращающихся валов можно производить с использованием различных расчетных методик, основанных на описании физических процессов математическими выражениями, полученными из законов физики и природы, а также из экспериментальных исследований.

Инженерный подход при выборе торцевых уплотнений с использованием расчетных методик позволяет производить оценочные расчеты параметров уплотнений и прогнозировать их возможную работоспособность в реальных промышленных условиях.

Основным показателем эффективной работы торцевых уплотнений является величина утечек рабочей среды через пары трения и через область запирающей зоны. Величина утечек рабочей среды при любых предлагаемых расчетных методиках будет зависеть от геометрических параметров основных элементов самого торцевого уплотнения. Это внутренний и наружный диаметры колец пары трения, диаметра и длины вращающейся части уплотнения. Важное значение при расчете эффективной работы торцевого уплотнения играют параметры запирающей жидкости: вязкость и плотность при рабочей температуре в зоне трения, температура и давление в запирающей зоне.

Температура в зоне трения определяется температурой запирающей жидкости на входе в уплотнительную камеру, а также количеством тепла, выделяемым при трении выбранной пары. Коэффициент трения зависит от выбранного материала пары и от вида трения (сухое, полусухое, полужидкостное и жидкостное), а также от скорости вращения уплотняемого вала.

Выбор пары трения является одним из решающих факторов при оценке эффективности работы торцевого уплотнения. Научно-

обоснованный выбор пары трения для торцевого уплотнения значительно повлияет на величину коэффициента трения, а, следовательно, на количество выделяемого тепла в зону запираания и температуру запирающей жидкости. Большое значение при этом будет иметь величина теплопроводности материалов трущихся колец пары трения и значение коэффициента теплопередачи от трущихся поверхностей к запирающей жидкости.

Важное значение в работе любого торцевого уплотнения играют конструкции упругих элементов, обеспечивающих постоянное и плотное прилегание трущихся колец друг к другу, что влияет на величину зазора между ними и снижает возможность утечек рабочей среды. В качестве упругих элементов чаще всего используют пружины и сильфоны.

В предлагаемых методиках расчета величины утечек рабочей среды через торцевые уплотнения перечисленные параметры играют решающее значение и определяют эффективность работы уплотнения.

УДК 531-2, 531-3

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Зимин А.И., Суменков А.Л.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО ШАРНИРНОГО «МЕХАНИЗМА РОБЕРТСА»

Талантливым английским инженером – самоучкой Робертсом было изобретено и сконструировано много механизмов и приспособлений, которые он применил в разработке и изготовлении созданных им станков и машин для различных отраслей техники. Его биография является примером того, как талант, трудолюбие и упорство позволили человеку достигнуть вершин мастерства в инженерном искусстве.

Робертс Ричард (22.04.1789 – 16.03.1864) – английский изобретатель. Сын сапожника, прошёл путь от рабочего в каменном карьере до создателя станков, работал на различных заводах. Построил продольно-строгальный станок и позднее оригинальный токарно-винторезный станок, несколько текстильных машин, усовершенствовав их конструкции по патентам, полученным в 1825 и 1830 годах. Создал машину для сверления отверстий в элементах мостовых конструкций и котельных листах. Работал в области ж.-д. транспорта, в частности, впервые предложил ввести единую единицу колеи.

Изобретенный им оригинальный механизм для преобразования вращательных движений звеньев в поступательные широко известен и носит название «механизм Робертса», его часто используют в различ-

ных станках и машинах. В этом механизме (рис. 1) возвратно – вращательные движения двух кривошипов АВ и CD преобразуются в прямолинейное движение узла E звена СВЕ. Исследования этого механизма проводились только графическими методами, допускающими некоторые неточности полученных результатов. В данной работе выполнено аналитическое исследование кинематических параметров «механизма Робертса».

Рассмотрим механизм с такими размерами:

$$l_{AB} = l_{CD} = l_{BE} = l_{CE} = l_{AD} = 100 \text{ мм} = a \quad l_{BC} = 40 \text{ мм} = a1$$

Начало координат декартовой системы поместим в точку А, углы кривошипов АВ и CD с вертикалью обозначим b и f , угол звена BC с горизонталью обозначим g .

Основным свойством «механизма Робертса» считается то, что при поворотах кривошипов АВ и CD точка E движется строго прямолинейно вдоль оси x . Для получения уравнения движения узла E вдоль оси x необходимо найти зависимость между углами b и f в работающем механизме. Для этого составим и решим уравнение:

$$a \cdot \sin b + a \cdot \sin f + a1 \cdot \cos g = a$$

$$\sin g = \frac{a \cdot \cos f - a \cdot \cos b}{a1}; \quad \cos g = \sqrt{1 - \sin^2 g}$$

Для получения зависимости b от f воспользуемся программой «МАТКАД».

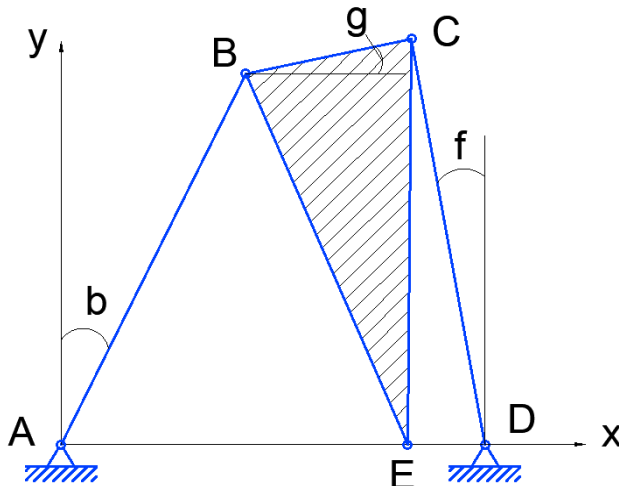


Рис. 1. Расчетная схема механизма

Решение уравнения приведено ниже. На рисунке 2 изображен график полученной зависимости.

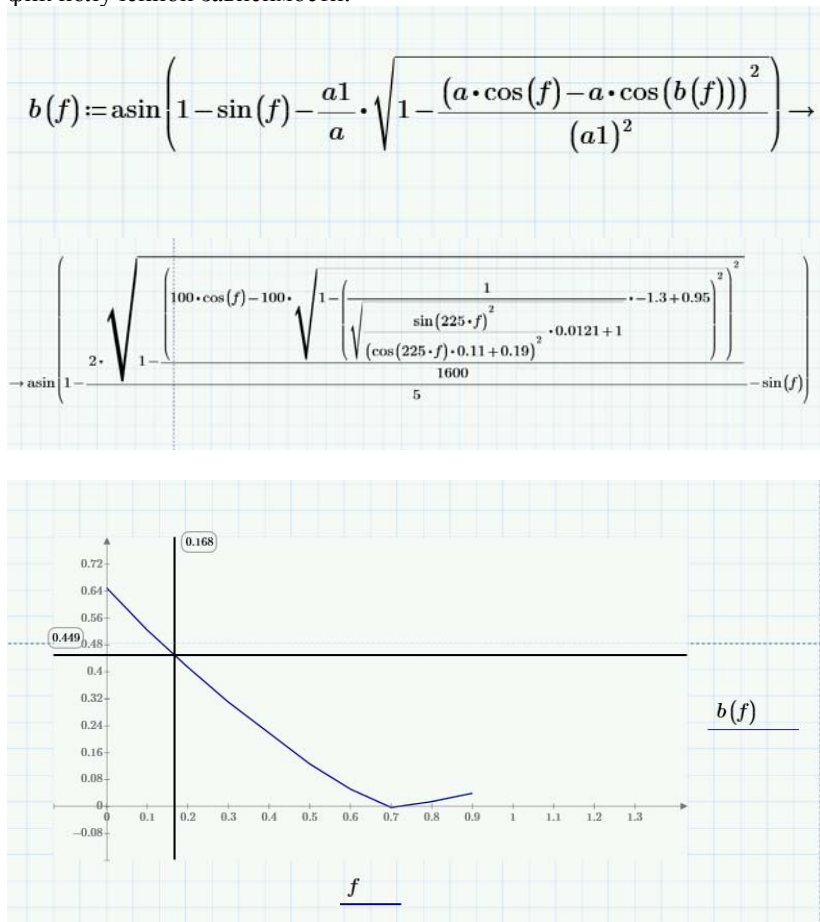


Рис. 2. График зависимости между углами b и f при работе механизма

Для проверки правильности вычислений измерим углы на схеме рисунке 1 и сравним их с графиком на рисунке 2:

$$f = 10^\circ = 0,17 \text{ рад}; \quad b = 26^\circ = 0,45 \text{ рад}.$$

Рисунок 2 позволяет сделать вывод, что результаты аналитического расчета совпали с данными чертежа.

Также из рисунка 2 видно, что механизм с нашими размерами существует в пределах изменения угла f от 0 до 0,9 радиан, или до 51,6 градусов. Предел существования механизма зависит от соотношения размеров звеньев АВ и ВС и при равенстве размеров АВ=ВС звено ВСЕ начинает двигаться поступательно.

Теперь вычислим координату X точки E механизма. Если точка E совершает прямолинейное движение вдоль оси X, то ее координата должна постоянно равняться нулю. Составляем уравнение движения точки E механизма:

$$X_E = a \cdot \cos b + \frac{a1}{2} \cdot \sin g - \sqrt{a^2 - \left(\frac{a1}{2}\right)^2} \cdot \cos g$$

$$g = \arcsin\left(\frac{a \cdot \cos f - a \cdot \cos b}{a1}\right)$$

Решаем это уравнение с помощью программы «МАТКАД», график полученной зависимости приведен на рисунке 3.

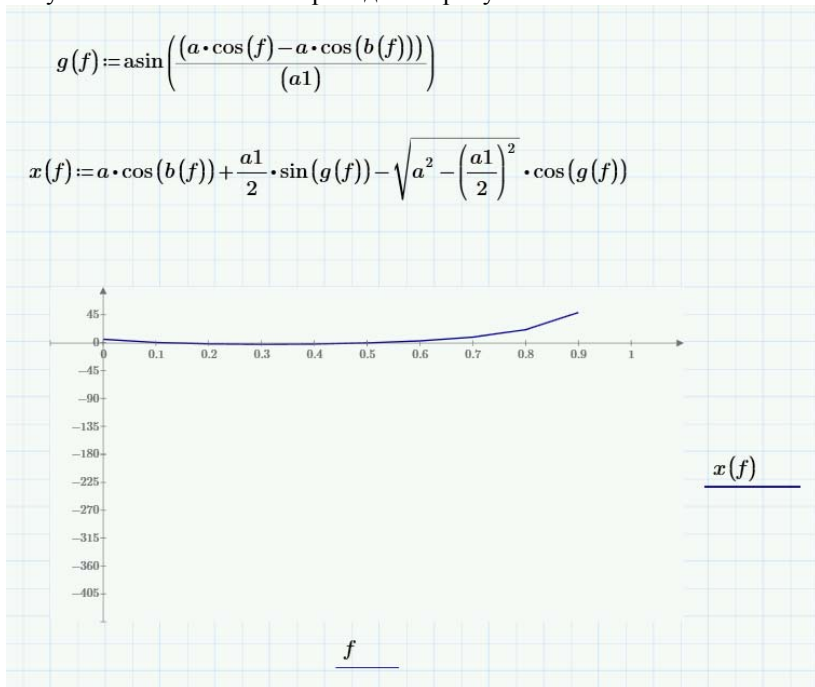


Рис. 3. Зависимость координаты X точки E механизма от угла поворота f кривошипа CD к вертикали

Из приведенного графика видно, что движение узла В нашего механизма можно считать прямолинейным только в диапазоне изменения угла поворота φ кривошипа CD от вертикали в пределах 0,2 - 0,5 радиан, или 11,5 – 28,6 градусов. Вне этих пределов траектория точки E сильно отличается от прямой линии. На характер движения узла E влияет, несомненно, соотношение размеров звеньев такого механизма. Но это уже тема дальнейших исследований.

УДК 621.753.3

Кузнецов Н.Р., Бегова А.В.

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

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ»**

Знание основ нормирования точности является обязательным требованием для всех специалистов, работающих в любой области машиностроения и приборостроения. Выполнение курсовой работы по дисциплине «Взаимозаменяемость и нормирование точности» способствует развитию у студентов практических навыков самостоятельной работы с нормативно-технической документацией, стандартами, справочной технической литературой.

При выполнении курсовой работы перед студентами ставятся задачи реализации теоретических знаний и приобретения практических навыков по нормированию точности геометрических параметров типовых деталей машин.

Курсовая работа состоит из трех независимых друг от друга частей, каждая из которых имеет отдельный набор исходных данных: расчет параметров посадки и калибров для проверки отверстия и вала; расчет размерных цепей, нахождение численных характеристик полей допусков метрической резьбы. Каждая из частей посвящена вопросам нормирования точности геометрических параметров соединений. Создана база для расчета параметров посадки (с зазором, с натягом и переходных), исходные данные для расчета размерных цепей, и нормирование точности метрической резьбы по 20 вариантам.

Выполнение данной курсовой работы было невозможно без использования справочной литературы. В тексте курсовой работы даются подробные ссылки на соответствующие таблицы из нормативных документов. Требуемые табличные данные можно найти непосредственно в соответствующих стандартах.

Выполнение работы начинается с написания введения, первой фразой которого должна быть следующая запись: «Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием, выданным кафедрой «Оборудование химических производств», далее приводится само задание. В пособии представлен пример выполнения курсовой работы.

Для удобства построения рисунков калибров, узлов деталей, а также схем полей допусков посадок, использовались графические редакторы «Auto CAD» и «Компас– 3D».

УДК 66.02

Кохнович М.П., Сафонов Б.П.

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

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЁМКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Теплообменное оборудование является самым распространённым видом технологического оборудования в химической, нефтяной и других отраслях промышленности. Его доля составляет от 18 до 50% оборудования по номенклатуре. Наиболее распространены кожухотрубчатые теплообменники (КТТ), среди которых подавляющая часть – это аппараты с неподвижными трубными решётками.

Одним из основных критериев конструктивного совершенства технологического оборудования является металлоёмкость аппарата. По ГОСТ 27782-88 металлоёмкость изделия характеризуется показателем удельная металлоёмкость, величина которого представляет собой расход металла, необходимый для получения единицы полезного эффекта от использования изделия по назначению. Применительно к теплообменному оборудованию показатель удельной металлоёмкости представляет собой отношение массы аппарата (M) к площади поверхности теплообмена ($V_{т.о.}$) и имеет размерность ($\text{кг}/\text{м}^2$).

$$m_{уд} = M/V_{т.о.}$$

В работе выполнено исследование удельной металлоёмкости элементов (кожух, днище, трубный пучок) КТТ жёсткой конструкции для различных вариантов конструктивного исполнения аппаратов: диаметр кожуха $D_B = 600 \dots 1200$ мм; теплообменные трубы (наружный диаметр d_H мм \times толщина стенки трубы $s_{тр}$, мм) $20 \times 2 \dots 57 \times 3$; длина труб $l_{тр} = 2 \dots 9$ м; давление в корпусе $p = 0,6 \dots 8$ МПа; марка стали корпуса и труб 20 (углеродистая) и 16Г2АФ, 12ГН2МФАФ (низколегированная высокопрочная). Исследование проводилось на виртуальных объектах. Всего было синтезировано порядка 700 КТТ. При синтезе трубных

пучков теплообменников была использована камеральная разметка размещения труб [1].

Получено, что использование высокопрочных сталей типа 16Г2АФ и 12ГН2МФАФ для кожуха теплообменников оправдано при давлении более 2,4 МПа (для $D_B = 600$ мм) и более 1,2 МПа (для $D_B = 1200$ мм). Использование днищ из высокопрочных сталей оправдано при давлении в аппарате более 1,5 МПа (для $D_B = 600$ мм) и более 1,2 МПа (для $D_B = 1200$ мм). Сформулированы рекомендации по снижению металлоёмкости трубных пучков КТТ, являющихся самым металлоёмким элементов данного вида технологического оборудования.

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 66.02

Попов А.А., Давыдов В.В., Каменский М.Н.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В настоящее время разрабатываются новые технологии облегчения летательных аппаратов (ЛА), в тоже время они должны обладать высокой прочностью. Поэтому, в современном авиастроении приходится выбирать между весом и прочностью. Для решения данной проблемы нам помогут аддитивные технологии и композитные материалы. В работе предложена связка материалов позволяющие использовать их в производстве на 3D-принтерах.

Материалы должны подходить под параметры:

- должны быть соединяемыми между собой;
- деталь должна быть легче, чем та, которая будет сделана обычным методом.

В виду данных параметров были выбраны металл (авиационный алюминий) + керамика – этот вариант подойдёт так как, чтобы печать металлом и керамикой используют метод лазерного напыления.

Металл и керамика: из металла сделать кокон, а внутрь поместить соты из керамики. Такая деталь будет достаточно крепкая и лёгкая, так как металлический кокон будет довольно жёстким, а керамические соты очень крепкие, а главный минус керамики – хрупкость будет не важен (кокон будет защищать от внешнего воздействия). Если просто

заполнить деталь керамикой или сделать её только из металла, то будет большой вес. Соты из керамики сильно облегчат деталь, но она останется крепкой и жёсткой за счёт металлического кокона.

Для выполнения сложных деталей одновременно из металла и керамики подойдёт способ 3D печати «прямое лазерное нанесение металла» (LBDMDLaserbasedDirectMetalDeposition), то есть: сначала порошок металла, будет подаваться на поверхность и в этот же момент будет спекаться с помощью лазера. Для того чтобы спекаемый материал и деталь при обработке не окислялись, в рабочую зону подаётся защитный газ, но у данного способа есть минус, он состоит в том, что после лазерного напыления поверхность получается шероховатая и, будет требоваться чистовая обработка детали.

Также данная технология позволяет создавать детали с градиентным переходом от одного материала к другому, что позволяет соединять конструкции с сильно различающимися свойствами и избежать отслаивания и разрушения конструкций по границам соприкасающихся разнородных материалов от температурных перепадов и при влиянии нагрузок.

Один из материалов, который мы используем в данной технологии – керамика, которая обладает отличными электроизоляционными свойствами и это даёт нам возможность на стадии печати сделать внутри детали каналы для проводников, и одновременно напечатать проводники, то есть мы сможем пустить проводник прямо через детали, а не какими-то другими обходными путями.

В детали можно сделать каналы охлаждения и трубопроводы из материала отличного от материала конструкции детали и эти проводники или каналы охлаждения вместе с трубопроводами будут выполнены без использования резины или пластика, которые имеют свойство гореть, выделять токсичные газы и разрушаться от температуры и времени, то есть обеспечить их больший по сравнению с традиционными проводами срок службы и надёжность, единственный минус которых в том, что их ремонт в случае повреждения будет не возможен, деталь необходимо будет менять полностью.

В проведённых исследованиях было приложено к двум деталям, в первом случае композитной детали из керамики и алюминия, а во втором к такой же детали, сделанной только из алюминия силу равную 10000 Н. Композитная деталь деформировалась на 0,2 мм, а деталь только из алюминия деформировалась на 5 мм. Деформации у композитной детали практически отсутствуют, нагрузка равномерно распределилась по всей детали. У детали из алюминия есть сильная точечная деформация.

Аддитивные технологии позволяют нам соединить разные материалы для того, чтобы уменьшить вес и получить лучшие эксплуатационные характеристики новых летательных аппаратов, ускорить и удешевить их производство.

УДК 66-9

Сорсов К.И., Колобов В.А., Марков М.В.

(Новомосковский политехнический колледж)

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВИБРАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Вибрация трубопроводов – это очень опасное явление, которое приводит к усиленному износу, а в крайних случаях, и к разрушению деталей трубопроводов, просадке фундаментов под опорами, истиранию стенок и образованию трещин в сварных соединениях, нарушению герметичности фланцевых соединений.

Основными источниками вибрации оборудования являются: неуравновешенность масс движущихся частей машин; неравномерность газовых потоков в трубопроводах; воздействия ветра на строительные конструкции и технологическое оборудование; сейсмические явления.

Толчки, возникающие при работе дробильного и сортировочного оборудования через фундаменты и грунт, передаются трубопроводным опорам, вызывая их разрушение.

Неравномерная подача рабочей среды машинным оборудованием приводит к пульсации потоков, воздействующих на трубопроводы в местах поворотов и вызывающих их вибрацию. Пульсирующие потоки образуются вследствие периодического возникновения жидкостных или газовых пробок при неправильной прокладке трубопроводов и необоснованном уменьшении их диаметра, а также вследствие неисправностей арматуры.

Для устранения вибрации газопроводов от пульсации потока газа у поршневых машин предусматривается установка буферных и акустических емкостей.

При монтажной проработке нужно стремиться к максимальному упрощению конфигурации трубопроводов, к созданию плавных поворотов ($R > 3D$ для особо опасных случаев).

Трубопроводы, в которых возможно появление пульсирующих потоков, прокладывают вблизи строительных конструкций для того, чтобы в любом месте трубопровода можно было установить регулирующую жесткую или пружинную опору.

Окончательное уменьшение вибрации до допустимых пределов, а то и вовсе ее устранение для сложной трубопроводной системы возможно только после ее пуска и вывода на рабочий режим. Нормальное функционирование трубопровода обеспечивается последовательным закреплением регулируемых креплений.

УДК 66-5

Гавриков А.С., Думчев А.К., 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 представлен в виде рулонированного сосуда 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 подвер-

женных 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 534.23

Чумичев А.Л., Подольский В.А., Сивкова О.Д.

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

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИЗ НИОБАТА ЛИТИЯ

Пьезоэлектрические преобразователи широко используются для возбуждения и приема ультразвука в различных акустоэлектронных устройствах. Наибольшее распространение получили пьезокерамические преобразователи. Однако они имеют ряд недостатков - это естественное старение пьезокерамики и ее большая чувствительность к воздействию внешних факторов (температура, механическая нагрузка и др.), которые приводят к исчезновению пьезоэффекта [1]. Этих недостатков лишены преобразователи, изготовленные на основе сегнетоэлектрических кристаллов (ниобата лития, танталата лития, кварца и др.). В настоящей работе исследуются характеристики преобразователей из ниобата лития, предназначенных для возбуждения объемных и поверхностных волн в частотном диапазоне 5 – 15 МГц.

Преобразователями являлись пластины из ниобата лития, толщина h которых связана с характеристиками данного материала соотношением [2]: $h = \lambda/2 = v/2f$ (λ и v – длина волны скорость звука в пластине, f – частота). Для возбуждения продольных волн использовались пластины Y+36°- среза ($v = 7,34$ км/с), а для поперечных и поверхностных - Y+163°- среза ($v = 4,56$ км/с). Значения толщины h пластины в зависимости от частоты f ультразвука и типа волны приведены в таблице. Здесь же указана длина и ширина пластин.

Для возбуждения объемных волн обе стороны пьезопластины металлизировались, для поверхностных – одна сторона полностью металлизировалась, а на край другой наносилась узкая полоска, ширина которой равнялась длине поперечной волны в материале звукопровода. Пары одинаковых пластин наклеивались на противоположные стороны звукопровода из стекла толщиной 20 мм. Одна пластина служила

для возбуждения, другая – для приема ультразвука. Принцип работы электрической части установки приведен в [3].

Измерялись амплитуды входного U_0 и выходного U сигналов, а затем рассчитывались потери на двойное преобразование как $20\lg U_0/U$ (дБ). Потери на однократное преобразование в 2 раза меньше, они приведены в таблице. Видно, что потери увеличиваются с возрастанием частоты, что может быть обусловлено потерями в склейке. Также следует отметить, что потери на возбуждение поверхностных волн (в таблице указаны в скобках) больше, чем поперечных. Это связано с меньшей рабочей поверхностью преобразователя.

Также определялся уровень помех, который во всех случаях был на 40 дБ ниже уровня полезного сигнала. Для изучения влияния температуры и влажности на характеристики преобразователя пластины ниобата лития на 30 мин были помещены в кипящую воду. Однако это никакого влияния на эффективность преобразования не оказало. Кроме того пластины, изготовленные 20 лет назад, не изменили свои характеристики. Это означает, что пьезоэлектрические свойства ниобата лития сохраняются в течение длительного времени – старение не наблюдается.

Таким образом, результаты работы показывают, что пьезопластины данных срезов ниобата лития могут эффективно использоваться для возбуждения и приема как объемных, так и поверхностных волн, и имеют существенно больший срок эксплуатации по сравнению с пьезокерамикой.

Срез, размер пластины	Тип волны	Частота, МГц	Толщина, мм	Потери на преобразование, дБ
Y+36° 12x12 мм	продольная	5	0,734	10
		7,5	0,489	10
		10	0,367	16
		15	0,245	20
Y+163° 8x12 мм	поперечная (поверхностная)	5	0,456	10 (12)
		7,5	0,304	12 (14)
		10	0,228	17 (20)
		15	0,152	17 (20)

Литература

1. Ланин В.А. Старение пьезокерамики системы ЦТС под воздействием электрических и механических напряжений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск. 2006. 144 с.
2. Морозов А.И., Проклов В.В., Станковский Б.А. Пьезоэлектрические преобразователи для радиоэлектронных устройств. М.: Радио и связь, 1981. 184 с.
3. 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 66.011

Петров Р.Ю., Давыдов В.В., Каменский М.Н.

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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МНОГООРУБЧАТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

Поршневой компрессор предназначен для сжатия и перемещения газа и представляет собой горизонтальную четырехступенчатую машину с приводом от электродвигателя.

На этом компрессоре предполагается проведение лабораторных и практических занятий по дисциплинам «Компрессоры и насосы», «Технология ремонта и монтажа химического оборудования».

Компрессор имеет кривошипно-шатунный механизм, цилиндропоршневую группу, систему газораспределения, систему охлаждения и систему смазки.

Дифференциальный поршень включает в себя шток и три поршня первой, второй и третьей ступени. В четвертой ступени компрессора применяется плунжер, так как эта ступень должна работать при высоком давлении. Плунжер, имеющий сравнительно небольшой диаметр, но значительную длину, воспринимает высокое давление газа, действующее на его торец.

В систему охлаждения компрессора входят четыре холодильника, два из которых кожухотрубные второй и третьей ступени установлены в корпусе цилиндра и два змеевиковых четвертой ступени и концевой, которые установлены в рубашке четвертого цилиндра и на выходе из него. Охлаждение осуществляется водой, которая охлаждает стенки цилиндра и сжимаемый воздух.

В лабораторном поршневом компрессоре пять всасывающих и пять нагнетательных клапанов. Клапаны состоят из: седла, пластины, огра-

ничителя, пружины и нажимного винта для регулировки смещения клапана в осевом направлении.

Для выравнивания пульсирующего потока газа и ослабления газовых ударов в компрессоре применяются буферные емкости.

Смазка механизма движения осуществляется шестерёнчатым насосом. Смазка цилиндров осуществляется лубрикатором.

В процессе разработки конструкции многоступенчатого горизонтального поршневого компрессора были проведены прочностные расчеты цилиндропоршневой группы, а также смоделирована работа компрессора в системе автоматизированного проектирования.

УДК 621.793.06

Калугин И.А.¹, Сафонов Б.П.²

¹ООО «Газпром добыча Ямбург», ЯНАО, Россия,

²НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск, Россия)

СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ЛОПАТОК РАБОЧЕГО КОЛЕСА АВО ГАЗА ОТ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ НА ДКС ЗНГКМ

Конструкция крепления лопаток в постелях, закрепленных на основании ступицы самого вентилятора АВО газа, позволяет при неподвижном рабочем колесе ВУ регулировать их угол установки, а также зазор между концом лопатки и диффузором за счёт цилиндрической поверхности конца лопатки. Но есть в этом и отрицательный момент, за счёт сильных центробежных сил при работе вентилятора, особенно на максимальных оборотах, цилиндрическая часть лопатки в постелях стремится к перемещению в направлении воздуховода диффузора. А перемещение лопатки к внешней окружности воздуховода как минимум приводит к уменьшению зазора и потери производительности вентилятора, а как максимум к выходу из строя самих лопаток по причине их механического разрушения.

Авторы предлагают применить следующий способ устранения смещения лопаток рабочего колеса, способом установки дистанционных колец между отбортовкой цилиндрической части лопатки и постелями. Дистанционное кольцо нарезается из трубы $\phi 57 \times 4,00$ мм. шириной 5 мм. и разрезается пополам для лучшей установки на цилиндрической части лопаток с последующей соединением электросваркой.

Работу по изготовлению, установке дистанционного кольца делает 1 слесарь по ремонту технологических установок в защитных очках, каске, одетых СИЗ рук (перчатках) в антистатической специальной

одежде и 1 электросварщик в костюме сварщика, сварочных крагах и надетой сварочной маске на стационарном сварочном посту.

Это позволит 100% исключить какое-либо смещение (перемещение) лопаток рабочего колеса от ступицы к воздуховоду и соответственно возможный последующий их выход из строя.

УДК 539.384

Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Суменков А.Л., Зимин А.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ИЗГИБЕ БАЛКИ

Внешняя нагрузка, действующая в одной из главных плоскостей (инерции) балки, вызывает искривление её продольной оси z в этой плоскости. При этом поперечные сечения балки перемещаются перпендикулярно к первоначально прямой продольной оси и, оставаясь плоскими, поворачиваются. Перемещение центра тяжести поперечного сечения перпендикулярно к продольной оси называется прогибом балки в этом сечении, а угол поворота поперечного сечения к своему первоначальному положению – углом поворота сечения.

При решении практических задач часто требуется знать величины прогибов и углов поворота сечений. Такие же данные требуются и для статически неопределимых задач при составлении дополнительных уравнений. Поэтому необходимо получить уравнение упругой линии (искривлённой оси) балки. Дифференцируя уравнение упругой линии по координате z , можно найти угол поворота каждого сечения.

При решении задачи по получению уравнения упругой линии балки используют уравнение, которое связывает изгибающий момент и жёсткость балки с кривизной её продольной оси. Приближённое дифференциальное уравнение упругой линии, полученное из начального уравнения, может быть решено посредством интегрирования тремя способами: аналитическим, графоаналитическим, графическим. Дифференциальное уравнение упругой линии при аналитическом способе интегрируется два раза, а константы интегрирования находятся из граничных условий. Недостатки метода проявляются при количестве участков балки большем двух и обусловлены необходимостью определения двух констант интегрирования для каждого участка. Этого недостатка лишены графоаналитический способ и универсальные уравнения упругой линии, а также графический способ.

При получении уравнения упругой линии различными способами уделялось внимание достоинствам и недостаткам каждого способа, а также были проведены эксперименты по определению прогибов

стальной балки прямоугольного сечения и сравнение с рассчитанными значениями. Результаты проведённой работы могут быть использованы при дистанционном выполнении лабораторно-практической работы по определению деформации балки при изгибе.

УДК 621.7

Александров Б.А. , Козлов А.М.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
**КОНСТРУКЦИЯ ИЗЛОЖНИЦЫ ДЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ
 ЗАЛИВКИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ**

Администрацией «ЩёкиноАзот» предложено кафедре ОХП спроектировать участок по ремонту разъёмных подшипников скольжения на базе кузнечного цеха ремонтного производства. Предприятие предполагает приобрести для этого участка комплект оборудования КО2 (см. рис.1), однако изложница для центробежной заливки вкладышей комплектом не предусмотрена. Нами были изучены аналоги различных конструкций изложницы (рис.2 а,б) и предложен собственный вариант изложницы применительно к условиям работы станка СМЦЗ , когда изложница в сборе с комплектом вкладышей подшипника скольжения зажимается в 3-х кулачковый самоцентрирующий патрон.

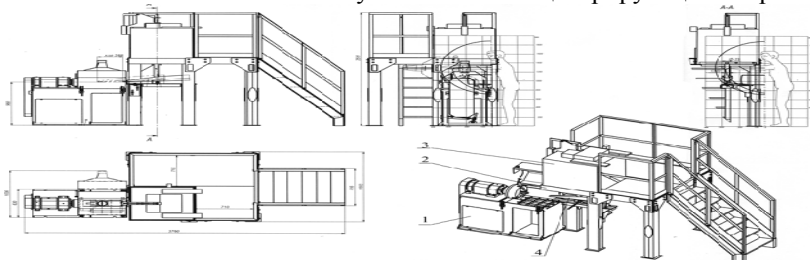


Рис.1 Общий вид комплекта для центробежной заливки баббитом вкладышей подшипников скольжения: 1 - «Станок СЦЗ», 2 - площадка, 3 - печь «ППН-0,6-20» или «ППН-0,6-17М», 4 – литник

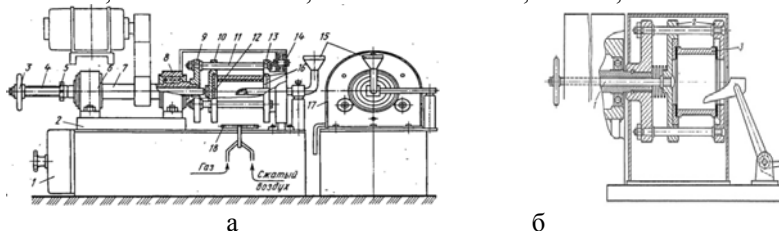


Рис. 2 Изложница для центробежной заливки баббита:
 а – вариант 1, б – вариант 2.

Поскольку на предприятии эксплуатируются машины разного типоразмера, то и подшипники имеют широкий разброс диаметров (от 360 до 150 мм) и длин (от 50 до 120мм), то нами была предложена универсальная конструкция изложницы для заливки любых размеров вкладышей. Однако, габариты такого приспособления не вписывались в возможности станка для заливки баббита. Пришлось конструкцию адаптировать к возможностям СЦЗ. Поскольку антифрикционный материал в расплавленном состоянии выделяет опасные для здоровья обслуживающего персонала выделения свинца и олова, то придётся снабжать установку для заливки системой аспирации и конструировать бортовые отсосы, что вносит коррективы в особенности конструкции изложницы и загромождает её изображение на сборочном чертеже.

УДК 536.24.

Князева А.О., Давыдов В.В., Лобанов Н.Ф.

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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ БЕНЗОЛА

На первом этапе были собраны данные по теплофизическим свойствам рабочих сред при заданных параметрах, таких как давление и диапазон температур от 20°С до 50°С (продукт подогреватель бензола).

Свойства энергоносителей:

Энерго-ли	ρ (кг/м ³) (плотность)	C_{pcp} (Дж/кг*°С) (удельная теплоемкость)	g (кДж/кг) (скрытая теплота конденсации пара)
пар	2,128	2395	2260
бензол	885	1728	435,7

При выборе материалов для теплообменного аппарата учитывались коррозионные свойства сред, наличие труб необходимых размеров (для трубочатки и штуцеров).

Для теплопередающей поверхности был произведен ориентировочный тепловой расчет с выбором коэффициента теплопередачи на основе проверочного расчета аналогичных конструкций для нагрева бензола.

В результате были использованы следующие зависимости:
1. Тепловая нагрузка по нагреваемому целевому продукту (G_2):

$$Q_2 = G_2 * C_{ссп} * (T_K - T_H) \quad (1)$$

где G_2 – массовый расход бензола, кг/с;

$C_{\text{ср}}$ – средняя удельная теплоемкость бензола, кДж/(кг*°C);

T_K, T_H – конечная и начальная температура бензола, °C.

2. Массовый расход греющего пара при условии 100% конденсации (G_1):

$$G_1 = \frac{Q_2}{r}, \quad (2)$$

где r – скрытая теплота конденсации пара Дж/кг.

3. Расчетная поверхность теплообменного аппарата:

$$S_{T.O} = \frac{Q_2}{k * \Delta T} \quad (3)$$

где Q – тепловая нагрузка аппарата, Вт;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²*°C);

ΔT – средний температурный напор, °C при температуре конденсации 145 °C.

В результате расчетов получено:

$$Q_2 = 802 \text{ кВт} \quad (1)$$

$$G_1 = 0,35 \text{ кг/с} \quad (2)$$

$$S_{T.O} = 32 \text{ м}^2, \text{ при } \Delta T = \frac{\Delta t_g - \Delta t_m}{2,3 * \lg \left(\frac{\Delta t_g}{\Delta t_m} \right)} = 38. \quad (3)$$

Проведем конструкционный расчет аппарата.

Распределение расчетной поверхности теплообмена по трубчатке:
 $S = \pi * d * L * n = 3,14 * 0,025 * 1,5 * 248 \approx 30 \text{ м}^2$, принимаем 32 м^2 .

где d, L – габариты трубок, м;

n – расчетное количество трубок.

Примем трубки тонкостенные $\text{Ø}25 \times 2$

Длина – $L = 3, 2, 1,5$, выбираем $L = 1,5$ м.

Количество трубок теплообменного аппарата:

$$n_{\text{min}} = \frac{S}{\pi * d_{\text{нар}} * l^*} = 248.$$

Шаг размещения осей трубок по сечению кожуха:

$$f = 1,3 * d_n = 32 \text{ мм} (0,032 \text{ м}).$$

Оценка внутреннего диаметра теплообменника:

$$D_{\text{вн}} = 2a * f + 4d_{\text{нар}} = 600 \text{ мм}.$$

При определении диаметра штуцеров приняли допустимую скорость сред: по бензолу - 3 м/с: 0,05м, примем 50 мм.

по насыщенному пару – 10 м/с: 0,009м, примем 9 мм.

С учетом больших теплопотерь от пара то есть, от стенки кожуха (T более 100°C) была нанесена теплоизоляция толщиной ≈ 10 см для обеспечения температуры снаружи не более 35°C (по санитарным нормативам).

Для механической защиты теплоизоляции предусматривается оборудование тонколистовым материалом из оцинкованной стали.

С учетом общей компоновки была принята схема горизонтального размещения аппарата.

Литература

1. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. Л.: Химия. 1982.

УДК 62-1/-9

Калугин И.А.¹, Сафонов Б.П.²

¹ООО «Газпром добыча Ямбург», ЯНАО, Россия,

²НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск, Россия)

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕНТРАТОРА ИЗ ОТВЕРСТИЙ ФЛАНЦЕВ СЕПАРАТОРОВ И АБСОРБЕРОВ ДУ 400 ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТО НА ГАЗОВОМ ПРОМЫСЛЕ ЗНГКМ

При проведение ТР или СР сепараторов и абсорберов, после их опорожнения и сброса давления необходимо установить заглушки перед пропаркой, в том числе по входу и выходу, это Ду 400 мм. При снятии шпилек для переворачивания поворотной заглушки всегда происходит смещение ответных фланцев относительно друг друга. Для этого вставляют простую направляющую представляющую из себя цилиндр меньшего диаметра чем отверстие. Вот когда наступает момент удаления направляющей и возникают проблемы её извлечения, то как правило в большинстве случаев направляющую закусывает. И тогда надо обратным ходом её выбивать выколоткой. От этого направляющая в конусной части расплющивается и есть вероятность нарушения геометрии самого отверстия во фланце. После этой операции надо восстанавливать геометрию, а может и изготавливать новую выколотку.

Авторы предлагают изготовить следующее приспособление для извлечения центратора из отверстий фланцев сепараторов и абсорберов. Оно состоит из: центратора (направляющей), колпака (стакана), тягового винта со стопорной гайкой. Центратор также вставляется в противоположные отверстия, где стояла до этого шпилька, заглушка пере-

ворачивается, на центратор одевают колпак (стакан), через него пропускают тяговый винт и вкручивают его в центратор, тяговый винт стопорят относительно колпака стопорной гайкой, вращая тяговый винт накидным ключом быстро и без усилий удаляют центратор из отверстий.

Работу по извлечению центратора из отверстий сепараторов и абсорберов Ду400, производит 1 слесарь по ремонту технологических установок, в защитных очках, каске, одетых СИЗ рук (перчатках) в антистатической специальной одежде.

Это позволит быстро и без особых усилий удалить центратор из отверстий фланцев сепараторов и абсорберов, не восстанавливая его и не изготавливая новый.

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

УДК 681.515.6:510.644.4

Сарандаев Г.К., Соколов И.С., Брыков Б.А.

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

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СИНТЕЗА НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ АСТАТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

Существует ряд технологических объектов, управление которыми по ПИД закону не оптимально. Объекты такого рода называют астатическими. Классическим примером объекта такого рода является бак со свободно исходящим потоком воды из него. Задачей управления баком здесь является поддержание заданного уровня воды. Для решения этой задачи целесообразен отказ от ПИД регулятора и переход к ПД регулятору. Причинами этого служит повышение порядка астатизма при применении ПИД регулятора, что приводит к ухудшению качества регулирования.

С учетом вышесказанного, вызывает интерес возможность синтеза нечеткого контроллера, подобного ПД регулятору и способного дополнительно улучшить качество управления астатическим объектом. В ходе работы синтезирован нечеткий ПД контроллер на основе известной структуры нечеткого ПИ контроллера.

Проведен ряд экспериментальных исследований для определения оптимальной структуры ПД контроллера, включая оценку влияния точности лингвистического описания переменных контроллера, т.е. количества применяемых функций принадлежности на качество работы системы автоматического управления (САУ); сравнительный анализ качества работы классической САУ с ПД регулятором и нечетких САУ с синтезированными контроллерами; оценку степени чувствительности классической и нечетких САУ к изменению параметров астатического объекта управления, т.е. оценку степени робастности САУ.

Результаты сравнительного анализа качества переходных процессов показывают возможность существенного упрощения структуры нечеткого контроллера практически без потери качества регулирования при корректной настройке масштабирующих коэффициентов; высокую робастность нечеткой САУ даже при сокращении базы знаний контроллера.

УДК 681.5

Антонович В.Ю., Журноклеев Н.К., Лопатин А.Г.

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДВУОКСИ УГЛЕРОДА

Модернизация современного производства может осуществляться экстенсивным и интенсивным путем.

К экстенсивным методам модернизации относят увеличение количества цехов и работников. При этом сохраняется прежняя технология производства продукции и не вносятся инновации в процесс.

К интенсивным путям модернизации относят улучшение технологического процесса за счет внедрения новых технологий и методов работы средств автоматизации и управления химико-технологического процесса.

В нашей работе мы провели подбор и выбор современных средств контроля и управления взамен старых и морально устаревших технических средств автоматизации.

В качестве датчиков давления выбраны датчики фирмы YOKOGAWA, а исполнительные устройства фирмы SAMSON, все датчики и исполнительные устройства соответствуют данным требованиям процесса.

В качестве управляющего устройства мы предлагаем использовать контроллеры фирмы GE Fanuc. Данные системы обладают большими преимуществами перед другими системами и соответствуют международным стандартам взрыво-пожаробезопасности.

Для улучшения качества процесса управления давлением аммиака в конденсаторе, была проведена работа по расчету оптимальных настроек регулятора, модернизированной на производстве системы автоматического регулирования.

Проведено имитационное моделирование предложенной системы автоматического регулирования в программе SimInTech.

По результатам моделирования рассчитаны показатели качества переходных процессов, на основании которых наиболее оптимальным регулятором оказался ПИ регулятор.

Проведенная модернизация производства двуокси углерода позволит поднять производительность труда и качество получаемой продукции.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛЯТОРА С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ

На современных предприятиях более половины контуров работают с настройками, которые приближены к размыванию контуров (ослабленные настройки). Настройки контуров ослабляются для того, чтобы обеспечить работу АСУТП при изменении нагрузки на объект, свойств сырья, параметров окружающей среды и т.д. Ослабленные (всерезимные) настройки регуляторов, являются основным недостатком в работе действующих систем управления.

Основными факторами, влияющими на настройки стандартных регуляторов: изменение свойств сырья; нагрузка на аппарат; изменение природных условий; ремонт и обновление технологического оборудования; человеческий фактор.

К сожалению, большинство методов улучшения качества, которые предлагает теория управления, являются по сути непригодными для промышленных условий. Нами была исследована возможность разработки и создания регулятора, который не требовал бы никакой предварительной настройки. Отличительные особенности регулятора:

- Управление осуществляется тактами, после того, как становится известна реакция объекта на предыдущее управляющее воздействие.
- Данный регулятор не требует никакой предварительной настройки.
- Единственный параметр, который необходимо задать заранее – это начальное воздействие, величину которого можно определить исходя из характеристик объекта.

Для проведения исследований была создана лабораторная установка, которая обладает отличительными чертами промышленных технологических объектов, а именно: нестационарностью статических и динамических характеристик процессов; сложностью характера зависимости между входными и выходными переменными процесса, наличием нелинейностей, запаздывания. Эксперименты, проведенные на установке, показали высокую эффективность регулятора с прогнозированием в сравнении с ПИД регулятором, которая подтверждается расчётом основных критериев качества системы управления, таких, как время переходного процесса и перерегулирование. Следует так же отметить значительно меньшее энергопотребление при управлении у регулятора с прогнозированием.

Мианфун К., Шеремет И.И., Сидельников С.И.

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

**«РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЕМ ПРИЕМА
ВИНИЛХЛОРИДА НА БАЗЕ SCADA TRACE MODE»**

Важное место при решении задач анализа и проектирования систем логического управления (СЛУ) ХТС занимает этап разработки и построения имитационных математических моделей организации функционирования ХТС.

Анализ и характеристики организации периодических производств ХТС позволяет рассматривать их как сложные дискретно-динамические системы. В таких случаях является оправданным создание имитационного образа системы, воспроизводящего ее топологию и функционирование. Построение таких моделей реализуется, как правило, на интуитивном уровне. В [1] предлагается формализовать и автоматизировать процесс создания и анализа таких моделей на основе типовых сетевых моделей в виде РК-сетей.

В докладе рассмотрена методика разработки моделей системы логического управления приема винилхлорида производства ПХВС-1 в виде сети Петри с применением универсального алгоритма, программы автоматизированного построения совокупных сетевых моделей и программы – визуальный редактор сетевых моделей, с последующей реализацией полученного алгоритма в среде SCADA TRACE MODE на базе функциональных блоковых диаграмм.

Разработка сетевой модели СЛУ приема винилхлорида проводилась на основе модели 9-ого типа взаимодействия аппаратурных стадий.

Это простое тернарное взаимодействие, основная стадия представлена множеством параллельно включенных аппаратов полунепрерывного действия; подающая и приемная стадия по отношению к основной представлена одним аппаратом полунепрерывного действия.

Проведенное имитационное моделирование системы логического управления приема винилхлорида производства ПХВС-1 показало адекватность разработанной СЛУ.

Литература

1. Модели и алгоритмы логического управления химико-технологическими системами. Монография. Сидельников С.И. Новомосковск 2011. – 118 с.

УДК 536.58:661.91-404

Кошарский И.О., Осокин П.К., Фомин К.С., Брыков Б.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОЙ И ТВЕРДОЙ ДВУОКСИ УГЛЕРОДА В ЦЕХЕ УГЛЕКИСЛОТЫ

Производство жидкой двуокиси углерода (ЖДУ) и твердой двуокиси углерода (ТДУ) располагается на территории ЩекиноАзот в корп. 780. Производство включает в себя две технологические линии – по ЖДУ и по ТДУ.

Методика получения газообразной двуокиси углерода (ГДУ), являющейся исходным веществом, включает в себя стадии химической очистки газа CO_2 от сернистых соединений водным раствором KMnO_4 ; осушки газа на силикагеле с последующим компремированием газа компрессором; очистки активированным углем, осушки на цеолите.

Для получения ЖДУ необходимо сконденсировать очищенную ГДУ в конденсаторах-испарителях за счет отвода тепла жидким аммиаком. Получение ТДУ из ЖДУ осуществляется методом дресселирования до тройной точки 0.428 МПа (4.28 кгс/см^2) с последующим прессованием на прессе.

Используемые сейчас технические средства автоматизации (ТСА) по большей части являются устаревшими ввиду того, что данное производство организовано на базе выведенного из эксплуатации цеха производства карбамида №2 с сохранением в работе значительной части оборудования. При разработке технологической схемы за основу принят процесс действовавшего до 1990 г. отделения по производству жидкой двуокиси углерода в цехе углекислоты корп. 860.

Таким образом, модернизация и оптимизация производства ГДУ и ЖДУ является актуальной задачей, для решения которой необходимо:

- провести анализ существующих на производстве контуров управления с использованием функциональных схем автоматизации;
- определить нуждающиеся в модернизации ТСА, а именно: автоматические регуляторы, программируемые логические контроллеры (при наличии), датчики температуры, давления, уровня, расхода и т.д.
- выбрать современные ТСА, соответствующие требованиям регламента производства;
- определить оптимальные законы регулирования для каждого контура управления. Так, для управления температурой ГДУ следует принять ПИД закон управления, а для управления уровнем в промежуточных емкостях – П или ПД закон.

УДК 510.644.4:66.021.4

Полоцкая Ю.А., Дендина В.О., Хивинцева Н.Л., Брыков Б.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Теория нечетких множеств, базируясь на классической теории множеств, распространяет её методы и вводит такое понятие, как функция принадлежности (ФП) нечеткому множеству. Данное понятие характеризует степень принадлежности каждого элемента заданному множеству. Следует отличать нечеткость от вероятности – вероятности имеют под собой объективную основу, т.е. набор статистических данных, а нечеткости являются субъективными, т.е. они определяются экспертом, исходя из собственного опыта.

Существенным достоинством нечетких систем является то, что они позволяют создать систему нечеткого вывода на основании лишь качественной и/или неполной информации об объекте моделирования. Отдельно отметим, что, согласно теоремам Ванга и Бакли, нечеткая система, использующая полную и непротиворечивую базу правил, гауссовидные ФП, метод дефазификации centroid, является универсальным аппроксиматором, а нечеткие сети являются универсальными аппроксиматорами нечетких непрерывных монотонных функций.

Исходя из вышесказанного, становится очевидно, что исследования в этом направлении являются весьма актуальной задачей.

С точки зрения управления сложными химико-технологическими системами (ХТС) можно выделить 2 ключевых направления в использовании теории нечетких множеств: синтез нейро-нечетких моделей ХТС и интеллектуальных систем управления (ИСУ).

Первое направление исследований включает в себя разработку общей методики синтеза нейро-нечетких моделей ХТС, которые позволят проводить имитационное моделирование при различных начальных условиях, либо смогут применяться в предиктивных ИСУ.

Второе направление предполагает разработку интеллектуальных контроллеров. Они могут быть реализованы как надстройка над ПИД регулятором (супервизор), как нечеткий регулятор, вырабатывающий сигнал управления, либо в виде совокупности обоих решений.

Применение таких контроллеров позволит существенно улучшить качество регулирования, проводить процессы в более жестких условиях без потери качества продукции, способствовать энерго- и ресурсосбережению за счет сокращения времени цикла производства.

УДК 681.2 : 536.083

Азима Ю.И., Сидельников С.И., Гавриленко А.И., Тихонов В.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Под метрологическим моделированием измерения теплофизических величин (ТФВ) будем понимать совокупность действий, направленных на получение оценки погрешности определения следующих величин: теплопроводности, теплоемкости, теплового потока, в процессе проектирования новых методов измерения. Для этого разрабатывается математическая модель объекта измерения в виде краевой задачи теплопроводности или системы разностных уравнений, и находится решение, представляющее температурное поле $t(x_i, y_i, \tau_j)$, которое определяется значениями ТФВ, начальным состоянием температурного поля и условиями, действующими на границах. Далее значения температурного поля подставляются в функцию измерения, представляющую собой совокупность уравнений, по которым вычисляется искомая ТФВ α . Алгоритм определения погрешности показан на рис. 1.



Рис. 1. Блок–схема алгоритма определения погрешности измерения теплофизической величины α

При разработке дискретных моделей объектов измерения применялся интегро – интерполяционный метод построения консервативных разностных схем. Дискретные модели и решения осуществлялись в системе MathCad с использованием встроенная функция Radau. В докладе подробно рассмотрены вопросы моделирования объектов в виде краевой задачи теплопроводности, составление и решение системы дифференциальных уравнений для различных одномерных и двумерных объектов. Приводятся результаты вычислительных экспериментов.

ВНЕДРЕНИЕ SIEM СИСТЕМ: СПОСОБЫ И ОШИБКИ

С наступлением информационного века количество создаваемых цифровых данных значительно выросло. Для обеспечения их корректных обработки и передачи необходимы различные средства информационной безопасности. Чтобы работа этих средств безопасности была наиболее производительной, необходимо анализировать происходящие инциденты нарушения безопасности и разрабатывать соответствующие модели принятия решений. В связи с этим внедряют системы SIEM (Security Information and Event Management).

В основе SIEM лежат два вида продуктов: SIM (Security Information Management) – управление информационной безопасностью и SEM (Security Event Management) – управление событиями безопасности.

Перед внедрением систем SIEM руководству организации следует обратить внимания на следующие особенности внедрения:

1. Наличие в организации специалистов отдела безопасности с достаточным уровнем квалификации.
2. Возможность масштабирования системы, которая должна корректно выполнять свои функции как в моменты максимальной нагрузки, так и в среднем.
3. Обеспечение отказоустойчивости и надежности SIEM системы за счет дублирования компонентов системы.
4. Определение времени хранения данных о происходящих инцидентах и обеспечение их защиты.
5. Наличие исходных источников данных, что позволит в будущем избежать правок и доработок системы.
6. Соблюдение всех законодательных нормативов, в т.ч. общепринятых стандартов, при развертывании и эксплуатации SIEM системы.

Основные ошибки, которые чаще всего возникают при внедрении SIEM систем:

1. Отсутствие предварительного детального планирования.
2. Отсутствие целесообразного выбора архитектуры системы и несоблюдение последовательности этапов ее развертывания.
3. Изначально не определены основные сценарии работы системы, в результате чего своевременно не выделены данные, которые будут влиять на результат ее работы.

Таким образом, внедрение системы SIEM и ее дальнейшая эксплуатация будут целесообразны и просты, если учесть все выше названные пункты.

ВЫБОР ПРИНЦИПОВ И ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ДАННЫХ В КОМПАНИИ

В связи с развитием информационных технологий и появления новых ИТ-систем, все больше возрастает количество жалоб пользователей в сфере качества данных, однако в настоящее время рынок предлагает решение только узкоспециализированных задач.

Нет необходимости революционно подходить к проблеме управления качеством данных. Приложения рекомендуется реализовать, используя рекурсивный подход. Необходимо выбрать наиболее важные области данных и связанные с ними ИТ-системы и процессы. Определив целевые значения критериев качества, далее следует выбрать наиболее эффективных приложений. Для каждого приложения разрабатывается индивидуальный план событий и проверяется их производительность. Затем накопленный опыт реплицируется в другие области данных или расширяется с помощью новых критериев и приложений.

Важно отметить, что процесс управления данными в компании должен быть централизованно организован и предпочтительно определен на уровне ИТ-стратегии компании. При разработке принципов и подходов к управлению качеством данных важно учитывать два фактора:

Во-первых, управление качеством данных не следует рассматривать как отдельный и самодостаточный процесс. Положения заметки должны быть взаимно связаны с другими процессами управления информационными технологиями, которые должны быть соответствующим образом адаптированы.

Во-вторых, процесс управления качеством должен работать непрерывно и постоянно улучшаться.

Отдельно стоит обратить внимание на ответственность за данные. Процесс управления качеством данных является сквозным процессом в операционных процессах бизнеса. Необходимо обеспечить процессы управления качеством и безопасности данных в областях ответственности. Важно отметить, что область ответственности определяется только характером данных и не зависит от ИТ-систем, в которых используются эти данные.

В свою очередь руководящие структуры организации отвечают за процесс управления качеством в целом. Их задача – обеспечивать функционирование и выполнение процедур в ИТ-службе, контролиро-

вать уровень обслуживания и повышать эффективность используемых приложений.

Таким образом, процесс управления качеством данных не может быть решен только с помощью ИТ-службы. Его задача – выполнить служебную функцию для работы и ответить в рамках выполнения назначенных задач.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Чекрыжов С.В.

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

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР ПОДДЕРЖКИ БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

Карантин, обусловленный пандемией COVID-19, и, как следствие, переход сотрудников на удаленный режим работы – это возможность для сферы информационных технологий продемонстрировать свою способность стать реальной поддержкой бизнеса в сложной ситуации. Большинство компаний предоставили для своих клиентов следующие ИТ-решения:

- ИТ-решения для оперативного восстановления бизнеса после перехода на удаленный режим работы;
- ИТ-решения для поддержки последующего роста бизнеса.

Дистанционный формат работы требует более тщательного контроля трудовой дисциплины, чем ранее, до массового перехода в режим дистанционной работы.

Специализированные программы-агенты отслеживают все действия пользователя, и все события, происходящие на его компьютере. Установление шлюза и запись сессий в текстовом и видео-формате помогает формировать доказательную базу при расследовании инцидентов.

Применение программ-агентов позволяет повысить управляемость и эффективность работы компании за счет прозрачного контроля персонала, рекомендаций системы по оптимизации процессов с учетом фонда оплаты труда.

Еще одним из ключевых моментов при организации удаленной работы является оптимизация затрат по обеспечению рабочих процессов. На этом этапе достигается сокращение затрат на обслуживание, начинается переход от капитальных затрат к операционным, что гораздо более выгодно для экономики предприятия. Формируется дорожная карта технического развития с учетом стратегии бизнеса и текущих затрат на ИТ, а также пул оптимальных для передачи на аутсорсинг процессов.

Таким образом, информационные технологии позволяют обеспечить непрерывность бизнеса. Результатом становится повышение управляемости за счет прозрачности и контроля, повышение производительности по-прежнему удаленных сотрудников, а также снижение рисков от неоптимальных рабочих процессов.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Янцев С.Д.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДАННЫХ

Проблема качества данных является довольно серьезной проблемой и связана не только с их обработкой и анализом. На данных в современном цифровом мире построено множество процессов, в том числе связанных с безопасностью. В зависимости от того, насколько качественно данные используются в государственных и коммерческих организациях, зависит эффективность и результат их работы.

Всегда требуется более высокий уровень качества данных. И хорошо отлаженная система управления качеством данных обеспечивает поддержку качества в течении всего жизненного цикла данных.

Основной целью процесса управления качеством данных является разработка сбалансированного набора мер, которые предотвратят появление проблем с качеством данных в будущем.

Решение проблем, связанных с качеством данных требует многогранного подхода, ключевыми факторами которого являются люди, процессы управления, технологии. Специалисты, отвечающие за данные и аналитику, должны разработать операционную модель, которая учитывает вышеуказанные факторы.

Часто снижение качества данных связано с ошибками в вводе информации пользователями системы. Введение формата-логического управления на входе помогает справиться с этим, но не все может быть формализовано в машинный алгоритм.

Создание решения, которое обеспечит качество данных, является довольно тонким и трудоемким процессом. Можно выделить основные направления, в которых происходит современное развитие дисциплины управления качеством данных:

- разработка новых приложений и технологий для обеспечения качества данных;
- обеспечение качества данных в реальном времени;
- координация с другими дисциплинами;

- углубленное профилирование;
- специальная разработка программного обеспечения.

Эти решения могут продемонстрировать и обеспечить полезность задач автоматизации программного обеспечения качества данных.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Михеев А.В.

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

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ DATA LAKE ПЕРЕД ХРАНИЛИЩЕМ ДАННЫХ

С введением термина Big Data возникли новые понятия, которые характеризуют методы хранения информации и ее обработки. В настоящее время распространенными и перспективными являются Data Lake (озеро данных) и Data Warehouse (хранилище данных).

Data Lake – это централизованный репозиторий, который дает возможность хранения всех необработанных неструктурированных данных в исходном формате без преобразования и ограничения на их размер.

Хранилище данных – это хранилище с неизменчивым набором данных, который поддерживает хронологию, является интегрированным и предметно-ориентированным.

Ключевое различие этих двух подходов хранения данных уже содержится в их определениях.

Озеро данных сначала извлекает данные из различных источников, затем хранит их в неизменном виде в одном месте, а уже при передаче в целевую систему та ведет их преобразование согласно указанной схемы.

Хранилище данных также извлекает данные из различных источников, но затем ведет преобразование и структуризацию согласно заранее прописанной схемы. При последующей передаче данных в целевую систему никакой дополнительной обработки уже не следует.

Благодаря тому, как реализована работа с данными в Data Lake, оно получает огромное преимущество над хранилищем данных: схема данных задается только при передаче данных в целевую систему, и это делает данное хранилище и обработку данных очень гибкими и легко адаптирующимися под новые цели и задачи. Кроме того, скорость загрузки данных в Data Lake и их размер не ограничены схемой и процессом предварительной обработки.

Архитектура Data Lake, в отличие от хранилищ данных, не имеет структуры и поэтому доступом к данным и их изменение легко осуществляется. Поскольку ограничений крайне мало, то процесс изменений

данных проходит очень быстро. В хранилище данных они присутствуют и это делает работу с ними сложнее и дороже. Но легкость доступа и изменения данных в Data Lake может обернуться проблемами с безопасностью и достоверностью, что решается путем блокировки источников с заведомо недостоверными данными, ограничением доступа на загрузку для ряда сотрудников.

Еще одним преимуществом Data Lake является то, что в нем хранятся данные различных видов и форматов, собранные из различных источников, что позволяет проводить аналитику сразу уже по множеству критериев, не ограничиваясь чем-то одним, что повышает качество результата.

Различие Data Lake и хранилищ данных проявляется и в том, что в «озере» они хранятся вне зависимости от того, будут ли они вообще использованы в будущем. Это позволяет иметь большой исчерпывающий объем различных данных для последующей обработки. Однако оказавшиеся бесполезными, данные будут занимать пространство для хранения, что приводит к дополнительным расходам. В хранилище данных размещается предметно-ориентированная информация и только та, что необходима и уже используется в работе.

Объективным преимуществом хранилищ данных является то, что информация в них хранится в понятном для пользователя виде. В Data Lake это невозможно без предварительной структуризации необходимых данных.

Data Lake лучше подходит для гибкого анализа огромных объемов данных, что позволяет извлекать из доступных данных максимум пользы.

Таким образом, Data Lake и хранилище данных являются актуальными и перспективными способами хранения огромных массивов данных. Каждое из них представляет собой решение, которое имеет свои плюсы и минусы.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Кострюкова Е.А.

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

ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ

Одной из главных проблем в современных информационных системах является проблема качества пользовательских данных. Для анализа данной задачи необходимо учитывать, что именно в базах данных хранится большое количество информации трех типов: внутренняя системная информация, пользовательские данные и настройки.

Преимущество системных данных выражено в возможности менять структуру данных (слои) без необходимости разбираться в проблеме организации их физического хранения.

Для пользовательских данных все иначе. Пользователь работает с базой данных через интерфейс программы и не имеет прямого доступа к организации структуры хранения данных. Это становится серьезной проблемой при необходимости изменения структуры данных.

Таким образом, нарушение принципов независимости слоев – основной источник проблем обеспечения качества пользовательских данных.

Проблема качества данных сильно усложнилась с появлением и развитием ERP-систем (Enterprise Resource Planning), что привело к необходимости интеграции данных в различные информационные системы.

Задача управления данными в одном программном продукте решается адаптацией пользовательских данных к структуре программы, но если программ много, и в каждой используется своя база данных с конкретной структурой, то адаптировать структуру данных под каждую из них не представляется возможным, не беря в расчет реализацию механизмов передачи данных для обеспечения целостности.

Стоит отметить актуальность вопроса обеспечения качества данных при проведении процессов интеграции. С одной стороны, представлено множество стандартизированных программных интерфейсов для передачи различных видов данных, но с другой – отсутствие стандартов, определяющих правила управления данными внутри программных продуктов и алгоритмов их подготовки для передачи. Это приводит к несовместимости данных на уровне логических структур.

Решением этого вопроса является формирование стандартов управления качеством данных, что позволит сделать процесс более управляемым и эффективным.

Таким образом, грамотное управление качеством пользовательских данных позволит повысить оперативность и достоверность корпоративных данных, а стандартизация управления качеством данных стать основой для сферы информационных систем.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Корбанюк Д.С.

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

РАЗВЕРТЫВАНИЕ DATA LAKE: ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕССУ

Data Lake (озеро данных) – один из элементов экосистемы Big Data, где централизованно агрегируются большие объемы данных из

множества источников. Как и в случае с самой Big Data, ключевой вопрос в связи с «озерами» состоит в том, насколько такие разновидности хранилищ данных действительно необходимы предприятиям и как их можно монетизировать.

Сам термин, Data Lake, появился совсем недавно и рынок пока что не адаптировался к «озерам». Сейчас же будут востребованы, так называемые, первопроходцы, в частности, для работы с искусственным интеллектом, чтобы выполнять повседневные операции.

Далее предоставлены рекомендации по развёртыванию Data Lake для наибольшей эффективности работы с ними:

1. Необходимо четко систематизировать информацию и хранить данные с максимальной детализацией.

2. Важно обеспечивать безопасность данных в «озере» – необходимо исключить вариант «утекания» данных из «озера».

3. Существует потребность в поддержании доверия к данным, для чего необходимо, как минимум, знать их происхождение.

4. Должен быть заранее разработан план уничтожения данных, что поможет решить проблему со сложностью избавления от данных с истекшим сроком. Также, это может помочь компании в отслеживании местоположения данных о клиентах. Применение единого места хранения данных снижает затраты на обслуживание и экономит время.

Таким образом, накапливание большого количества данных и их стратегическое использование будут всегда актуальны, так как многие компании накапливают все больше информации. А Data Lake – наиболее удачный способ выявления ценности данных и их хранения для бизнеса.

Так как, для работы с Data Lake и получения максимальной пользы, нужны большие объёмы вычислений, необходимо заранее предусмотреть, какие этапы аналитической обработки возможно автоматизировать в дальнейшем. Поэтому следующим актуальным шагом, после снижения цен на хранение, станет развития технологии Data Lake в «облаках».

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Астахова Т.А.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
РАЗВИТИЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДАННЫХ В РОССИИ

На сегодняшний день в России наблюдается активное развитие информационных технологий. Считается, что экономическая эффективность сферы информационных технологий зависит не только от инве-

стиций в новейшие технологии, но и, главным образом, от изменений комплементарных сервисов, связанных с ИТ-активами. Совокупность этих компонентов обеспечивают мультипликативный эффект.

Компании, которые научились быстро адаптироваться к новым условиям, сегодня оказываются в лидерах. Развитие новых направлений и проработка процессов предоставления услуг способствует созданию практической базы и основы для дальнейшего развития. Однако разрозненные действия участников рынка повлекли за собой отсутствие институциональной базы для разработки технологии и формирования единых стандартов. Этот фактор значительно замедляет создание эффективных решений в данной области.

Переход к цифровой модели управления происходит медленно и сочетает в себе две проблемы: недостаточная квалификация чиновников в работе с данными и низкий уровень качества данных в государственных информационных системах.

Качество данных является главным показателем в построении «цифровых двойников» – копий процессов или объектов реального мира в информационных системах. Если данные некорректные, неполные и неактуальные, то такие модели становятся искаженными, поэтому крупномасштабный переход к управлению на основе данных государственных информационных систем становится невозможным.

Однако при этом важно отметить, что управление данными не должно превращаться в набор правил и проверок.

Необходимо создание полноценной корпоративной модели данных и построенной над ней системой управления качеством данных. Это позволит решить множество проблем с интеграцией и обеспечением ретроспективности данных в условиях постоянных изменений.

Для исправления ситуации необходимо создать целостную стратегию управления данными в организациях и распространения грамотности работы с данными.

Грамотность работы с данными – это направление, охватывающее четыре основных навыка сотрудников организаций: умение читать данные; владение аналитическими инструментами для работы с данными (Business Intelligence); понимание, как анализировать эти данные; способность аргументировать с помощью данных принятие решений.

Идеальной с точки зрения управления на основе данных является ситуация, когда все необходимые для принятия решения данные, независимо от их физического расположения, организованы в единый каталог, доступный для анализа в соответствии с правами доступа. В качестве инструмента при этом должна использоваться быстрая интел-

лектуальная система, предоставляющая возможность самостоятельно исследовать данные и поддерживающая запросы на естественном языке (в т.ч. голосом). Если управленец, зная актуальную повестку, может также видеть точную картину происходящего («цифровой двойник»), то и принимаемое решение становится наиболее уверенным или даже очевидным.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Джанхотова Р.Э.

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

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ

В основе всех информационных технологий лежат цифровые данные. Глобальная «цифровизация» приводит к гигантским объемам данных. За последнее время человечество сгенерировало очень много данных, и их количество растет в геометрической прогрессии.

Данные становятся главным программой роста, а также новым ресурсом для производства нового технологичного товара, которым являются знания. Для добычи, хранения, повышения полезности и превращения информации в знания, используются информационные технологии, которые, в свою очередь, играют решающую роль в системе управления качеством данных. Иными словами, необходимо перейти от огромного объема малополезных данных к сложным аналитическим и интеллектуальным системам. Чтобы решить такого рода проблему, необходимо повысить качество первичных цифровых данных, так как недостоверные данные приводят к неверным решениям.

Процесс, улучшения пригодности данных и их анализа, называют управлением качеством данных. Анализ данных ориентирован на построении и исследовании методов извлечения знаний из экспериментальных данных. Управление качеством данных обеспечивает полезность цифровых данных, т.е. ценность каждого машинного бита.

В нашей стране активно предпринимаются меры по развитию сферы информационных технологий, но на данный момент не имеется достаточно дополнительных услуг, ориентированных на повышение эффективности ИТ-систем. Одним из вспомогательных сервисов, который направлен на увеличение отдачи инвестиций, является услуга управления качеством данных.

Для реализации задач выхода в лидеры в сфере информационных технологий необходимо принятие ряда комплексных мер по построению общей экосистемы:

- формирование научных институтов, деятельность которых направлена на проработку существующих проблем в сфере информационных технологий и регулярное обновление стандартов;
- создание специализированных образовательных дисциплин для работников сферы информационных технологий, а также оперативное обновление программ данных дисциплин;
- развитие экспериментальной базы для внедрения новейших технологий на основе компаний государственного сектора;
- формирование стандартов в области управления информационными технологиями, а также совершенствование школы ИТ-менеджеров;
- введение новых законодательных инициатив в ИТ-сфере, поддержка ее на государственном уровне, тем самым обеспечивая защиту от угроз международных корпораций.

Основной идеей решения проблемы управления качеством данных является использование различных подходов при работе с каждым типом данных. Обеспечение качества пользовательских данных, в отличие от качества программных данных, является более сложной задачей. Соответственно, требует немало решений, в том числе и со стороны пользователя.

УДК 004.031

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Старкова В.К.

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

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ «ОБЛАЧНЫХ» ATS ВНУТРИ РЫНКА РЕКРУТИНГОВЫХ СИСТЕМ

Рекрутинговая система - это автоматизированная информационная система по подбору персонала, обладающая функционалом HR и направленная на поиск и подбор кандидатов на вакантные позиции в организации.

Сегмент цифровых решений для задач HR развивается в последние годы динамично и получил дополнительный импульс на фоне пандемии COVID-19.

Рекрутинговые системы по управлению кандидатами (Applicant Tracking System, ATS) позволяют накапливать и отслеживать резюме кандидатов, автоматизируют процесс подбора и делают работу рекрутеров эффективнее за счет отслеживания аналитики рекрутмента.

Рассмотрим самые распространенные из сервисов ATS:

1. Huntflow – это «облачный» сервис для ведения вакансий и базы кандидатов. Дает отслеживать шаги поиска и увеличить его эффектив-

ность. В системе реализован автоматический сбор резюме с более 15 job-сайтов, а также имеется возможность публикации своих вакансий на этих площадках прямо из системы.

2. Potok – представляет собой платформу для автоматизации найма работников, которая обеспечивает хранение базы кандидатов и истории общения с ними. Существует версия для смартфонов. Сервис поддерживает сбор резюме с более 10 рабочих сайтов, а также в нем реализован поиск по базе кандидатов и, по ключевым словам, в резюме. Есть встроенный карьерный web-портал, настроены отклики с него прямо в систему.

3. FriendWork – это онлайн CRM система (Customer Relationship Management), т.е. система управления взаимоотношениями с клиентами, которая также может использоваться для найма работников. Сервис доступен через браузер. Существует версия на английском языке. Система имеет поддержку импорта резюме с более 15 job-сайтов и из соц-сетей. Реализован также гибкий поиск, по ключевым словам, и имеется свой карьерный портал.

4. CleverStaff – также онлайн-сервис для подбора и найма персонала, с разными изменениями функций и отчетов. Имеется возможность импорта резюме с job-сайтов и публикации вакансии на специализированных сайтах, а также в социальных сетях.

5. Talantix - это «облачная» CRM система для рекрутмента, разработана компанией НН (HeadHunter) и входит в ее HR-экосистему. Поддерживает импорт резюме с разных платформ и рабочих сайтов.

Таким образом, рекрутинговые системы на базе «облачных» ATS позволяют накапливать и отслеживать резюме кандидатов, автоматизировать процесс подбора и делают работу рекрутеров эффективнее за счет отслеживания аналитики рекрутмента.

УДК 513.135

Силин А.В., Силина И.В., Смольянинов Н.И.

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

ПРОБЛЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ 5G В РОССИИ

5G (от англ. fifth generation — пятое поколение) — поколение мобильной связи, работающее в соответствии со стандартами телекоммуникаций, следующих за существующей технологией LTE (4G). Это не просто новый стандарт мобильной связи, внедрение данных сетей в долгосрочной перспективе преобразует наше восприятие мира и приводит к социальной трансформации общества. При этом изменится

экономика сетей: средняя скорость передачи увеличится в 40 раз, а себестоимость доставки напротив уменьшится в 30 раз. Уже к 2024 году, по мнению аналитиков, до 30% мобильного трафика будет идти через устройства с поддержкой 5G. На данную технологию к 2025 году будет приходиться 15% всего мирового сектора мобильной телефонии; на Европу и Китай этот показатель составит 30%, а на США 50%.

Так в чём заключается проблема внедрения технологии 5G в России? Она не берётся из воздуха — для её установки нужно оборудование. Производители в первую очередь нацелены делать технику для диапазона 3,4 — 3,8 ГГц. Так как это самый ходовой стандарт, где много потенциальных покупателей. КНР и Япония аналогично планируют разворачивать сети в пределах тех же частот, что и Россия. Однако в Китае задействуют и 3 ГГц — которые в РФ зарезервированы под военные нужды.

А 4 ГГц будет применяться во вторую волну. Поэтому РФ придётся ждать, пока остальные исчерпают ресурс своих диапазонов и переберутся на наш. После этого производители начнут делать оборудование в том числе и под запросы российских операторов.

Но это лишь часть проблемы развёртывания 5G сетей в России. Судя по последнему решению Государственной комиссии по радиочастотам, провайдерам не достанется даже диапазон 4 ГГц, который первоначально планировали разыграть на аукционе среди операторов. Теперь Комиссия заявила, что просто отдаст 24,65 — 29,5 ГГц некоему «узкому кругу лиц». А остальные будут разворачивать 5G на «использующихся частотах». То есть на тех, которые зарезервированы оборудованием для LTE и 3G. [1]

На данный момент комиссия предлагает два способа. Либо заполнить высокие частоты 24,65 — 29,5 ГГц и развернуть сеть на них. Либо развёртывать на уже имеющихся частотах. Проблема в том, что оба варианта практически невыполнимы.

Проблематично развернуть 5G на 24,65 — 29,5 ГГц потому что это «уличные» частоты — они с трудом пробивают даже деревья. Для того чтобы развернуть полноценную сеть на таких частотах, нужно поставить передатчики в городе и во всех домах. Для этого потребуется тонна оборудования, которое требует квалифицированных специалистов. Это всё подразумевает колоссальные траты.

Кроме того, на данный момент сильную сторону этого диапазона всё равно представляется возможным использовать. Его преимущество в том, что можно передавать огромный поток информации без задержек. Это актуально для беспилотных автомобилей, голографической связи и медицинских операций. Перспектива совсем отдалённая — и

начинать строительство 5G с неё как минимум странно. Из всех стран такой путь выбрала Америка, которая сейчас сталкивается со всеми вышеупомянутыми проблемами.

Чем же плох второй вариант — чтобы провайдеры разворачивали новый стандарт на имеющихся частотах? В теории это возможно. Для LTE операторы используют диапазон 0,9 — 2,6 ГГц, его действительно нетрудно задействовать для ряда 5G-функций. Например, включить интернет вещей — чтобы чайник вышел в сеть, достаточно и «низких» частот. Но здесь имеется несколько глобальных проблем. На этих частотах уже поставлено оборудование, которое, собственно, и даёт нынешний LTE и 3G. Можно ли подключить к нему 5G? [2]

В целом да, отмечает Максим Буртиков, директор по внешним связям RIPE NCC — одной из компаний, распределяющих IP-адреса. «На первоначальном этапе сети 5G будут работать на текущих сетях LTE, без демонтажа нынешнего оборудования. Для этого могут использовать специальный режим двойного подключения. Пользователь будет выбирать, к какому стандарту подключиться — 5G или LTE». Однако это подходит для очень базового развёртывания 5G. Чтобы стандарт заработал на полную мощность, ему всё-таки требуется свободная частота, не занятая оборудованием под LTE и 3G.

Пока что самый свободный диапазон — 2,6 ГГц. Именно там больше всего неиспользованного ресурса. Однако и его недостаточно: напоминаем, что для нормальной работы 5G нужна полоса шириной 80 — 100 МГц. Эксперты говорят, что даже на 2,6 ГГц такого объёма нет. «Я не знаю никакого оператора, у которого было бы 100 МГц в какой-нибудь полосе 2,6 ГГц. К сожалению, никаких красот, свойственных 5G, на тех ничтожных полосочках, которыми располагают операторы, мы не сможем увидеть», — рассказывает Алексей Бойко, аналитик агентства MForum Analytics.

Построить полноценный новый стандарт на уже задействованных частотах операторы не сумеют. Нет оборудования и свободных мегагерц. В лучшем случае это будет демOVERсия 5G.

На данный момент нет рабочего сценария появления 5G в России. Насколько это отбрасывает нас от перспективного стандарта? Мнения экспертов неутешительны. «Наша страна будет отставать от Европы, США, Китая и даже Казахстана в развитии связи нового поколения и связанных с этим современных технологий», — приводит РБК слова представителя одного из крупнейших операторов. Тем не менее операторам уже сейчас выгодно инвестировать в 5G. Несмотря на то что основная сфера применения связи нового поколения лежит в области промышленности и интернета вещей, существенную выгоду можно

получить и в традиционных рынках телекоммуникаций. Специалисты Ericsson и Nokia подсчитали, что обработка и передача одного гигабайта трафика в сетях 5G обойдется в десять раз дешевле, чем в существующих сетях 4G.

Для дальнейшего эффективного развития новейшей технологии в России требуется системный подход, приходит к выводу Конарев. "Необходимо полноценное вовлечение технологических компаний в процесс стандартизации, а также исследовательские центры, чья специализацией будет исключительно НИОКР. В идеале такие центры следует открывать на базе продвинутых технологических организаций. Однако все это требует времени. На формирование системного подхода в этой области у Huawei ушло 20 лет и несколько миллиардов долларов, которые были инвестированы в исследования. Только благодаря ему на нашу компанию сейчас приходится более 20% всех корневых патентов, формирующих стандарт 5G", - заключил эксперт Huawei.

Литература

- 1 «Сети мобильной связи 5G: технологии, архитектура и услуги» Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А.. 2019[1]
- 2 Статья “Сети 5G. Эволюция связи.” КОММЕРСАНТЪ BUSINESS GUIDE 6 ИЮНЯ 2016 ГОДА [2]
- 3 <https://www.lastmile.su/journal/article/6349>[3]

УДК 513.135

Силин А.В., Силина И.В., Мосулев Д. В.

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

ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ПО В РОССИИ

В России, вследствие принятия ряда нормативных актов в 2015-2018, активно развивается политика импортозамещения иностранного программного обеспечения отечественным. Одним из основных пунктов вышеупомянутой политики является запрет на осуществление закупок для муниципальных и государственных нужд ПО, не включенного в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

Имеется ряд вполне понятных причин, по которым государство так стремиться заменить ПО на отечественные аналоги:

- Поддержка российских производителей ПО
- Защита от санкций
- Перераспределение денежных средств (для того, чтобы большая часть средств оставалась в стране)

Теперь, спустя несколько лет после принятия подобных мер, можно увидеть некоторые результаты, являющиеся весьма удручающими. Случаи, когда российская продукция успешно заменяют иностранную, являются единичными. Большинство российских предприятий продолжают пользоваться импортным ПО ввиду отсутствия качественной и надёжной альтернативы на российском рынке. Также стоит упомянуть, что весьма большой пласт отечественных разработок ведётся на основе свободного программного обеспечения, а не с нуля. К таким продуктам можно отнести, например, Astra Linux, МойОфис Почта и ряд других.

Примером успешной политики импортозамещения можно назвать действия Китая. В данной стране в результате прямой экономической и политической поддержки государства были созданы высокотехнологичные компании (такие как Lenovo и Huawei Technologies), которые успешно продвигают свои продукты даже на международном уровне.

В итоге, на данный момент среди российских продуктов крайне мало продуктов, способных конкурировать с импортными аналогами, а политика импортозамещения показывает себя крайне неэффективной.

Литература

1 <https://habr.com/ru/company/croc/blog/424315/>

2 <https://d-russia.ru/iz>

3. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

4 https://www.ng.ru/economics/2018-02-06/1_7166_import.html

УДК 513.135

Силин А.В., Силина И.В., Кудинов Н.С.

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

ПРОБЛЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

В последнее время гонка производительности настольных ПК поднялась на новый уровень. Растут тактовые частоты, вычислительные мощности, переход на многоядерную архитектуру и внедрение архитектуры x64 призвано поднять производительность ПК. Но существует обратная сторона. При увеличении тактовых частот соответствующим образом увеличивается тепловыделение электронных компонентов. Так как у электронных схем работоспособность обеспечивается при узком диапазоне температур, то увеличение тепловыделения не может происходить бесконечно. Для решения этой проблемы можно пойти несколькими путями: во-первых, внедрение новых процессорных архитектур, технологических процессов позволяет снизить тепловыделе-

ние, но при появлении старших процессоров семейства это преимущество теряется. Существует второй путь - усовершенствовать системы охлаждения процессоров. Именно в этом направлении сейчас идет большинство производителей процессоров. За последние несколько лет эволюция систем охлаждения прошла путь от пассивного охлаждения на радиаторах или активных при помощи кулеров до современных систем охлаждения по типу водяного охлаждения и тепловых трубок. Так же есть и более продвинутый способ охлаждения при помощи азота.

Основными способами рассеивания тепла являются воздушные системы охлаждения. Они делятся на пассивные и активные. Принцип работы пассивного охлаждения заключается в передаче тепла от нагревающегося элемента на радиатор. Эффективность такого пассивного охлаждения, напрямую зависит от циркуляции воздуха и его температуры.

А теперь подробно разберем активное воздушное охлаждение. В этом способе используются вентиляторы совместно с радиаторами. Вентилятор обдувает радиатор, который отводит тепло от греющего его компонента компьютерной системы. Чем больше воздушный поток, проходящий через радиатор и чем он холоднее, тем эффективнее происходит охлаждение.

Принцип работы водяного охлаждения состоит в передаче тепла от нагревающегося элемента охлаждающему радиатору. Это происходит при помощи рабочей жидкости (обычно воды), которая циркулирует в системе по специальным трубкам.

Криогенные системы охлаждения с жидким азотом представляют из себя металлический стакан. Такие стаканы делают в основном для охлаждения процессора и видеокарты. Они, как и радиаторы, плотно закрепляются с охлаждаемым элементом. Далее компьютер запускается и начинает вручную наливать в стакан азот. В процессе охлаждения он постепенно испаряется, поэтому его постоянно необходимо подливать.

Литература

- 1 «Модернизация и ремонт ПК» Скотт Мюллер. 2019 г.
- 2 Статья «Практический опыт построения систем жидкостного охлаждения». 2020 г.
- 3 Статья Самодельное охлаждения ноутбука. 2019 г.

ФАЙЛЫ СООКІЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ В СЕТИ

В 1994 году программисту Лу Монтулли, в то время работающему на компанию Netscape пришла идея о файлах cookies - небольших фрагментах данных, отправляемых веб-сервером и хранимых на компьютере пользователя. Всякий раз при попытке открыть страницу соответствующего сайта веб браузер пересылает две вещи - саму страницу и небольшой текстовый файл, уникальный для каждого пользователя, в котором хранится информация о его предыдущих действиях на сайте. Сами по себе cookies не могут делать ничего, это только лишь некоторая текстовая информация. Однако сервер может считывать содержащуюся в cookies информацию и на основании ее анализа совершать те или иные действия. Например, в случае авторизованного доступа к чему либо через WWW в cookies сохраняется login и password в течение сессии, что позволяет пользователю не вводить их снова при запросах каждого документа, защищенного паролем.[1]

Вскоре большинство сайтов стали использовать файлы cookie, и они были встроены в всемирную сеть. Разработчики cookie понимали, что таким способом можно очень легко следить за людьми, поэтому существовало очень важное условие безопасности: только тот веб-клиент, который присылает файлы cookie может их считывать. Загвоздка в том, что один сайт может включать материалы с разных серверов: например изображения или части программного кода. Эти сервера так же могут присылать и считывать свои собственные cookie, так называемые сторонние файлы cookie.

Рекламные баннеры на сайтах могли присылать такие cookie, которые бы собирали информацию о людях по всей сети. Таким образом складывался очень конкретный профиль о каждом пользователе, исходя из тех сайтов что он посещал. Из за этого пользователи, заходя на незнакомые для них сайты, видели рекламу, которая была нацелена конкретно на них.[2]

В 2009 году в Евросоюзе был принят закон, устанавливающий что хранения данных пользователя (в том числе файлы cookies) может осуществляться лишь с согласия пользователя. Но "согласие" в большинстве случаев это нажать "Ок" в всплывающем окне, которое не обязательно должно иметь понятную информацию. Но создатели браузеров все равно давали пользователям блокировать сторонние файлы

cookie, что приводило к конфликтам между ними и рекламными компаниями.

В мае 2018 года в Европейском союзе вступил в силу Общий регламент защиты персональных данных (General Data Protection Regulation, GDPR), направленный на усиленную защиту персональных данных пользователей – компании должны запрашивать разрешение пользователя на любой сбор информации. Но даже он полностью не решает проблему. Файлы Cookies все еще могут быть использованы в нелегальных целях. Поэтому важно помнить, что каждый элемент, который может быть использован для улучшения всемирной сети, может так же быть использован во вред. [3]

Литература

1. Mayer.J - TRACKING THE TRACKERS: MICROSOFT ADVERTISING", 2001.– 366 с.

2. Schwartz J - "Giving Web a Memory Cost Its Users Privacy"", 2001.– 256 с.

3. Что такое cookies и как с ними работать//Citforum
<http://citforum.ru/internet/html/cookie.shtml>

УДК 513.135

Силин А.В., Силина И.В., Васильев А.С.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ НА
ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ЗАЩИТЫ НА СЕТЕВОМ УРОВНЕ**

Обеспечение информационной безопасности (ИБ) при использовании информационных и коммуникационных систем предполагает решение проблем обеспечения целостности, доступности и конфиденциальности, хотя в последних публикациях и европейских стандартах к этим трем китам добавляются аутентичность, подотчетность, безотказность и надежность. В большинстве систем, включая системы в которых циркулирует информация с ограниченным доступом, наиболее острой проблемой является проблема обеспечения целостности информации (ЦИ). Под целостностью понимается свойство информации быть защищенной от несанкционированного искажения, разрушения или уничтожения.

Следует отметить, что ни доступности, а тем более конфиденциальности, без обеспечения ЦИ достичь невозможно. Например, исходя из современных требований к криптосистемам, незначительное изме-

нение исходного текста должно приводить к значительному изменению зашифрованной последовательности. Если в процессе передачи искажится один бит передаваемой шифрограммы, то после расшифровки полученный текст будет сильно отличаться от исходного. Таким образом, можно говорить о проблеме обеспечения ЦИ, которая не решена в полной мере на сегодняшний день.

В настоящее время большинство исследователей в области ИБ занимаются криптологией. Достаточно много работ посвящено цифровой подписи. Среди них можно выделить монографию. Есть отдельные работы, в которых рассматриваются вопросы обеспечения ЦИ, но они в подавляющем большинстве рассматривают вопросы целостности в базах данных или компьютерных сетях.

Исходя из определения ЦИ, можно выделить следующие воздействия на информацию:

- модификацию информации;
- подмену информации;
- уничтожение информации.

Модификация предполагает изменения какой-либо части информации. Эти изменения могут быть как случайным, так и преднамеренным. Во втором случае они могут быть санкционированными либо несанкционированными.

Подмена предполагает навязывание ложной информации путем замены истинной (первоначальной) информации. Уничтожение чаще всего связывается с уничтожением физического носителя информации и/или размагничиванием (форматированием) электронных носителей.

Рассмотрим возможные угрозы ЦИ в течение ее жизненного цикла.

При использовании неполных и/или ложных данных во время создания (появления) информации можно получить не соответствующую действительности информацию о тех или иных событиях. Адекватность принятого решения, основанного на такой информации, вызывает сомнения.

При обработке информации нарушение ЦИ может возникнуть вследствие технических неисправностей, алгоритмических и программных ошибок, ошибок и деструктивных действий обслуживающего персонала, внешнего вмешательства, действия разрушающих и вредоносных программ (вирусов, эксплойтов, червей, логических бомб).

В процессе передачи информации могут воздействовать различного рода помехи как естественного, так и искусственного происхождения. При этом возможно ее искажение или стирание (уничтожение). Кроме этого, возможен перехват информации с целью ее модификации и дальнейшего навязывания.

В процессе хранения основными угрозами являются несанкционированный доступ с целью модификации (вплоть до уничтожения) информации, вредоносные программы (вирусы, трояны, черви, логические бомбы) и технические неисправности.

В процессе старения основными угрозами информации, наряду с угрозами при хранении, можно считать утерю технологий, способных воспроизвести ту или иную информацию, и физическое старение носителей информации.

Следует отметить, что на всех этапах жизненного цикла существует угроза ЦИ из-за используемых технических систем. Это банальные неисправности, сбои электропитания, электромагнитные импульсы и т.д.

При утилизации об обеспечении ЦИ речи идет.

Таким образом, можно сделать вывод, о том, что, угрозы ЦИ возникают на протяжении всего жизненного цикла информации с момента ее появления до начала утилизации.

Необходимым условием обеспечения ЦИ является наличие высоконадежных технических средств (ТС), которые включают в себя как аппаратную, так и/или программную составляющие. Такое оборудование должно обеспечивать как высокую отказоустойчивость, так и защиту информации от возможных угроз.

Одним из самых распространенных способов повышения надежности ТС является резервирование. Если рассматривать ТС с точки зрения информационной составляющей, то повышение надежности достигается за счет параллельного соединения элементов системы, отвечающих за данную составляющую. Если параллельно соединить два компьютера, поставив на каждый из них свой антивирус, то вероятность проникновения вредоносной программы уменьшается. Однако при этом уменьшается вероятность безотказной работы ТС, состоящей из двух компьютеров.

Для обеспечения заданной надежности (гарантоспособности) такого информационно-технического комплекса необходимо применять параллельное соединение резервированных частей ТС.

ТС предполагают и возможность использования выделенных и/или физически защищенных линии связи, например, бронированные кабели с контролем целостности оболочек.

К ТС обеспечения ЦИ следует отнести и средства защиты от электромагнитного импульса (ЭМИ). Поражающими факторами ЭМИ являются высокоинтенсивные электромагнитные поля, которые либо непосредственно воздействуют на радиоэлектронные средства (РЭС),

либо трансформируются в опасных трактах этих средств в наведенные токи и напряжения.

Наиболее эффективным методом уменьшения интенсивности ЭМИ является экранирование – размещение оборудования в электропроводящем корпусе, который препятствует проникновению электромагнитного поля от источника к защищаемому оборудованию. Однако, в большинстве случаев, защищаемое оборудование имеет внешние коммуникации, что приводит к проникновению в экранированное пространство наведенных помеховых токов и напряжения, вызывающих повреждения элементной базы РЭС. Решением являются методы ограничения наведенных напряжений и токов по амплитуде и спектру во внешних трактах РЭС и электромагнитная развязка внешних цепей РЭС от экранированных устройств. Для ограничения наводок по амплитуде и спектру используются искровые и газоразрядные разрядники, полупроводниковые ограничительные приборы, варисторы и специальные нелинейные сопротивления. К ограничителям спектра относятся проходные конденсаторы, дроссели и фильтры.

Электромагнитная развязка достигается с помощью изолирующих трансформаторов, дросселей, оптронов, элементы оптоэлектроники. Применение оптоэлектронных схем позволяет уменьшить число замкнутых контуров и обеспечить электрическую развязку цепей. Кроме этого системы на базе оптоэлектроники являются не критичными к воздействию помеховых электромагнитных полей вследствие того, что носителями информации в этих системах являются электрически нейтральные фотоны. Еще одним преимуществом оптоэлектронных систем является ограничение полосы пропускания, особенно на высоких частотах, и тем самым являются беспроводными ограничителями высокочастотных помеховых наводок на входные цепи РЭС, которые свойственны ЭМИ.

В представленной работе рассмотрены возможный метод обеспечения ЦИ в ИКС. Это обеспечение надежности ТС.

В данном методе выделены наиболее существенные угрозы ЦИ и показаны возможные пути их устранения. Практическая реализация этого метода зависит от угроз, которые возникают в процессе жизненного цикла информации, и вида используемой информации.

Следует отметить, что один рассмотренный метод обеспечения ЦИ не позволяет решить рассмотренную проблему. Обеспечение ЦИ можно достичь только комплексным использованием различных методов. Это единственный подход, позволяющий обеспечить работоспособность инфокоммуникационных систем.

Литература

1. Шеннон К.Е. Математическая теория связи / К. Е. Шеннон // Работы по теории информации и кибернетики. – М.: ИЛ, 1963. – 476 с.
2. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение / Р. Морелос-Сарагоса. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
3. Проскурин В.Г. Программно-аппаратные средства обеспечения информационной безопасности. Защита в операционных системах: Учеб. пособие для вузов / В.Г. Проскурин, С.В. Крутов, И.В. Мацкевич. – М.: Радио и связь, 2000. – 168 с.
4. Питерсон У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон, Э. Уэлдон. – М.: Мир, 1976. – 594 с.

УДК 338.62

Комягин Д.И., Медведев С.В.

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

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Вузы достаточно активно подключились к процессу импортозамещения в самом его начале, но позже их энтузиазм угас. Сегодня только некоторые крупные университеты имеют полноценную стратегию перехода на российское ПО, большинство ограничивается точечными закупками решений, давно завоевавших известность на рынке. Это при том, что импортозамещение может сэкономить вузам бюджет и повысить конкурентоспособность. Работа по переходу на отечественное программное обеспечение началась в вузах с 2018 года, почти сразу после выхода приказа № 1220 «Об организации в Министерстве образования и науки Российской Федерации работы по переходу на использование отечественного офисного программного обеспечения на период 2017-2018 годов и на плановый период до 2020 года». Как ведомственные организации Министерства науки и высшего образования, вузы и сузуы сегодня уже должны выполнить полное импортозамещения, но на практике близки к нему не более чем на 10%. Дело в том, что серьёзные штрафные санкции к образовательным учреждениям, не выполняющим рекомендации Минобразования, не применяются, а процесс перехода на новый софт большинству до сих пор видится делом сложным и недешёвым.

Главная проблема большинства российских вузов – состав программного обеспечения на текущий момент времени, который пре-

имущественно состоит из иностранного софта и составляет более сотни позиций. Неудивительно, что руководители таких организаций не спешат с импортозамещением – они просто не знают, с чего начать.

Любой полноценный проект в области импортозамещения можно условно разделить на три этапа:

1. Подготовительный этап занимает, как правило, один-два месяца (в редких случаях, если вуз имеет сложную распределённую структуру, до полугода). Он включает в себя:

2. Внедрение выбранного ПО (от нескольких часов до нескольких месяцев, в зависимости от категории софта).

3. Обучение сотрудников. Многие заказчики полагают, что научить работников работать с новым программным обеспечением – это долго, сложно и дорого. На деле это вовсе не так. Сегодня на рынке существует огромный выбор курсов, вебинаров и обучающих видеороликов, рассчитанных как на технических специалистов, так и на конечных пользователей.

В качестве аргумента против перехода на отечественное ПО многие заказчики называют недостаточность его функционала или невозможность интеграции отдельных продуктов между собой. Можно смело утверждать, что российские производители прошли большой путь эволюции, причём разработчики развивались не отдельно друг от друга, а в тесном взаимодействии. Как следствие, сегодня есть возможность создать полноценную цифровую экосистему вуза на базе отечественных решений.

Российское ПО используется во всех государственных организациях, госкомпаниях, всё чаще проекты с применением отечественного софта реализует бизнес. Поэтому очень важно, чтобы сегодняшние студенты получали опыт работы с ним – так они смогут повысить свою ценность на рынке труда. Всё чаще вузы ставят в учебный план курсы по работе с российскими операционными системами: лицензии на ПО для организации такой работы можно получить с большой скидкой (иногда она доходит до 90%) или вовсе бесплатно.

Реестр российского программного обеспечения - публичная электронная система учёта программного обеспечения, которое официально признано происходящим из Российской Федерации для использования прежде всего государственными структурами. Создание реестра российского программного обеспечения закреплено федеральным законом, в целях расширения использования ИТ-продукции в органах государственной власти РФ, а также в целях оказания правообладателям программного обеспечения мер государственной поддержки. Решения о включении или об исключении из реестра принимаются на

основании заключений экспертного совета представителей государственных заказчиков и российской ИТ-отрасли. По состоянию на 2021 год, в реестр российского ПО входит более 7 тысяч программных продуктов.

Импортозамещение программного обеспечения естественно коснулось и Тульской области. План перехода на использование в органах государственной власти, учебных учреждениях и органах местного самоуправления Тульской области и в их подведомственных учреждениях продуктов и услуг отечественного программного обеспечения и интернет-сервисов был разработан в 2015 году и предусматривает мероприятия до 2020 года включительно. На первом этапе реализации плана в 2015-2017 гг. предусмотрены работы по выбору, тестированию и оценке возможности использования отечественного ПО и компьютерной техники взамен иностранных продуктов, и услуг, последующими этапами (2017-2020 гг.) – последовательная замена иностранного ПО и компьютерной техники в органах государственной власти Тульской области, учебных учреждениях и органах местного самоуправления Тульской области с учетом плана бюджетных ассигнований.

Все используемые в сети правительства Тульской области средства защиты информации внесены в Единый реестр российских программ, а также имеют необходимые сертификаты соответствия ФСТЭК и ФСБ России, однако их совместимость с отечественными операционными системами пока является задачей, которая, за редким исключением, не решена.

В Тульской области внедрен аналог комплекса картографических программ ArcGIS – ГИС «Горизонт», что позволило отказаться от ежегодной покупки лицензии программного обеспечения ARCGIS в размере 7 млн руб. В настоящее время идет гарантийная поддержка, ожидается, что в дальнейшем стоимость техподдержки будет не более 600 000 в год.

Вопросы импортозамещения не ограничиваются вопросами замены исключительно программного обеспечения. Есть ряд проблем и с инфраструктурной составляющей – «железо», по которому есть ряд отечественных разработок (и процессоров, и рабочих станций, и сетевого оборудования), уступающих пока импортным аналогам, которые, к тому же, выше по стоимости.

Импортонезависимость – это уже не просто тренд, о ней можно говорить, как о ключевом векторе развития российской экономики в целом и сферы ИТ в частности. Высшие учебные заведения являются поставщиком высококвалифицированных кадров для работы в цифровой

экономике. Руководству вузов необходимо перестраивать собственное мышление, внедряя инновационные решения отечественного производства, с которыми впоследствии всё чаще будут сталкиваться их выпускники.

Литература

1. Российским вузам – российский софт <https://d-russia.ru>
2. Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД <https://ru.wikipedia.org>
3. Реестр программного обеспечения <https://reestr.digital.gov.ru>
4. Импортзамещение ПО: опыт Тульской области <https://d-russia.ru>

УДК 614

Комягин Д.И., Медведев С.В.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ТЕЛЕМЕДИЦИНА» В ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ УДАЛЕННЫХ КОНСУЛЬТАЦИЙ С ПАЦИЕНТАМИ

Телемедицина – это использование современных технологий и средств телекоммуникаций для дистанционного предоставления врачебных и консультационных услуг. Благодаря ВКС медицинские работники могут не только осматривать пациентов удаленно, но и проводить консилиумы, собирать анамнез, запрашивать и отправлять сведения о течении заболеваний, назначать лечение и выдавать больничные листы.

Несмотря на распространенное мнение о том, что телемедицина — направление молодое и пока еще мало используемое на практике, свою историю оно начало задолго до появления компьютера — во времена телеграфов. Собственно, консультации специалистов по телефону тоже можно условно отнести к данной сфере. В то же время, первый сеанс видеоконференцсвязи в качестве инструмента для телемедицины был проведен в 1965 году. Это была трансляция операции по замене аортального клапана на искусственное сердце, которую ассистировал выдающийся кардиохирург Майкл ДеБейки.

Тогда самого термина «телемедицина» еще не существовало. Он появился позже — в первой половине 70-х. Сейчас же данное понятие определяется как одно из направлений медицины, основанное на использовании современных коммуникационных технологий для дис-

танционного оказания медицинской помощи и своевременных консультаций. При этом важной особенностью современной телемедицины является возможность двусторонней аудио и видеосвязи.

Сегодня пользователями сервисов телемедицинских консультаций все чаще становятся жители мегаполисов, у которых не хватает времени толком следить за собственным здоровьем, записываться на прием к доктору и уж тем более засиживаться в очередях. Вместо этого с помощью специального мобильного приложения можно найти свободного специалиста в любое время суток – программа сама подскажет, кто является лучшим экспертом в той или иной области, а кто из докторов свободен прямо сейчас и готов вас выслушать и оказать помощь. Причем теоретически, в будущем такой поиск можно осуществлять по всему миру. Но, вскоре, очевидно, не потребуется даже никуда звонить – доктора сами узнают о проблемах своим пациентов раньше их самих.

В условиях пандемии вирусных инфекций, когда число зараженных людей и территории распространения растут с неконтролируемой скоростью, решающую роль играет быстрое реагирование медицинских работников. В случаях, когда единственным выходом является жесткая самоизоляция, телемедицина остается единственным доступным инструментом здравоохранения. Как показала пандемия COVID-19, отправившая на вынужденную самоизоляцию миллионы жителей по всему миру, системы телемедицины с возможностью видеосвязи стали незаменимым атрибутом удаленного приема, ведения и лечения больных. Например, центр сердечно-сосудистой хирургии имени Бакулева развернул ВКС-сервер TrueConf для проведения дистанционного мониторинга зараженных пациентов.

Удаленные системы наблюдения за пациентами применяются медицинскими работниками для мониторинга состояния их здоровья. Для этого требуется специальное телемедицинское оборудование, с помощью которого врач может контролировать своего пациента на расстоянии. Очень часто дистанционный мониторинг используют для наблюдения за пожилыми людьми, не способными самостоятельно осуществлять все необходимые лечебные манипуляции. Особенно актуальна домашняя телемедицина для пациентов, нуждающихся в регулярных, оперативных обследованиях (например, для людей с болезнями сердца).

Система TrueConf Server – это первая отечественная программная платформа объединённых коммуникаций, которая позволяет существенно снизить расходы на ведение бизнеса, переговоры и совещания, на организацию дистанционного обучения, проведение групповых видеоконференций, системы для телемедицины.

TrueConf Server предназначен для организации групповых видеоконференций до 1000 пользователей в корпоративных сетях любой сложности и через интернет. Использование самых современных алгоритмов и технологий гарантирует непревзойденное качество связи и надежность работы системы.

СберЗдоровье – российский интернет-сервис, предоставляющий услуги по поиску и подбору врачей частных медицинских учреждений, поиску диагностических медицинских центров, вызова врача на дом, записи пациентов к врачу и на диагностику по полису ДМС, телемедицины и ветеринарных услуг. Сервис «СберЗдоровье» создан на базе компании-разработчика DocDoc, вошедшей в ГК «Сбербанк» в 2017 году.

В 2018 году компания заключила соглашение о сотрудничестве с крупнейшей сетью клиник «Мать и дитя», имеющей 354 клиники в 18 регионах. В июле 2020 года сервис «СберЗдоровье» и облачная платформа SberCloud запустили совместный пилотный проект по распознаванию снимков компьютерной томографии легких. В декабре 2020 года «СберЗдоровье», «СберМед ИИ» и «Лаборатория по искусственному интеллекту» запустили онлайн-сервис по определению вероятного диагноза с помощью ИИ.

В середине ноября в поликлинике Тульской областной клинической больницы № 2 им. Л.Н. Толстого начали проводить консультации пациентов с помощью телемедицины. Врач-терапевт общается с больным дистанционно: он спрашивает их про самочувствие, корректирует лечение, отвечает на все вопросы.

Сейчас туляки могут получить медицинскую помощь разными способами: при высокой температуре — вызвать врача на дом; прийти в поликлинику – если позволяет самочувствие, а температура не превышает 38 градусов; связаться с врачом по видеосвязи. Воспользоваться новой услугой в основном предлагают пациентам с легким течением болезни. Это актуально для пациентов, у которых тест на коронавирус положительный и диагноз ясен, но нет ярко выраженных клинических симптомов. А вот если температура высокая, появилась одышка и сами больные отмечают ухудшение самочувствия, то необходимо вызвать врача на дом.

Записаться на телемедицинскую консультацию можно по номеру телефона поликлиники – через регистратуру. Для того, чтобы воспользоваться услугой, понадобится смартфон или компьютер с веб-камерой: пациенту приходит смс-сообщение со ссылкой, пройдя по которой он выходит на связь с врачом-терапевтом.

В среднем консультация длится 15-20 минут. История болезни, результаты анализов доступны для доктора в электронной системе, свои назначения он вносит в электронную карту сразу же во время видеосвязи с пациентом. Врач задает уточняющие вопросы про самочувствие, дает рекомендации, может назначить повторную консультацию, продлить больничный или осмотреть больного на дому.

Литература

1. Телемедицина – современные технологии и пути развития <https://trueconf.ru>
2. СберЗдоровье <https://sberhealth.ru>
3. Применение телемедицины в Тул. Обл. <https://dubna.tularegion.ru>

УДК 681.5

Маслова Н.В., Гербер Ю.В., Артамонов П.С.

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

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СРЕДЕ SimInTech

Современная система образования должна обеспечивать обществу уверенный переход в цифровую эпоху, ориентированную на рост производительности, новые типы труда, потребности человека. Информатизация образования создала базу для перехода на новый уровень, цифровизация направлена на подготовку специалистов, которые свободно владеют интернет-технологиями и ориентированы на непрерывное обучение (повышение квалификации) с помощью электронного обучения. Цифровые технологии в современном мире – это не только инструмент, но и среда существования, которая открывает новые возможности: обучение в любое время, непрерывное образование, возможность проектировать индивидуальные образовательные маршруты [1].

Предыдущий вариант курсового проекта по дисциплине «Теория автоматического управления» имел целью объединить теоретические знания, полученные при изучении дисциплины в течение всего семестра, показав взаимосвязь между отдельными темами. Основное внимание уделялось теоретическим вопросам. Практическая часть не требовала применения информационных технологий, ориентированная на недостаточную обеспеченность компьютерной техникой. В настоящее время появилось достаточное количество программ и пакетов, позволяющих уйти от рутинных операций отечественного производства. В качестве основного инструмента был выбран пакет SimInTech. SimInTech (Simulation In Technic) – среда разработки математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматиче-

ской генерации кода для контроллеров управления и графических дисплеев. SimInTech предназначен для детального исследования и анализа нестационарных процессов в различных объектах управления. Используя SimInTech в качестве цифрового инструмента, студентам предлагается самостоятельно получить и проанализировать исходные данные для выполнения задачи оптимизации, как отдельных элементов проектируемой системы автоматического регулирования, так и всей системы в целом.

Литература

1. Никулина Т.В., Старченко Е.В. Информатизация и цифровизация образования: понятия, технологии, управление // Педагогическое образование в России. 2018, № 8. С. 107-113.

УДК 004.6

Саяпин В.В., Красовский П.В., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОБ АКТУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Право на защиту персональных данные (ПДн) – одно из фундаментальных прав человека, поэтому решение вопросов их безопасной обработки и хранения в настоящее время особенно актуально как в России, так и за рубежом. Принятый в Евросоюзе (ЕС) Общий регламент защиты данных (General Data Protection Regulation, GDPR) призван повысить защищённость ПДн, а также объединить и согласовать правила по их защите. Помимо ставших традиционными атрибутов (имя, фамилия и пр.) в соответствии с GDPR в понятие «ПДн» включаются IP-адреса и идентификаторы мобильных устройств – для получения информации о «цифровых следах в Интернете». Использование GDPR обязательно для обработки ПДн гражданина ЕС независимо от его местонахождения. К операторам обработки ПДн, не соблюдающим GDPR, применяются достаточно жёсткие штрафные санкции. В основу GDPR положены следующие принципы обработки ПДн: прозрачность, законные основания для обработки, ограничение заявленными целями обработки.

В РФ работа с ПДн регламентируется требованиями 152-ФЗ – федерального закона «О персональных данных», а также федеральным законом 519-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О персональных данных», в котором введён новый термин – «персональные

данные, которые субъект разрешил к распространению». Согласие на обработку ПДн должно содержать ФИО, номер телефона, адрес электронной почты или почтовый адрес субъекта владельца персональных данных, наименование и адрес оператора, получающего согласие, срок действия согласия, сведения об информационных ресурсах оператора, посредством которых он будет передавать доступ к данным неограниченному кругу лиц. Для выполнения требований GDPR в РФ необходимо внедрение эффективной и строгой политики управления данными и обеспечения их безопасности. Для этого целесообразна консолидация данных на одной унифицированной платформе управления данными, что позволит избежать утечек ПДн, дать четкую картину всех приложений и неструктурированных данных компании, обеспечить соответствие ключевым принципам GDPR, а при необходимости – продемонстрировать соблюдение требований законодательства регулирующим органам.

УДК 377

Орлов Н.А., Чеканова В.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ЭБС «ЮРАЙТ» ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Современные электронно-библиотечные системы (ЭБС) помимо предоставления цифрового доступа к библиотечным ресурсам обладают дополнительными возможностями, позволяющими использовать ЭБС в образовательном процессе, что оказалось востребованным в условиях дистанционного обучения.

Отличительными особенностями образовательной платформы ЭБС «Юрайт» применительно к организации учебного процесса являются достаточно простая интеграция с системой поддержки учебных курсов Moodle; возможность дистанционной организации занятий с использованием систем удалённой работы, в том числе Zoom, MS Teams, Discord; удобство поиска требуемого источника и навигации в обширном каталоге системы (по тематике, для высшего или среднего специального образования и т.д.); возможность цитирования фрагментов изданий и создания закладок; неограниченный доступ к «легендарным» изданиям.

Преподавателям ЭБС «Юрайт» предоставляет возможность удобного формирования учебного контента с использованием сервиса «гибких курсов», включающего предоставление учебного материала с последующей проверкой усвоенных студентами знаний в виде тестов,

размещённых в системе; использования специального сервиса – формирования «индивидуальной книжной полки преподавателя» (ИКПП); использования сервиса, позволяющего генерировать и скачивать рабочие программы; создания учебных групп в системе; оценивания цифровой активности студентов во время обучения; проведения удалённого экзамена с оформлением экзаменационной ведомости.

Студентам предоставляются возможность самостоятельной регистрации в системе с указанием учебного заведения и учебной группы; удобные сервисы для чтения и учебы, включая медиаматериалы по различным темам; возможность проверки знаний с помощью «умного» тестирования и отправки результатов преподавателю; использование мобильного приложения в учебном процессе с возможностью скачивания книг для чтения офлайн.

ЭБС «Юрайт» постоянно расширяет свои возможности для организации учебного процесса, делая его более комфортным и доступным как с точки зрения студента, так и преподавателя.

УДК 62-503.5

Ускембай В.А., Соболев А.В., Корольков П.В.

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

ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОЛОННОЙ СИНТЕЗА АММИАКА

Синтез аммиака протекает в колонне, содержащей четыре полки с катализатором и три межполочных секции, к которым подводится холодная смесь и тем самым осуществляется поддержание определенного температурного профиля по высоте колонны.

Ввиду невозможности определения значения некоторых параметров, имеющих нечёткий характер, наличие нечётких связей между ними и сложности самого процесса синтеза аммиака, для оптимального управления работой колонны следует применять методы нечёткого управления. Для эффективного управления колонной подача хладагента осуществляется в несколько секторов катализаторной коробки. Благодаря такому разделению удастся повысить количество управляющих воздействий и тем самым перейти к построению энергосберегающей САУ. Основная цель разделения технологического потока заключается в том, чтобы в результате анализа выявить зоны "неэффективного" использования катализатора и в дальнейшем перераспределить охлаждающий поток таким образом, чтобы «максимально» нагрузить зоны с высокой активностью катализатора.

Работа системы оптимального управления сводится к поддержанию экстремального значения выбранного критерия оптимальности с одновременным обеспечением заданных ограничений. Отличительной особенностью рассматриваемого процесса является нечеткий характер изменения как основной, так и вспомогательной технологических величин.

Общая постановка задачи оптимального управления колонной синтеза может быть представлена следующим образом:

$$I = \tilde{\Phi}(\bar{x}, \bar{u}, \bar{w}) \rightarrow \min_{\bar{u}} \left| \tilde{\varphi}_i(\bar{x}, \bar{u}, \bar{w}) = 0, i = \overline{1, \ell} \right.,$$

где $\tilde{\Phi}(\bar{x}, \bar{u}, \bar{w})$ - нечеткая функция, отражающая цель управления; \bar{x} - вектор регулируемых величин; \bar{u} - вектор управляющих воздействий; \bar{w} - вектор возмущающих воздействий; $\tilde{\varphi}_i(\bar{x}, \bar{u}, \bar{w}) = 0, i = \overline{1, \ell}$ - нечеткие ограничения, накладываемые на изменяемые величины.

В качестве критерия оптимальности может выступать совокупная величина потерь эксергии, которую необходимо свести к минимуму, при этом накладываются ограничения на выход продукта и температуру смеси. Формализованная постановка задачи управления представлена ниже:

$$I = \Delta \tilde{E} \rightarrow \min_{\bar{u}} \left| \begin{array}{l} \tilde{G}_{\text{ВЫХ}} \geq \tilde{G}_{\text{ВЫХ}}^{\min} \\ \tilde{T}_{\text{ВЫХ}}^{\min} \leq \tilde{T}_{\text{ВЫХ}} \leq \tilde{T}_{\text{ВЫХ}}^{\max} \end{array} \right.,$$

где $\Delta \tilde{E}$ - величина потерь эксергии на входе и выходе колонны синтеза, кДж; $\tilde{G}_{\text{ВЫХ}}$ - расход аммиака на выходе из колонны, м³/ч; $\tilde{T}_{\text{ВЫХ}}$ - температура газовой смеси на выходе из колонны, К.

В качестве вектора управляющих воздействий рассматривается расход хладагента, подводимого в соответствующий сектор межплочного пространства.

Другой оптимизационной задачей может быть максимизация выхода целевого продукта при ограничениях на максимальную величину потерь эксергии и температуру смеси. Формализованная постановка задачи управления в этом случае имеет вид:

$$I = \Delta \tilde{G}_{\text{ВЫХ}} \rightarrow \max_{\bar{u}} \left| \begin{array}{l} \Delta \tilde{E} \leq \Delta \tilde{E}_{\text{max}} \\ \tilde{T}_{\text{ВЫХ}}^{\min} \leq \tilde{T}_{\text{ВЫХ}} \leq \tilde{T}_{\text{ВЫХ}}^{\max} \end{array} \right.$$

Независимо от цели управления для решения оптимизационных задач применяются методы нечеткой оптимизации.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
СИНТЕЗА АММИАКА**

Для эффективного управления синтезом аммиака необходима разработка соответствующей математической модели, которая в полной мере раскрывает динамические и статические закономерности и особенности его протекания. Процесс получения аммиака основан на химической реакции взаимодействия азота и водорода:



Математическая модель процесса синтеза аммиака отражает протекание процессов тепло- и массообмена, кинетики химической реакции. При составлении модели принимаются ряд допущений: на входе в слой катализатора газовый поток полностью перемешан; давление в реакторе считается постоянным; обратный перенос тепла и массы в осевом направлении слоя не учитывается и т.д.

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.

Составленная таким образом модель позволяет провести ряд исследований и сделать выводы относительно влияния тех или иных факторов (концентрации компонентов, активность катализатора и т.д.) на выход продукта и оценить тепловые потери в процессе синтеза аммиака.

УДК 62-503.5

Астахова Т.А., Соболев А.В., Корольков П.В.

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

МИНИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭКСЕРГИИ В КОЛОННЕ СИНТЕЗА АММИАКА

Процесс синтеза аммиака сопровождается выделением большого количества энергии, а также преобразованием ее из одной формы в другую. При управлении колонной синтеза целесообразно так организовать подвод охлаждающих потоков, чтобы свести к минимуму поте-

ри энергии (эксергии) по высоте колонны. При этом выход целевого продукта, по-возможности, не должен снижаться.

В основе решения поставленной задачи лежит предварительный анализ состояния активности катализатора на разных полках и соответствующих секторах. Такой анализ позволяет выявить те зоны катализаторной коробки, которые имеют наименьшую эффективность, и, тем самым, даёт возможность в процессе управления колонной синтеза перераспределить охлаждающий поток, уменьшая затрачиваемую на процесс синтеза энергию. Процесс анализа работы колонны производится поступательно сверху вниз.

Помимо выбранного критерия оптимальности (потери эксергии), следует задаться ограничениями на изменяемые параметры. В качестве таковых выбираются выход продукта и температура на выходе из колонны синтеза аммиака. Особенностью представленных ограничений и функции цели является то, что они являются нечеткими переменными, связанные между собой нечеткими отношениями. Управляющей переменной в нашем случае будет расход хладагента, подаваемый после каждой катализаторной коробки. Решением будет некая область D , которая является пересечением нечётких множеств ограничений и функции цели.

$$D = \bigcap_{i=1,3} Y_i, \quad \mu_D(x) = \min_x \{ \mu_{Y_1}(x), \mu_{Y_2}(x), \mu_{Y_3}(x) \},$$

где Y_1 – нечёткое множество функции цели; Y_2 – нечёткое множество ограничений по выходу продукта; Y_3 – нечёткое множество ограничений по температуре газовой смеси; x – управляющая переменная.

Поиск оптимального режима работы колонны синтеза аммиака начинается с первого введения байпаса (перед второй катализаторной коробкой), так как на начальном этапе работы колонны мы повлиять на процесс синтеза не в состоянии. В камеру смешения подаётся хладагент с учётом первого выбранного для анализа режима работы колонны температурного профиля (10 – 20 – 5). На основании полученного расхода хладагента рассчитываются остальные параметры газовой смеси, поступающие на вход во вторую катализаторную коробку: температура, концентрации компонентов и потери эксергии.

Полученный расход хладагента подставляется в расчёт концентраций компонентов и температуры смеси в камере смешения, эти данные служат входными параметрами для второй катализаторной коробки. После рассчитываются потери эксергии в камере смешения (на выходе из первого слоя первой катализаторной коробки).

После камеры смешения газовая смесь поступает во вторую катализаторную коробку и после её прохождения расчёт расхода хладагента

и всех параметров газовой смеси повторяется по аналогичным формулам, отличие только в температуре, на которую необходимо охладить газовую смесь перед третьей катализаторной коробкой.

Далее рассматриваются все предложенные варианты температурных профилей для колонны синтеза аммиака, и по функциям принадлежности определяется степень значимости каждого параметра газовой смеси. Делается выбор в пользу минимального значения среди всех степеней принадлежности параметров газовой смеси при каждом варианте температурного профиля работы колонны.

Итоговый выбор делается в пользу максимального значения из минимальных среди степеней принадлежности выбранных параметров.

УДК 62-503.5

Орлов Н.А., Соболев А.В.

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

СТРУКТУРА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ САУ КОЛОННОЙ СИНТЕЗА АММИАКА

Одна из проблем производства аммиака связана с его высоким энергопотреблением и быстрым износом катализатора на полке, снижением его активности. Активность катализатора влияет на выход целевого продукта и поэтому является важным фактором при управлении процессом синтеза. Причиной её снижения является уменьшение работающей поверхности катализатора адсорбированным азотом. Такие изменения сложно отследить, так как активность изменяется неравномерно по всей ширине и высоте слоя катализатора, поэтому для его определения можно использовать методы нечёткой логики. Кроме этого для нормального синтеза аммиака необходимо поддержание определённого температурного режима, что можно обеспечить за счёт использования подвода свежего циркуляционного газа после каждой катализаторной коробки, что затрудняет возможность энергоэффективного управления колонной. Поддержание температурного режима в процессе синтеза аммиака является одной из важнейших задач, влияющее не только на выход целевого продукта, но и на энергоэффективность всего технологического процесса.

Возможным подходом к повышению энергоэффективности управления технологическим процессом является применение интеллектуальной энергосберегающей системы управления (ИЭСАУ), структура которой показана на рисунке.



Рис. Структура интеллектуальной ЭСАУ синтеза аммиака (БР – блок распределения, УУ – устройство управления)

В основе структуры ИЭСАУ используется блок распределения, который разделяет технологический поток на четыре части, каждая из которых направляется в свою зону катализаторной коробки. В результате возникает "избыточность" в управлении, благодаря которой существует возможность выявить зоны "неэффективного" использования катализатора мы сможем перераспределить охлаждающий поток таким образом, чтобы «максимально» нагрузить зоны с высокой активностью катализатора.

Работа системы управления сводится к следующему. На основании текущих значений входных и выходных величин производится оценка состояния технологического процесса (рассчитывается величина потерь эксергии) Устройство управления (интеллектуальный регулятор) на основании результатов оценки и предположения относительно распределения катализатора и его активности перераспределяет газовые потоки таким образом, чтобы обеспечить заданный выход продукта с одновременным повышением энергоэффективности.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Чумичев А.Л.

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

УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕЙ СТЕПЕНИ С ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Кубическое уравнение — алгебраическое уравнение третьей степени, общий вид которого следующий:

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0, \quad a \neq 0$$

Здесь коэффициенты a, b, c, d — вещественные или комплексные числа.

В III веке нашей эры древнегреческий математик Диофант нашёл целые и рациональные решения для некоторых кубических уравнений с двумя неизвестными. Численные методы решения кубических уравнений появляются в китайском математическом тексте Математика в девяти книгах, составленном около второго столетия до нашей эры. В средневековой Европе до XVI века успехов в решении кубических уравнений не было. Леонардо Пизанский, известный также как Фибоначчи (1170—1250), умел находить положительные решения кубического уравнения $x^3 + 2x^2 + 10x = 20$ с помощью вавилонских цифр. Над полем комплексных чисел, согласно основной теореме алгебры, кубическое уравнение $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$ всегда имеет 3 корня x_1, x_2, x_3 (с учётом кратности).

Все возможные случаи состава корней кубического уравнения исчерпываются тремя. Эти случаи легко различаются с помощью дискриминанта

$$\Delta = a^4 \cdot (x_1 - x_2)^2 \cdot (x_1 - x_3)^2 \cdot (x_2 - x_3)^2 = -4b^3 \cdot d + b^2 \cdot c^2 - 4 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot d - 27 \cdot a^2 \cdot d^2$$

Если $\Delta > 0$, тогда уравнение имеет три различных вещественных корня.

Если $\Delta < 0$, то уравнение имеет один вещественный и пару комплексно сопряжённых корней.

Если $\Delta = 0$, тогда хотя бы два корня совпадают. Это может быть, когда уравнение имеет двойной вещественный корень и ещё один отличный от них вещественный корень; либо все три корня совпадают, образуя корень кратности 3. Разделить эти два случая помогает результат кубического уравнения и его второй производной: у многочлена есть корень кратности 3 тогда и только тогда, когда указанный результат также равен нулю.

По теореме Виета корни кубического уравнения x_1, x_2, x_3 связаны с коэффициентами a, b, c, d следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 &= -\frac{b}{a} \\ x_1x_2 + x_2x_3 + x_1x_3 &= \frac{c}{a} \\ x_1x_2x_3 &= -\frac{d}{a} \end{aligned}$$

ПОДСТАНОВКИ ЭЙЛЕРА

Задана некая рациональная функция от x и $\sqrt{ax^2 + bx + c}$, т.е. $R(x, \sqrt{ax^2 + bx + c})$.

Суть подстановок Эйлера сводится к трём правилам:

1. Если $a > 0$, то полагаем $\sqrt{ax^2 + bx + c} = \pm \sqrt{ax} + t$.
2. Если $c > 0$, то полагаем $\sqrt{ax^2 + bx + c} = xt \pm \sqrt{c}$.
3. Если многочлен $ax^2 + bx + c$ имеет действительные корни x_1 и x_2 , т.е.

$ax^2 + bx + c = (x - x_1)(x - x_2)$, то допустимы такие подстановки:
 $\sqrt{ax^2 + bx + c} = t(x - x_1)$; $\sqrt{ax^2 + bx + c} = t(x - x_2)$.

Пример: Найти интеграл

$$\int \frac{(1 - \sqrt{1 + x + x^2})^2}{x^2 \sqrt{1 + x + x^2}} dx.$$

Решение. Применим 2-ю подстановку Эйлера

$$\sqrt{1 + x + x^2} = xt + 1; \quad 1 + x + x^2 = x^2 t^2 + 2xt + 1,$$

$$x = \frac{2t - 1}{1 - t^2}, \quad dx = \frac{2t^2 - 2t + 2}{(1 - t^2)^2} dt;$$

$$\sqrt{1 + x + x^2} = xt + 1 = \frac{t^2 - t + 1}{1 - t^2}, \quad 1 - \sqrt{1 + x + x^2} = \frac{-2t^2 + 1}{1 - t^2}.$$

$$\int \frac{(1 - \sqrt{1 + x + x^2})^2}{x^2 \sqrt{1 + x + x^2}} dx = \int \frac{(-2t^2 + 1)^2 (1 - t^2)^2 \cdot (1 - t^2)(2t^2 - 2t + 2)}{(1 - t^2)^2 (2t - 1)^2 (t^2 - t + 1)(1 - t^2)^2} dt =$$

$$= 2 \int \frac{t^2}{1 - t^2} dt = -2 \int \frac{-t^2 + 1 - 1}{1 - t^2} dt = -2 \int \left(1 + \frac{2}{1 - t^2} \right) dt =$$

$$= -2t + \ln \left| \frac{t + 1}{1 - t} \right| + C,$$

$$\text{где } t = \frac{\sqrt{1 + x + x^2} - 1}{x}.$$

УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОЙ СТЕПЕНИ

Уравнение четвёртой степени — алгебраическое уравнение вида $ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0$, при этом $a \neq 0$ и где a, b, c, d, e — любые числа.

Четвёртая степень для алгебраических уравнений является наивысшей, при которой существует аналитическое решение в радикалах в общем виде (то есть при любых значениях коэффициентов).

Решение уравнений высших степеней — история полная драматизма, разочарования и радости открытия. В течение почти 700 лет математики разных стран пытались найти приёмы решения уравнений третьей, четвёртой и более высоких степеней.

Необходимость решать уравнения не только первой, но и второй и высших степеней ещё в древности была вызвана потребностью решать задачи, связанные с нахождением площадей земельных участков и с земельными работами военного характера, а также с развитием астрономии и самой математики. Квадратные уравнения умели решать около 2000 лет до нашей эры вавилоняне.

Найденные формулы вычисления корней для уравнений третьей и четвёртой степени столь сложны, что ими практически не пользуются. Поэтому в современной математике разработаны методы, позволяющие находить с любой степенью точности приближенные значения корней уравнений. Использование компьютеров значительно облегчают эту работу.

Пусть исходное уравнение четвертого порядка было с единичным коэффициентом при старшей степени x , т.е. $x^4 + ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$.

Решение может быть найдено по методу Феррари. Если y_1 — произвольный корень кубического уравнения: $y^3 - by^2 + (ac - 4d)y - a^2d + 4bd - c^2 = 0$, (резольвенты основного уравнения), то четыре корня исходного уравнения находятся как корни двух квадратных уравнений

$$x^2 + \frac{a}{2}x + \frac{y_1}{2} = \pm \sqrt{\left(\frac{a^2}{4} - b + y_1\right)x^2 + \left(\frac{a}{2}y_1 - c\right)x + \frac{y_1^2}{4}},$$

где подкоренное выражение в правой части является полным квадратом.

Решение Декарта-Эйлера. Сделав подстановку $x = y - \frac{a}{4}$, получим уравнение в следующем виде (он называется «неполным»): $y^4 + py^2 + qy + r = 0$. Корни y_1, y_2, y_3, y_4 такого уравнения равны одному из следующих выражений: $\pm\sqrt{z_1} \pm \sqrt{z_2} \pm \sqrt{z_3}$, в которых сочетания знаков выбираются таким образом, чтобы выполнялось следующее

соотношение: $(\pm\sqrt{\varepsilon_1})(\pm\sqrt{\varepsilon_2})(\pm\sqrt{\varepsilon_3}) = -\frac{q}{g}$, причём z_1, z_2 и z_3 — это корни кубического уравнения $z^3 + \frac{p}{3}z^2 + \frac{p^2-4r}{12}z - \frac{q^2}{64} = 0$.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Толстых И.В.

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

ТЕОРЕМА ГУЛЬДЕНА

Теорема Гульдина имеет большое значение для математического анализа, а также физики, техники и механики, так как возникает необходимость применения неопределенного интеграла. Теорему Гульдина применяют для нахождения статических моментов и центров тяжести не только кривой, но и плоской фигуры, - что немаловажно для выше перечисленных наук. Важность данной темы можно показать, перечислив только задачи, решаемые с помощью теоремы: Найти статический момент обвода эллипса $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ относительно оси x (предполагая $a > b$). Если рассматриваемая дуга симметрична относительно некоторой прямой, то центр тяжести дуги необходимо лежит на этой прямой. В тех случаях, когда наперед ясно положение центра тяжести, теоремой Гульдина можно воспользоваться для определения площади поверхности вращения. Пусть, например, требуется определить величину поверхности кольца (тора), т.е. тела образованного вращением круга около оси, не пересекающей его. Найти статические моменты M_x, M_y и координаты центра тяжести фигуры, ограниченной параболой $y^2 = 2px$, осью x и ординатой, соответствующей абсциссе x . Если фигура имеет ось симметрии, то центр тяжести фигуры необходимо лежит на этой оси.

Первая теорема Гульдина. Площадь поверхности, полученной вращением кривой вокруг оси, равна длине кривой, умноженной на длину окружности, описанной центром тяжести кривой. В этой теореме предполагается, что кривая, которая вращается около оси, непрерывно дифференцируема, лежит в одной плоскости с указанной осью и по одну сторону от нее. Эта теорема позволяет иногда находить площади поверхностей вращения без вычисления интегралов. Например, найдем площадь поверхности тора, т. е. поверхности, образованной вращением вокруг оси окружности радиуса r , центр которой находится на расстоянии a от оси и окружность лежат в одной плоскости и не пересекаются, т. е. $a > r$. Поскольку длина вращаемой окружности равна $2\pi r$, а ее центр является и ее центром тяжести, то согласно формуле: $L = 2\pi a \cdot 2\pi r = 2\pi^2 ar$

Момент кривой Γ относительно оси y может быть вычислен по формуле $M_y = \int_a^b x \, ds$

В тех случаях, когда наперед ясно положение центра тяжести, теоремой Гульдина можно воспользоваться для определения площади поверхности вращения.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Никитин А.П.

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

РЕШЕНИЕ ИНТЕГРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ФОРМУЛЫ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ТРАПЕЦИЙ

Метод трапеций — метод численного интегрирования функции одной переменной, заключающийся в замене на каждом элементарном отрезке подынтегральной функции на многочлен первой степени, то есть линейную функцию. Площадь под графиком функции аппроксимируется прямоугольными трапециями. Алгебраический порядок точности равен 1.

Если отрезок $[a, b]$ является элементарным и не подвергается дальнейшему разбиению, значение интеграла можно найти по формуле

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{f(a) + f(b)}{2} (b - a) = E(f), \quad E(f) = -\frac{f''(\xi)}{12} (b - a)^3.$$

Это простое применение формулы для площади трапеции — произведение полусуммы оснований, которыми в данном случае являются значения функции в крайних точках отрезка, на высоту (длину отрезка интегрирования). Погрешность аппроксимации можно оценить через максимум второй производной

$$|E(f)| \leq -\frac{(b-a)^3}{12n^2} \max_{x \in [a,b]} |f''(x)|$$

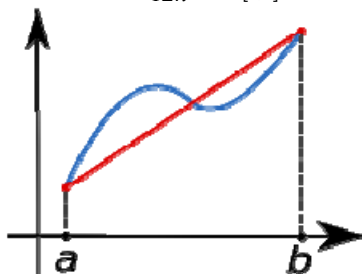


Рисунок 1 – Аппроксимация функции линейной зависимостью при интегрировании методом трапеции

Платонова О.Ю., Тришкин Д.С.
 (Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
МЕТОД ОСТРОГРАДСКОГО

Остроградского метод интегрирования рациональных дробей. Рассмотрим рациональную дробь – выражение вида $\frac{P_m(x)}{Q_n(x)}$, где числитель

и знаменатель – многочлены степени m и n соответственно. При этом мы будем рассматривать случай, когда дробь правильная, т.е. когда $m < n$, в противном случае сначала выделим «целую часть» дроби.

В случае, когда знаменатель рациональной дроби имеет несколько корней большой кратности и не имеет простых корней, при ее интегрировании удобно применять метод Остроградского.

Суть метода состоит в том, что интеграл представляют в следующем виде:

$$\int \frac{P_m(x)}{Q_n(x)} dx = \frac{R_{m_1}(x)}{S_{n_1}(x)} + \int \frac{T_{m_2}(x)}{U_{n_2}(x)} dx,$$

где знаменатель подынтегральной функции правой части – многочлен $U_{n_2}(x)$ – имеет лишь простые корни, причем они – все различные корни многочлена $Q_n(x)$; знаменатель первого слагаемого правой части – многочлен S_{n_1} – частное от деления многочлена $Q_n(x)$ на многочлен $U_{n_2}(x)$, а числители обоих слагаемых правой части – многочлены R_{m_1} и T_{m_2} – многочлены с неопределенными коэффициентами, степени которых на 1 меньше степеней соответствующих знаменателей.

После нахождения всех четырех многочленов правой части (это делается с помощью почленного дифференцирования выписанного выше равенства Остроградского полученный справа интеграл легко считается методом разложения на простейшие дроби, причем из-за того, что все корни знаменателя подынтегральной функции правой части простые, получаются табличные интегралы вида $\int \frac{dx}{x+a}$ и/или

$\int \frac{dx}{x^2+px+q}$, где $p^2 - 4q < 0$ – знаменатель дроби в подынтегральной функции последнего интеграла не имеет действительных корней.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Генетические алгоритмы – это алгоритмы поиска, построенные на принципах, сходных с принципами естественного отбора в генетике.

Обычно генетический алгоритм функционирует следующим образом:

1. Поисковое пространство представляется в виде множества особей (т. н. популяции);

2. Измеряется качество каждого элемента с помощью целевой функции;

3. Выбирается m пар родителей с наибольшими значениями целевой функции;

4. Каждая выбранная пара подвергается скрещиванию. Как правило каждая пара производит пару потомков;

5. Вновь полученные особи подвергаются воздействию мутирующего фактора. Вероятность мутации достаточно мала, но отлична от нуля;

6. Все вновь порожденные особи добавляются к исходной популяции. Затем популяция сокращается до начального размера путем удаления из нее части особей. Удаление осуществляется согласно критерию селекции, выбранному заранее.

Два основных оператора генетического алгоритма – оператор скрещивания для построения решений нового поколения и оператор мутации – изначально разрабатывались как аналоги процессов, протекающих в естественных системах.

Считается, что генетический алгоритм последовательно переходит от одной популяции к другой, не ухудшая текущего лучшего решения. Действительно, вместо того, чтобы исследовать все возможные комбинации элементов, генетический алгоритм строит все более и более хорошие решения, опираясь на лучших представителей предыдущих поколений. В этом случае задача сводится к выявлению наиболее перспективных схем и их последующему комбинированию.

Также генетический алгоритм удобно использовать как средство построения начальных точек для последующего запуска точного алгоритма в тех случаях, когда время работы алгоритма существенно зависит от стартовой точки.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Наиболее формальные статистические процедуры строятся на основе вероятностной модели для данных. Формулирование модели для конкретной прикладной задачи может оказаться решающим моментом. Всегда, когда это разумно и возможно, выгоднее использовать подходящую стандартную модель или ее минимальную модификацию. В этом случае широко доступны соответствующие методы анализа, включая и необходимые вычислительные программы. Очень часто полезно провести различие между моделью для детерминированной составляющей изменчивости изучаемого процесса и моделью для случайной составляющей. Противопоставления характеристики модели – детерминированной случайной не логически связаны между собой.

Хотя можно себе представить, что основные характеристики могли бы включать в себя или состоять лишь из случайных составляющих модели, но на практике это случается довольно редко. Если действие контролируемых переменных полностью охватывается детерминированной составляющей модели, то весьма вероятно, что именно детерминированные составляющие в целом или частично будут выступать как важнейшие характеристики модели.

Если контролируемые переменные имеют качественный характер, как, например, качественно различные воздействия на изучаемую величину, то необходимо описать, каким образом соответствующие характеристики отклика, например среднее, меняются с изменением уровней. Когда имеется несколько качественных переменных, то в попытке упростить описание обычно используются понятия главных эффектов и взаимодействий.

Часто требуется заменить множества данных, описывающих такие характеристики как тренд, положение, рассеяние и т. д. Эти итоговые статистики могут быть использованы следующими способами:

1. Как окончательный итоговый анализ, причем выводы получаются на основе обследования таблиц;
2. Как промежуточный этап анализа, а окончательный анализ будет состоять в исследовании того, как итоговые статистики, или производные величины зависят от контролируемых переменных;
3. Как основа для графического анализа.

**ПРЕДЕЛЫ, ПОРОЖДАЕМЫЕ КЛАССИЧЕСКИМИ
НЕРАВЕНСТВАМИ**

Для двух положительных чисел a и b , как известно, средним арифметическим называется число $(a+b)/2$, средним геометрическим – число \sqrt{ab} и средним гармоническим – $2ab/(a+b)$. Легко проверяется справедливость неравенства $2ab/(a+b) < \sqrt{ab} < (a+b)/2$ для любых положительных $a \neq b$.

Пусть даны два положительных числа $a, b, a < b$. Сосчитаем для них какие-нибудь две средние и получим числа a_1, b_1 . Для этих чисел опять найдём те же средние, которые равны a_2, b_2 и т.д. Получаем две числовые последовательности (a_n) и (b_n) .

Например, взяв среднее геометрическое и среднее арифметическое и отправляясь от чисел 1 и 3 получаем, $a_4 \approx 1,863616784$ и $b_4 \approx 1,863616784$.

Мы видим, что последовательности очень быстро сближаются. Оказывается, подобные последовательности всегда имеют общий предел и возникает вопрос его нахождения.

Пусть $a_{n+1} = 2a_n b_n / (a_n + b_n)$, $b_{n+1} = (a_n + b_n) / 2$, $a_0 = a$, $b_0 = b$, тогда из $a < a_n, a_{n+1} < b_{n+1} < b_n < b$ и из теоремы Вейерштрасса следует, что эти последовательности имеют пределы α и β соответственно. Перейдя к пределу $\beta = \lim_{n \rightarrow \infty} b_{n+1} = \lim_{n \rightarrow \infty} (a_n + b_n) / 2 = (\alpha + \beta) / 2$, откуда следует, что $\alpha = \beta$. Этот предел называется арифметико-гармоническим средним чисел a и b . Несложно доказать, что $\alpha = \sqrt{ab} = \beta$.

Нетрудно доказать, что $b_n - a_n = (b-a)/2^n$, т.е. эти последовательности достаточно быстро сходятся к \sqrt{ab} . Если положить, что $a = 1$ и $b = c$, то можно быстро вычислить \sqrt{c} . Процесс пойдёт быстрее, если взять a и b с небольшой разницей. Например, для $\sqrt{56}$ лучше взять не $a = 1$ и $b = 56$, а $a = 7$, $b = 8$.

Толстых И.В., Нифонтова Т.Ю.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Конструирование системы отопления начинается с выбора схемы разводки теплоносителя и места для размещения узла управления. Узел управления предназначен для подсоединения системы отопления к тепловой сети, распределения и приготовления теплоносителя для отопления и вентиляции, контроля и регулирования расхода теплоносителя.

При необходимости понижения температуры теплоносителя в узле управления предусматривают смеситель - элеватор или смесительный насос при теплоносителе воде либо регулятор давления при паре.

В одноэтажных производственных помещениях применяют, как правило, двухтрубные системы отопления с верхней или нижней разводкой, а также бифилярные.

Для сбора и удаления воздуха применяют воздухоотборники, устанавливаемые в верхних точках системы, и воздушные краны на нагревательных приборах в системах с нижней разводкой. Для опорожнения системы предусматриваются тройники с пробкой в наиболее низких точках, а при высокой температуре воды - спускные краны со штуцерами для присоединения шлангов.

Преимуществом систем отопления с нижней разводкой является упрощение монтажа и обслуживания, но несколько усложняются решения по удалению воздуха. Наиболее простой по конструкции является горизонтальная бифилярная система отопления. К недостаткам ее можно отнести необходимость установки воздуховыпускных устройств у каждого регистра и невозможность регулирования теплоотдачи отдельных отопительных приборов.

Далее конструирование системы отопления производится в следующей последовательности. Регистры размещают на плане здания и соединяют трубопроводами с узлом управления. Для рассматриваемого здесь примера принята однотрубная система отопления с нижней разводкой. План цеха с нанесением системы отопления представлен на рисунке 1.

Магистральные подающий и обратный трубопроводы системы отопления показаны на плане условно рядом.

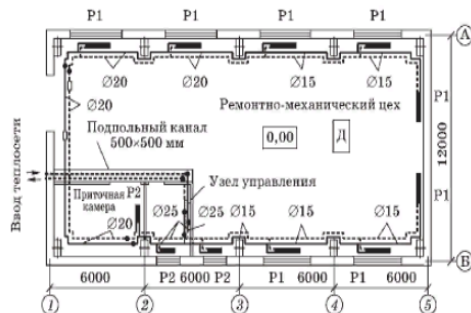


Рисунок 1. План с нанесением системы отопления

В соответствии с планом разрабатывается в масштабе аксонометрическая схема системы отопления с размещением отключающих и дренажных устройств. Уклоны трубопроводов для опорожнения системы отопления и удаления воздуха должны быть не менее 0,002. Следует обратить внимание на то, чтобы при подъеме трубопроводов вследствие уклона оставалось место под окном для размещения регистров и присоединения их к магистральным трубопроводам. Пример выполнения аксонометрической схемы приведен на рисунке 2.

Диаметры трубопроводов указываются после выполнения гидравлического расчета. Так как отопительные приборы находятся в одном помещении, регулирующая арматура (вентили) может быть установлена только на 50% нагревательных приборов. Запорная арматура предусматривается в узле управления и для отключения отдельных ветвей системы отопления.

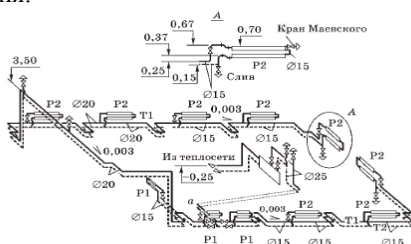


Рисунок 2 Аксонометрическая схема системы отопления [1]

Литература

1. Шумилов, Р. Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учебное пособие / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 336 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Данная дисциплина является основой графической грамотности которая приобретает особое значение в условиях современного производства, оснащенного станками с программным управлением, робототехникой и системами автоматизированного проектирования. Инженерная графика - это учебная дисциплина, изучающая вопросы изображения изделий на плоскости.

Все окружающие нас предметы (например, машины, приборы, здания или их части) можно изображать так, как они представляются нашему глазу, - при помощи рисунков или фотографий. В технике же принят другой способ их изображения - в виде чертежей. Предмет изображается на чертеже видимым с различных сторон. Это позволяет передать на чертеже форму предмета и указать все размеры, необходимые для его изготовления.

Графическая система AutoCAD разработана фирмой AutoDesk (США), предназначена для автоматизированной разработки и выпуска чертежно-конструкторской документации, а также для решения задач геометрического трехмерного моделирования. Название системы образовано сокращением от Automated Computer Aided Design. Первая версия программы появилась в 1982 году.

Рисунок в AutoCAD представляет собой файл описания графического изображения, который используется для отображения его на устройствах графического вывода (экране, принтере, графопостроителе). Рисунок - изображение на экране компьютера, сохраняемое в DWG-файле. Законченный рисунок - DWG-файл, предназначенный для совместного использования. Чертеж - рисунок, вычерченный на бумажном носителе в определенном масштабе. Рисунки формируются из набора графических примитивов - простых и составных. В качестве простых графических примитивов используют отрезки, окружности и дуги окружностей, точки, текстовые строки, полосы (трассы), плоские закрасненные фигуры и др. К составным примитивам относят такие графические объекты, как блоки, полилинии, размеры, штриховку, а также трехмерные полилинии, грани сети и др.

Техническая графика начала развиваться очень давно, примерно в середине XVII в., и дошедшие до наших дней некоторые чертежи и рисунки свидетельствуют о высоком искусстве их выполнения. С на-

чала XVIII в. технический рисунок все более уступает место чертежу. Уже в то время требовались чертежи достаточно сложных изделий и сооружений, и для выполнения таких чертежей нужна была специальная подготовка.

Чертежи того времени, выполненные нашими русскими чертёжниками и отличающиеся высоким качеством исполнения, вычерчены по правилам прямоугольных проекций, хотя в то время теория таких проекций широко не была еще известна.

Исторически первыми интерактивными графическими системами считаются системы автоматизированного проектирования (САПР), которые появились в 60-х годах. Они представляют собой значительный этап в эволюции компьютеров и программного обеспечения. В системе интерактивной компьютерной графики пользователь воспринимает на дисплее изображение, представляющее некоторый сложный объект, и может вносить изменения в описание (модель) объекта [1].

Таковыми изменениями могут быть как ввод и редактирование отдельных элементов, так и задание числовых значений для любых параметров, а также иные операции по вводу информации на основе восприятия изображений.

Системы типа САПР активно используются во многих областях, например в машиностроении и электронике. Одними из первых были созданы САПР для проектирования самолетов, автомобилей, системы для разработки микроэлектронных интегральных схем, архитектурные системы.

Такие системы на первых порах функционировали на достаточно больших компьютерах. Потом распространилось использование быстродействующих компьютеров среднего класса с развитыми графическими возможностями - графических рабочих станций.

Все технические чертежи в настоящее время выполняются по правилам, определяемым комплексом государственных стандартов (ГОСТ) под названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД).

Соблюдение этих правил обязательно для всех организаций и лиц. **ЕСКД** - комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями.

В последних версиях AutoCAD предусмотрена возможность стандартизации решений. Пока она сводится к установке наборов допустимых свойств именованных объектов, таких как слои, текстовые стили, типы линий, размерные стили.

Литература

1. Зуев С.А. САПР на базе AutoCAD, как это делается Текст. / С.А. Зуев, Н.Н. Полещук. СПб. : Из-во «БХВ-Петербург», 2019. - 1168 с.

УДК 515.18

Серегин И.М., Нифонтова Т.Ю.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.М.Менделеева)
**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»**

В процессе изучения дисциплины «Инженерная графика» происходит формирование различных общих и профессиональных компетенций.

ПК1.1. Использовать конструкторскую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей.

ПК1.2. Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК1.3. Составлять маршруты изготовления деталей и проектировать технологические операции.

ПК1.4. Разрабатывать и внедрять управляющие программы обработки деталей.

ПК1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей.

Компетентностный подход предъявляет свои требования и к другим компонентам образовательного процесса – содержанию, методам, педагогическим технологиям, организации педагогического процесса [1].

Ранее существующая модель преподавания графических дисциплин предусматривала модель, не требующую знания компьютера как средства управления графической информацией. Преимущества новых методов обучения – это развитие пространственного мышления, наглядность, параллельное обучение стандартам инженерной и компьютерной графики, творческий подход к выбору программного обеспечения, как инструменту реализации поставленной задачи. Такой подход требует и значительно больше времени на процесс обучения и техническое обеспечение, но активное развитие науки и техники определяет необходимость выпуска специалистов, которые могли бы быстро адаптироваться к современным производственно-техническим условиям.

Дисциплина «Инженерная графика» относится к общепрофессиональным дисциплинам и предоставляет учащемуся необходимый объём

ем знаний, на базе которых возможно успешное изучение других технических дисциплин. Графическая подготовка является непрерывной для технических специальностей на протяжении всего периода обучения, а не ограничивается изучением на втором курсе «Инженерной графики». Большую роль здесь играет курсовое и дипломное проектирование в рамках профессиональных модулей.

Работа на компьютерах построена так, что студенты не просто изучают графический пакет – AutoCAD или КОМПАС, а продолжают изучение инженерной графики. Наиболее эффективно организовать процесс обучения параллельно, сочетая ручную графику и выполнение чертежей на компьютерах. Студенты изучают компьютерную графику очень заинтересованно, и даже слабые студенты на таких занятиях работают с большим интересом. В дальнейшем студенты применяют полученные навыки работы в графических редакторах при изучении других технических дисциплин. За современными информационными технологиями большое будущее, но развитие у студентов пространственного воображения невозможно, используя только компьютер. Часть графических работ студенты должны выполнять на бумаге и часть – на компьютере. Выполнение работ на бумаге является обязательным, так как каждый технически грамотный специалист должен владеть чертежным инструментом. Чтобы достичь профессионального творческого мышления, необходимо обучение традиционным графическим приемам эскизирования.

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.

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 [2].

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 политра команд рисования и редактирования.

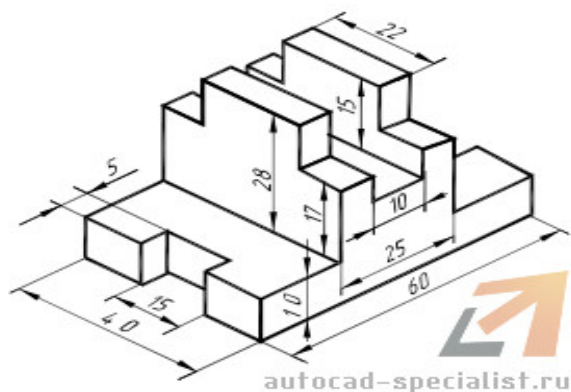


Рис. 1 Пример 3D чертежа в AUTOCAD

Литература

1. Редькин, В.Ф. Инженерная графика с основами проектирования / В.Ф. Редькин // «Технические науки – от теории к практике»: материалы X международной заочной научно-практической конференции. (28 мая 2012 г.); [под ред. Я. А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. - С. 7-13.
2. Лисицына, Л.С. Теория и практика компетентного обучения и аттестаций на основе сетевых информационных систем / Л.С. Лисицына. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2016. – 147с.

УДК 515.18

Раскучев П.А., Нифонтова Т.Ю.

Новомосковский институт (филиал) РХТУ им.Д.И.Менделеева
**РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ
 СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПРИ
 ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ**

В последние годы в условиях модернизации образования многие ученые связывают проблему формирования готовности специалиста к профессиональной деятельности в процессе обучения в Вузе с понятием профессиональной компетентности. Понятие компетентности согласно определению Дж. Равена: компетентность – это специальная способность, необходимая для выполнения конкретного действия в конкретной предметной области, включающая узкоспециальные знания, особого рода предметные навыки, способы мышления, а также понимание ответственности за свои действия. Решение проблемы раз-

вития профессиональной компетентности студентов технических специальностей в процессе обучения графическим дисциплинам лежит в области исследования процесса обучения и разработки новой оптимальной технологии обучения инженерной и компьютерной графики на основе компетентностного подхода и ориентированной на развитие компонентов профессиональной компетентности будущего специалиста [1].

Графические предметы для технической специальности являются первыми профессионально ориентированными дисциплинами, с которыми сталкивается студент. Успехи в освоении этих предметов служат индикатором будущей профессиональной состоятельности, так как невозможно представить себе специалиста, не владеющего графическим языком.

Одной из главных проблем высшего профессионального образования для технической специальности является противоречие между возрастающими требованиями к конкурентоспособности и профессиональной компетентности выпускников.

При разработке рабочей программы, основанной на компетентностном подходе, обоснована целесообразность соотношения целей, содержания, форм и средств технологии обучения графическим дисциплинам с компонентами профессиональной компетентности, детерминруемыми особенностями современной профессиональной деятельности специалиста.

Проблемы подготовки в вузе квалифицированного конкурентоспособного специалиста многие педагоги и психологи связывают с понятием профессиональной компетентности.

Профессиональная компетентность специалиста включает в себя общепрофессиональные и специальные качества, физиологический, психологический и морально-этический компоненты и зависит от социально-экономических требований современного общества. Структура профессиональной компетентности специалиста включает в себя такие составляющие, как когнитивный, аксиологический, коммуникативный, социально-психологический компоненты и профессиональный опыт [2].

В процессе обучения графическим дисциплинам в логике компетентностного подхода также развиваются следующие профессиональные компетенции (ПК):

ПК 1.5. контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

ПК 1.7. оформлять техническую документацию;

ПК 3.7. осуществлять технологический процесс в плановом режиме, в том числе используя программное обеспечение, компьютерные и телекоммуникационные средства.

Литература

1. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – Москва-Воронеж, 2022. – 355с.
2. Саитов Р.И. Новые информационные технологии в образовании. Технические средства. – Уфа.: БГПИ, 2016. – 25 с.

УДК 515.18

Егоров А.А., Нифонтова Т.Ю.

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

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРА НА МАТЕРИАЛАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

Информационные технологии стали частью всех сфер человеческой деятельности. Сектор образования не является исключением. Бурное развитие информационных технологий оказывает непосредственное влияние на изменение содержания учебных курсов и методов обучения. Использование информационных технологий в образовании стимулирует познавательную активность студентов и повышает эффективность самостоятельной работы. Применение ИКТ в образовательном процессе не может быть универсальным для всех дисциплин. В статье рассматривается использование электронных технологий в учебном курсе «Начертательная геометрия и инженерная графика».

Основные направления применения информационных технологий в преподавании курса «Начертательная геометрия и инженерная графика». Проектирование машин и механизмов связано с изображениями: рисунками, эскизами, чертежами. Это ставит перед графическими дисциплинами ряд важных задач, которые должны обеспечить будущих специалистов в области техники и технологий знаниями общих методов построения и чтения чертежей, а также решения большого числа разнообразных инженерно-геометрических задач, возникающих в процессе проектирования, конструирования, изготовления и эксплуатации различных технических объектов.

Дисциплина «Начертательная геометрия и инженерная графика» состоит из трех структурно и методически согласованных разделов: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика». Использование современных технологических ресурсов

в образовательном процессе стимулирует студентов к сознательному пониманию и усвоению учебного материала.

Среди наиболее перспективных направлений применения информационных технологий в преподавании курса можно выделить:

Первое направление - демонстрация теоретического материала. Данное направление основано на применении таких технологических ресурсов, как персональный компьютер и интерактивная доска. Такая форма подачи материала основана на традиционном содержании теоретического курса, однако, вследствие внедрения элементов визуализации, воспринимается студентами намного лучше, в чем можно убедиться, приняв во внимание положительную динамику контроля остаточных знаний.

Второе направление - дистанционные образовательные материалы. Очень большое количество вопросов курса вынесено на самостоятельное изучение студентами. Для лучшего усвоения учебного материала, а также для стимулирования самостоятельной работы учащихся этому аспекту в методике преподавания курса «НГ и ИГ» уделено особое внимание. На сегодняшний день разработано множество учебных пособий, презентаций, материалов для самоконтроля, видеолекций, которые доступны абсолютно любому пользователю сети Интернет.

Третье направление - чертежно-графические редакторы. Данные программы используются для выполнения лабораторных работ дисциплины. Работа в интерактивных редакторах освобождает студентов от кропотливых трудоемких работ, выполняемых в ручной графике. На выполнение чертежа затрачивается значительно меньше времени, он получается более качественный и аккуратный [1]. Графические редакторы также вносят немалый вклад в визуализацию чертежей, позволяют создавать объемные модели деталей, а также самостоятельно создавать сборочные единицы.

Последнее направление заключается в стимулировании познавательного интереса и, как следствие, познавательной активности студентов, а также способствует развитию личностных качеств учащихся при продвижении собственной идеи обновления или модернизации существующих материалов курса.

Начертательная геометрия, являясь одной из фундаментальных наук, составляет основу инженерно-технического образования [2]. Стоит отметить, что изучение данного курса также способствует развитию у студентов пространственного воображения - качества, являющегося показателем высокого уровня инженерного мышления специалиста.

Таким образом, можно сделать вывод, что современные информационно-коммуникационные технологии помогают реализовывать доступность теоретических материалов и наглядность практических материалов курса «Начертательная геометрия и инженерная графика». Хо-

телось бы отметить, что интеграция электронных и классических технологий при выборе методики преподавания немало способствует более успешному освоению курса и повышению уровня остаточных знаний студентов.

Литература

1. Внедрение современных информационных технологий для повышения эффективности изучения курса «Начертательная геометрия и инженерная графика» [Электронный ресурс] URL: <http://sibac.info/50-2011-12-21-06-47-18/2011-12-21-06-47-43/3795-1-r>
2. Использование информационных технологий при изучении курса «Начертательная геометрия и инженерная графика» [Электронный ресурс] URL: <http://ito.edu.ru/2010/MariyEl/II/II-0-44.html>

УДК 515.18

Чумичев А.Л., Нифонтова Т.Ю.

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

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

На современном этапе развития общества как никогда возросла социальная потребность в нестандартно мыслящих творческих личностях. Потребность в творческой активности специалиста и развитом мышлении, в умении конструировать и оценивать, рационализировать технику. Решение этих проблем зависит от содержания и технологии обучения будущих специалистов в системе среднего специального образования, а в частности системы преподавания общеобразовательной дисциплины «Инженерная графика».

Применение инновационных технологий в «Инженерной графике» позволяет отобрать нужное содержание и средства обучения в соответствии с программой ГОС СПС, современными требованиями производства и требованием выбранной специальности[1].

За счет лекции восприятие изучаемого материала становится менее интересным. Вместе с тем последние достижения техники приносят значительные изменения в понимание роли и способов использования информационно-коммуникационных технологий. Формирование информационно-технологических знаний и умений на уроках «Инженерной графики» способствует использованию в процессе обучения мультимедийных инструментальных систем.

Таким образом, создание электронного обучающего мультимедийного ресурса в «Инженерной графике» значительно увеличивает скорость и качество усвоения материала, существенно усиливает практическую направленность в целом и повышает качество образования.

Необходимость внедрения в сферу образования различных современных образовательных технологий, в частности компьютерных технологий, способствует более активному управлению учебно-познавательной деятельностью студентов. Методы обучения можно подразделить на методы преподавания, методы учения и методы контроля.

При изучении курса инженерной графики рассматриваются различные виды конструкторской документации, изучаются правила составления и оформления чертежей некоторых соединений и деталей в соответствии с действующими стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Целью данной работы является освоение способов построения сборочных чертежей и составление спецификации с применением знаний единой системы конструкторской документации, приобретение навыков пользования справочно-технической литературой[2].

Поиск новых форм и методик организации учебного процесса способствовал разработке альбома заданий для выполнения сборочных чертежей. Варианты заданий выполнены с помощью графической системы Компас 3D, AutoCAD и другие. Альбом содержит изображения аксонометрических проекций сборочных единиц, отдельные изображения всех входящих в ее состав оригинальных деталей.

Дидактический материал, базирующийся на теоретических аспектах, направлен на получение знаний, умений и навыков для освоения способов построения сборочных чертежей с применением знаний конструкторской базы резьбовых изделий и соединений. Учитывая уровень теоретической подготовки студентов и ограниченный объем учебного времени, предусмотренный для выполнения студентами графической работы по теме «Сборочный чертеж», важным является разработка методики и алгоритма выполнения графической работы.

Цель первого практического занятия сбор и анализ информации по результатам исследования графического задания, обсуждение полученной информации (наименование графического задания, его содержание, методические указания к его выполнению, требования к оформлению графической работы).

Для перехода от одного этапа работы к другому применяются визуальные средства: – схема процесса создания сборочного чертежа; – изображение аксонометрической проекции сборочной единицы с четвертным вырезом; – выполненные надписи, поясняющие наименования составных частей сборочной единицы; – указание параметров стандартных изделий и соответствующие им номера стандартов.

Студентам необходимо проанализировать чертежи, сравнить и выбрать нужные стандартные изделия, провести компоновку сборочного чертежа стандартными резьбовыми изделиями (детальями), входящими

в сборочную единицу. По всему вышесказанному можно сделать вывод: необходимо внедрять мультимедийные технологии в такую общеобразовательную дисциплину как «Инженерная графика» для более лучшего восприятия материала и умения применять современные технологии компьютеризации в тех или иных видах черчения.

Литература

1. Гречишникова И. В., Мезенева Г. В. Инженерная графика: учеб. Пособие. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. — 231 с.
2. Аверин В. Н. Компьютерная инженерная графика: учеб. Пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Н. Аверин. — 5-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 224 с.

УДК 515.18

Тришкин Д.С., Нифонтова Т.Ю.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ
ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ**

Средства визуального отображения графической информации широко используются во всех сферах жизни общества. Перестройка проектно-конструкторской деятельности предприятий на основе новых информационных технологий требует от средних специальных учебных заведений подготовки специалистов, владеющих средствами компьютерной графики и автоматизированного проектирования изделий.

У студентов должно быть сформировано целостное представление о возможностях компьютерной графики. Необходимо эффективно сочетать технологии выполнения чертежей ручным и машинным способом. Инженерная графика - одна из самых сложных и трудоемких дисциплин общетехнического цикла. Перспективы использования компьютеров на уроках инженерной графики давно находятся в центре внимания.

Невозможно представить современное промышленное предприятие или проектно-конструкторское бюро без компьютеров и специальных программ, предназначенных для разработки конструкторской документации или проектирования. Применение вычислительной техники в области проектирования стало свершившимся фактом и доказало свою высокую эффективность. Рыночные отношения и жесткая конкуренция заставляют руководителей предприятий и специалистов заниматься вопросами автоматизации проектно-конструкторских и технологических отделов.

Задачи обучения компьютерной графике:

1. Формирование творческого воображения, образно-графического и технического мышления.
2. Овладение компьютерными технологиями для получения графических изображений.
3. Значительное ускорение процесса создания чертежей.
4. Повышение инженерно-информационной культуры студента.

Переход на автоматизированное проектирование позволило сократить не только сроки разработки конструкторской и технологической документации, но и существенно повысить качество создаваемых изделий и выпускаемых документов. Компьютерные программы становятся необходимой частью учебного процесса [1].

Студенты, изучившие основы трехмерного моделирования, становятся специалистами высокого класса, обладающими всеми необходимыми в современных условиях профессиональными навыками.

Это необходимо для того, чтобы молодой специалист пришел на производство, в конструкторское или технологическое бюро, подготовленным для эффективного использования современных методов автоматизированного проектирования.

Стремительное развитие информационных технологий непосредственно влияет на изменение содержания, методов и организационных форм образования.

При этом перед педагогами встает вопрос соотношения применения традиционных составляющих учебного процесса и новых информационных технологий. Бесспорно то, что использование информационных технологий обучения открывает значительные возможности для стимулирования познавательного интереса, повышения познавательной активности студентов, индивидуализации и дифференциации обучения, возрастания эффективности.

Но нельзя забывать и о том, что информационные технологии самостоятельной работы, что приводит к существенному повышению качества подготовки студентов в образовании необходимо применять только в тех случаях, когда это дает реальные преимущества перед традиционными формами обучения [2].

Инженерная графика - одна из немногих учебных дисциплин, которая идеально интегрируется в компьютерные технологии и предполагает возможность широкого использования интерактивных дидактических средств, автоматизированных обучающих систем, мультимедийных средств представления информации, тестового контроля.

Использование компьютерных технологий в инженерном образовании стало социально-экономической потребностью, а инженерно-

графическое образование, реализуемое без применения информационных технологий, не может считаться современным.

Литература

1. Векслер В.А., Баженов Р.И. Формирование модели обучения взрослых основам информационных технологий: региональный аспект: монография. Биробиджан: Издательский центр ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2014. 126 с.
2. Штепа Ю.П. Оценка сложности графического моделирования // Информатика и образование. 2014. № 2 (251). С. 66-67.

УДК 515.18

Машкова С.С., Казиева Л.В.

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

ОЧНО-ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ САМО- СТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Развитие информационных технологий создает принципиально новые возможности для реформирования сложившейся методологии образования и формирования высококачественной и высокотехнологичной информационно-образовательной среды, а интегрирование системы образования и сети Интернет предоставляет возможность для создания и развития единой системы дистанционного обучения в России.

Применение инновационных подходов и методов организации дистанционного обучения в условиях информатизации общества позволит решить множество проблем, связанных с осуществлением образования и формированием у студентов навыков самообразования на основе базовых знаний, полученных в процессе обучения. В связи с этим огромное значение приобретает организация самостоятельной работы студентов (1).

Существенную помощь в проведении самостоятельной работы студентов на сегодняшний день оказывает использование новых информационных технологий или средств (НИТ). Одним из вариантов применения НИТ в самостоятельной работе являются обучающие программы различных видов, которые предоставляют студенту возможности для самопроверки, закрепления полученных знаний и формирования определенных умений и навыков.

Перспективной является система дистанционного обучения, которая позволит обеспечить дополнительную автоматизацию и информатиза-

цию очного обучения, значительно расширит возможности для творческой работы студентов, избавит от многих рутинных обязанностей.

Дистанционное обучение направлено на организацию продуктивной самостоятельной учебно-познавательной деятельности обучающегося (2).

Дистанционное обучение позволяет реализовать такие характерные черты самостоятельной работы, как:

- составление банка практических заданий по изучаемой дисциплине;
- отсутствие непосредственного участия преподавателя в выполнении задания;
- наличие специально предоставленного для выполнения задания времени;
- наличие опосредованного управления преподавателем самоуправляемой учебно-познавательной и учебно-практической деятельностью обучающегося;
- преподавание целенаправленно содействует эффективному учению, самообучению, самообразованию и др.

Данная перспективная система образования не только вооружает знаниями студента, но и вследствие постоянного и быстрого обновления информационного поля многих профессий создает потребность в самостоятельном непрерывном овладении ими, а также формирует творческий подход к эффективному познанию нового в течение всей активной жизни человека.

Рассмотрение ведущих условий эффективности самостоятельной работы студентов в очно-дистанционном обучении позволяет заключить, что организованная на уровне современных требований самостоятельная работа занимает особое место в учебном процессе и всей системе образования и способна внести свой весомый вклад и стать серьезным средством подготовки высокопрофессиональных специалистов.

УДК 515.18

Селезнев С.С., Казиева Л.В.

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

ВОЗМОЖНОСТИ ГРАФИЧЕСКОГО ПАКЕТА AUTOCAD И ОСОБЕННОСТИ ЕГО РАБОТЫ

В современном мире непрерывно идет процесс автоматизации трудовой деятельности. Прогрессируют технологии по всему миру и вместе с этим развиваются средства их производства. На таком высоком

уровне недопустимы ошибки, вследствие чего все чаще расчеты и моделирование доверяется автоматическим устройствам. Про Автокад хотя бы раз слышал каждый AutoCAD является одной из наиболее распространенных программ. Его широко применяют выпускники строительных учебных заведений и прочие смежные специальности. Однако, программа имеет широкий спектр тонкостей, которые необходимо соблюдать и грамотно использовать при работе. Даже самые опытные пользователи не всегда знают абсолютно все возможности. Эта статья позволит повысить грамотность студентов, молодых специалистов.

Автокад — это программа для работы с проектами в трехмерном пространстве Автокад — это специализированная программная система, предназначенная для работы с проектами в трехмерном пространстве. Она позволяет корректировать здания и сооружения, демонстрируя изменения в объемном формате. Также пользователю доступен режим черчения в двухмерном пространстве. Данное программное обеспечение функционирует за счет автоматизации используемых инструментов и осуществляемых ими процессов, что существенно расширяет спектр инженерных возможностей. На сегодняшний день Автокад получил широкое распространение по всему миру. Использование Автокада в работе подразумевает получение следующих преимуществ: Значительное сокращение временных затрат на разработку проектов. Улучшение качества производимого продукта за счет увеличения точности черчения. Многократное использование одного чертежа в качестве базы для разработки подобных проектов. Доступность специфического набора чертежных инструментов, объединяющих в себе функционал более простых. Возможность интегрированной работы с прочими типами трудовой деятельности. Повышение производительности трудовой деятельности.

Описываемая программа является сложной системой, включающей перечень утилит, работающих на её основе. За ними закреплены отдельные функции для определенных областей строительства, формирующие полноценное программное обеспечение. Автокад получил широкое распространение благодаря доступному интерфейсу и широкому функционалу. Бесспорно, огромное количество возможностей требует индивидуального упорядочивания для каждого пользователя, что зачастую требует временных затрат. Благодаря автоматизации проектировочного процесса программное обеспечение нашло свой положительный отклик среди представителей следующих областей индустрии: архитектура, машиностроение, строительство. Представители данных трудовых областей с различной степенью полезности

применяют Автокад в своей трудовой деятельности. Некоторые задействуют определенный спектр возможностей, другие же применяют ограниченный функционал, полагаясь на собственное чутье.

Так или иначе, применение Автокада на любых этапах проекта позволит сократить трудовые затраты и увеличить точность, нивелировав возможные ошибки в будущем.

УДК 004.6

Гольцверт М.А., Зубков А.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ОБ ОСНОВНЫХ ОТЛИЧИЯХ МУЛЬТИОБЛАЧНЫХ
ПЛАТФОРМ**

В настоящее время представителям крупного территориально-распределённого бизнеса необходимо обеспечить высокую скорость и доступность своих сервисов и услуг с обязательным соблюдением всех требований местного законодательства по хранению персональных данных. Использование для этих целей какой-то одной облачной платформы связано с потенциальными рисками временной недоступности сервиса как в связи с возможными аварийными ситуациями или блокировками локальных надзорных органов, так и с утратой данных и снижением уровня обслуживания. Использование мультиоблачного подхода позволяет сократить время недоступности сервиса при аварии путем его оперативного переключения, обеспечить сохранность данных резервным копированием на другой площадке, а недостающие или более дешевые сервисы можно оперативно получить у другого провайдера. Тем не менее, применение мультиоблака при объединении разнородных ИТ-инфраструктур может вызвать сложности при управлении, а также привести к ограничению функциональных возможностей и уменьшению гибкости всей платформы в целом из-за отсутствия единых стандартов. Также провайдеры, как правило, не стремятся использовать мультиоблако: в конкурентной борьбе за клиентов они стараются использовать проприетарные сервисы, не допуская ухода клиента на другую платформу. Успешным вариантом использования мультиоблака является использование технологий Kubernetes и Docker, обеспечивающих возможность запуска приложений на любой платформе благодаря обеспечению их единого формата, а также масштабирования приложений из единой панели управления. При переходе к мультиоблаку необходимо учитывать необходимость использования базовых сервисов, воспроизводимых любой из облачных платформ с обязательным тестированием мультиоблачной конфигурации в виде

отключения одного из провайдеров и проверки работоспособности инфраструктуры. Основная задача мультиоблачной облачной платформы состоит в том, что конечный клиент не должен замечать изменений в уровне сервиса при переходе с одной платформы на другую. Для этого провайдеры при объединении предоставляют услуги в рамках многоплечевой облачной платформы, взаимовыгодные для всех участвующих сторон.

УДК 004.6

Зубков А.А., Гольцверт М.А., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ТЕХНОЛОГИИ BITLOCKER
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ**

При необходимости защиты ценной информации, хранящейся на персональном компьютере, в частности – на ноутбуках – или каких-либо съемных устройствах хранения информации, целесообразно использование шифрования данных. BitLocker (BitLocker Drive Encryption) – это технология шифрования содержимого дисков компьютера от компании Microsoft, позволяющая шифровать тома жестких дисков, съемных дисков и флэшек. Технология BitLocker основана на полном шифровании тома, выполняемом с использованием алгоритма AES. Для безопасного хранения ключей шифрования могут использоваться пароли, TPM (Trusted Platform Module), криптографические токены или смарт-карты. При использовании BitLocker необходимо учитывать, что шифрование системных дисков может привести к существенному снижению скорости работы. Работа с BitLocker осуществляется в следующем порядке: создание ключа шифрования тома (FVEK); шифрование FVEK при помощи ключа VMK (volume master key), при этом недопустимо попадание FVEK на диск в расшифрованном виде; шифрование VMK способом по выбору пользователя (по умолчанию с помощью ключа SRK (storage root key), хранящегося на криптографической смарт-карте или токене); защита ключей шифрования несистемных и съёмных дисков с помощью смарт-карты, токена или TPM. При этом каждый сектор тома шифруется отдельно, а часть ключа шифрования определяется номером этого сектора. Поэтому два сектора, содержащие одинаковые незашифрованные данные, будут в зашифрованном виде выглядеть по-разному, что сильно затруднит процесс определения ключей шифрования путем записи и расшифровки заранее известных данных. Использование BitLocker позволяет обеспечить конфиденциальность данных, даже если зашифрованный носи-

тель вставлен в другой компьютер, что существенно затрудняет деятельность хакеров. Для возможности восстановления данных в случае возникновения непредвиденных ситуаций BitLocker в обязательном порядке предлагает создать ключ восстановления, который необходимо хранить в распечатанном виде в безопасном месте. BitLocker представляет собой достаточно надежное средство для обеспечения конфиденциальности данных, но не отменяет использование остальных защитных и управляющих мер.

УДК 004.6

Раскучев П.А., Серегин И.М., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ НА LINUX

В настоящее время особенно актуальны вопросы защиты результатов интеллектуального труда или коммерческих секретов, конфиденциальных данных организаций и частных лиц от действий злоумышленников в первую очередь – при утрате физического носителя данных. Достаточно успешно для этих целей используется шифрование данных. Операционные системы различных семейств применяют различные способы шифрования, например, в семействе Linux используется TrueCrypt, взятый в качестве основы форка (ответвления от основной разработки) VeraCrypt. VeraCrypt использует для шифрования алгоритмы AES, Serpent, Twofish, а также их сочетания. VeraCrypt обладает следующими важными свойствами: за счёт использования открытого исходного кода можно убедиться в отсутствии случайных ошибок, различного рода уязвимостей, специально оставленных «люков» для последующего скрытого доступа к зашифрованной информации; использование отрицаемого шифрования или правдоподобного отрицания наличия шифрования данных позволяет скрыть данные от злоумышленников, не имеющих подлинного ключа шифрования; использование каскадного шифрования – после первичного шифрования данные ещё раз шифруются с использованием другого метода шифрования; возможность работы в среде различных операционных систем, в том числе Windows, MacOS и FreeBSD; возможность создания зашифрованных дисков внутри файлов, а также шифрования системных и несистемных разделов/дисков; возможность создания скрытых копий ОС Windows, а также создания дополнительных скрытых томов в уже зашифрованных разделах; использование в качестве пароля любых файлов, а также смарт-карт в качестве ключа; необходимость настройки автомонтирования диска (раздела диска) или флешки (тома) в соот-

ветствии с инструкцией после их шифрования. Использование VeraCrypt обеспечивает защиту информации при утрате физического носителя, но не способно противостоять шпионскому программному обеспечению, в частности – кейлогерам, и уязвим для атак методом, известным как атака с холодной загрузкой. Также VeraCrypt не защищает данные на компьютере, если злоумышленник получил к нему физический доступ, и в случае, если VeraCrypt используется на зараженном компьютере, в связи с чем необходимо соблюдать требования безопасности.

УДК 004.8

Серегин И.М., Раскучев П.А., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ И ПЕРСПЕКТИВАХ «УМНЫХ» УСТРОЙСТВ

Умные устройства – это функциональная и высокотехнологичная система, которая объединяет все домашние коммуникации в единую сеть под управлением искусственного интеллекта. Она имеет модульную структуру, благодаря чему характеризуется высокой гибкостью настроек и возможностью подбора нужных элементов в соответствии с потребностями и пожеланиями владельца. «Интеллект» «умных» устройств определяется возможностью подключаться к беспроводной сети и позволять пользователям управлять ими удаленно при помощи смартфонов и планшетов.

Спрос на «умные» устройства является достаточно устойчивым во всем мире, несмотря на пандемию и принятые в связи с ней ограничения. Особенно активный интерес у пользователей вызывают голосовые помощники для управления устройствами «умного дома», устройства «носимой» электроники для контроля состояния здоровья (например, «умные» часы и фитнес-браслеты), трекеры для отслеживания местонахождения животных и т.д. Список «умных устройств» постоянно расширяется: от стиральных машин, холодильников и пылесосов до осветительных приборов, зарядных устройств и одежды (курток с подогревом).

Несмотря на достаточно широкое использование «умных» устройств, часть пользователей не стремится их использовать, связывая свое нежелание с кажущимся отсутствием практического смысла: управлять устройством можно и непосредственно – без использования смартфона или планшета, а также с отсутствием взаимодействия «умных» устройств между собой (соответствующих стандар-

тов/протоколов) и необходимостью постоянной подзарядки автономно работающих устройств.

Основной тенденцией развития «умных» устройств является создание экосистем продуктов на основе ряда датчиков, позволяющих отслеживать различные параметры с целью ресурсосбережения – компоненты «умного» дома. Достаточно перспективно использование «умных» устройств с целью обеспечения безопасности (камеры слежения, датчики открытия/закрытия, использование беспилотников для наблюдения и т.д.). Также важным является направление применения «умных» устройств для контроля состояния здоровья пользователя.

УДК 004.8

Шорохов С.Р., Саятин В.В., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ АРХИВОВ

В настоящее время ускорился переход к системам электронного документооборота (СЭД). В отличие от «бумажного» документооборота, при котором носитель и формат информации оставались неизменными в течение долгих промежутков времени, при электронном документообороте (ЭД) изменение носителей и формата данных происходит достаточно быстро, поэтому целесообразно использование единого хранилища документов для цифрового преобразования и управления информацией. Электронный архив (ЭА) призван обеспечить удаление старых версий и мгновенный поиск необходимой информации в нужный момент, а также достичь соответствия внутренним политикам и внешним требованиям в области ЭД. Основное достоинство ЭА – возможность использования единого хранилища документов для всех информационных систем, что обеспечивает сокращение затрат и сроков реализации проектов, а архивные документы предоставляют информацию, улучшающую управление бизнес-процессами всей организации. Такие функции современных ЭА, как автоматическая классификация и объединение записей, помогают сотрудникам больше сосредоточиться на своей работе и меньше – на управлении документами: первая позволяет избежать ошибок при декларировании новых записей в архиве, а вторая – устанавливать связь с другими системами, идентифицировать записи и помещать их в соответствующие графики управления и хранения без негативного влияния на бизнес-процессы. Систему ЭА нужно дублировать для надежного восстановления и защиты от несанкционированного доступа. Также

необходимо обеспечить поддержку аудиторского следа, чтобы сохранить историю всех изменений записи. Система должна позволять вести архив всех документов компании в соответствии с рекомендациями Росархива; поддерживать возможности формирования номенклатуры дел для документов, обрабатываемых как в СЭД, так и в других учетных системах; обеспечивать учет выдачи оригиналов документов, контроль сроков их возврата в архив; осуществлять поиск нужных документов (полнотекстовый поиск, поиск по штрихкоду). Любые СЭД и архивные решения работают оптимально, будучи тесно интегрированными в бизнес-процессы компании и сопровождающие их ИТ-инструменты.

УДК 004.8

Багирова Л.М., Зуев О.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АНАЛИЗ ДЕЗИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТ

Проблема отбора качественной и достоверной информации является одной из характерных черт поиска информации в сети Интернет. Современный пользователь обладает неограниченным доступом к различным источникам информации, но не всегда способен определять её качество. Современной особенностью отношения к информации является то, что пользователь способен найти информацию, но затрудняется строить причинно-следственные связи для ее анализа.

Различают дезинформацию полностью не соответствующую действительности и содержащую долю правды (вырванную из контекста случайно или умышленно). Условно дезинформацию можно разделить на обман конкретного человека или группы лиц; манипулирование поведением людей на основе сложившихся у них иллюзий; создание общественного мнения о возникших проблемах.

Серьезной проблемой является также то, что большинство людей не проверяют источник материала, прежде чем поделиться им в сети, что приводит к быстрому распространению фейковых новостей.

Разработан комплекс законов о средствах массовой информации, которые юридически не должны позволять дезинформации проникать в СМИ, но необходимо учитывать, что информацию можно подавать и в таком виде, который соответствует ожиданиям определённых лиц, и которую необходимо опубликовать для представления чьих-либо интересов.

При анализе информации следует отличать рекламные предложения от дезинформации: преувеличение в рекламе это не то же, что

внедрение дезинформации. Передача новостей через интернет-сообщества зачастую приводит к тому, что после каждого репоста теряется какая-либо часть информации, поэтому для составления мнения о достоверности информации следует обнаружить ее первоисточник. Чтобы избежать ситуации утопления в информационном шуме, нужно перестать интересоваться новостями и темами, отвлекающими внимание, сократить время пребывания в социальных сетях, почистить закладки, новостную ленту, а также ограничить время для проверки почты и комментирования.

При отсутствии нужного объема знаний в интересующей сфере необходимо получать информацию из нескольких разных независимых источников.

УДК 004.8

Артамонов П.С., Черногаев Д.А., Гербер Ю.В., Моисеева И.Д.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Мобильные приложения перед выходом на рынок должны быть обязательно проверены с использованием различных устройств и конфигураций на отсутствие потенциальных ошибок и проблем. При тестировании мобильных приложений могут использоваться различные способы.

Например, эмуляторы и симуляторы обеспечивают возможность запуска тестируемого приложения на виртуальном аналоге устройства и работы автотестов, но в ряде случаев их использование ограничено или невозможно, если требуется проверить приложение в реальных условиях на реальном устройстве.

Облачные фермы при тестировании позволяют взаимодействовать как в ручном режиме, так и с использованием автоматических тестов пользователя. Основными достоинствами облачных ферм являются возможность бесплатной работы или выбора подходящего тарифа, включая корпоративный, оперативность добавления новых флагманов, отсутствие необходимости покупки реальных устройств, возможность работы практически с любым устройством, отсутствие затрат на поддержку и ремонт тестовых устройств. Недостатки – достаточно частая ориентированность на линейку устройств конкретной компании, сложности работы при одновременном тестировании нескольких устройств, отсутствие гарантии безопасности данных.

Использование локальных ферм позволяет защитить данные, сни-

мает зависимость от вендора, но требует высокой компетентности от специалистов, проводящих тестирование.

Если при тестировании не требуется слишком сложных с точки зрения поддержки решений, можно использовать реальные устройства. При этом будут обеспечены возможность работы с анимацией, бесконтактной оплатой, камерой и пр. в максимально приближенной к пользователю среде. Недостатком использования реальных устройств является высокая стоимость поддержки, а также необходимость постоянного обновления их модельного ряда.

В ряде случаев перечисленные методы могут быть взаимодополняемыми, для обеспечения лучшего результата в зависимости от тестируемого устройства для повышения качества проводимого тестирования и – как результат – тестируемого устройства.

УДК 004.8

Фомин К.С., Соколов И.С., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ЭФФЕКТИВНОЙ МАСКИРОВКИ ДАННЫХ

Взросший объём обрабатываемой информации требует разработки специальных решений для защиты конфиденциальных данных клиентов организаций от различных способов утечки и перехвата информации. Основной проблемой защиты конфиденциальных данных в информационных системах является то, что действия пользователей, имеющих правомерный доступ к информации, зачастую не отличимы от действий злоумышленников. Традиционные методы защиты информации (разграничение доступа, системы предотвращения вторжений и т.д.) теряют свою эффективность, в связи с чем необходима разработка и внедрения новых методов и подходов к защите данных. На начальном этапе необходимо определить возможные каналы утечек и определить требуемый подход к обеспечению защиты данных в реальном времени. При этом может возникнуть необходимость привлечения «внешних» специалистов, как для проведения аудита, так и для разработки и внедрения системы защиты.

Одним из способов защиты является маскирование данных с сохранением их структуры, при этом – в отличие от шифрования – восстановить исходный набор значений невозможно. В качестве алгоритмов маскирования применяются методы псевдонимизации, обфускации и скремблирования в зависимости от целей и особенностей использования маскированных данных.

Применение динамической маскировки позволяет скрывать в бизнес-приложениях часть сведений от пользователей с недостаточно высоким уровнем доступа, оставляя им только необходимые для работы данные. Статическая маскировка предусматривает создание модифицированной копии данных либо изменение самой исходной базы, при этом в копии актуальная информация заменяется на похожую таким образом, чтобы ее нельзя было восстановить. Основным методом маскирования является замена значений полей на ложные и перемешивание внутри колонки значений полей разных записей. Использование маскирования корпоративных данных позволяет обеспечить повсеместную защиту данных и создать комплексную инфраструктуру безопасности при взаимодействии с разработчиками, аналитиками и специалистами по тестированию любого программного обеспечения.

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 66.045.14

Макеев А.М., Макрушин В.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОВОДЯНЫХ СТРУЙНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В последнее время возрос интерес к применению струйных аппаратов в качестве теплообменников на объектах промышленной и гражданской энергетики. Эти аппараты привлекательны прежде всего низкими капитальными и эксплуатационными затратами по сравнению с кожухотрубчатыми подогревателями. Это различного рода пароводяные струйные аппараты (ПСА) или пароводяные инжекторы и струйные подогреватели.

Рабочим телом в ПСА является пар, а инжектируемым - вода. В таких аппаратах используется явление возникновения скачка давления при торможении сверхзвукового потока пароводяной смеси, а конденсация пара происходит в скачке давления. В отличие от теплообменников рекуперативного типа, в которых теплообмен между теплоносителем и нагреваемой водой происходит через стенку, в ПСА передача тепла от пара к воде происходит при смешении пара и воды, т.е. при конденсации пара его теплосодержание передается воде практически без потерь. В качестве другого достоинства ПСА отмечается наличие насосного эффекта, однако надежная работа ПСА без насосов на практике возможна, по-видимому, лишь на аккумуляторный бак. Наиболее известными ПСА являются трансзвуковые аппараты «Фисоник», «Транссоник», ТСА.

Вместе с тем существует и комплекс проблем при применении ПСА, например, высокий уровень шума и вибраций, что может приводить к необходимости их монтажа в отдельном помещении или на улице. Другим ограничением является узкий диапазон применяемых диаметров - от 25 мм до 150 мм при максимальной производительности по воде до 300 т/ч. В случае большей производительности систем водоподготовки это приводит к необходимости устанавливать несколько параллельно работающих аппаратов и увеличивает затраты на обвязку. Существуют также ограничения, связанные с высокой чувствительностью характеристик ПСА к изменению параметров греющего, нагреваемого и смешанного потоков.

В связи с этим актуально создание пароводяного струйного теплообменника, который наряду с преимуществами ПСА (компактность, отсутствие накипеобразования) позволил бы снизить шум до приемлемого уровня и расширить диапазон диаметров используемых трубопроводных систем с увеличением производительности одного аппарата до уровня, практически требуемого в промышленности и в ЖКХ.

УДК 620.193

Никитин С.Б., Ермаков Д.О., Макрушин В.В.

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

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В ВОДЕ ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРОВ

Экономичность и надежность работы энергетического оборудования ТЭС во многом зависит от качества рабочей среды. В зависимости от параметров работы и типа оборудования выбирается водно-химический режим (ВХР), а содержание примесей в воде и паре нормируется. Нарушения ВХР могут привести к разрывам котельных труб и останову оборудования.

В настоящее время в литературе имеются многочисленные данные, показывающие влияние различных факторов на скорость коррозии сталей в условиях работы барабанных котлов, основными из которых являются: тип ВХР, концентрация примесей, температура и другие. Однако, из обзора литературных данных практически невозможно оценить влияние типа ВХР на скорость коррозии сталей, в частности, углеродистой, используемой для изготовления котельных труб. Следует отметить, что в последние годы в литературе уделяется большое внимание влиянию органических примесей (органики) на коррозию конструкционных материалов. Поэтому была поставлена задача по исследованию интенсивности коррозии углеродистой стали в воде высоких параметров.

В результате проведенных исследований было установлено, что скорость коррозии углеродистой стали зависела от типа ВХР: при КВР она была ниже, чем при АВР и ВВР. При наличии в исходной воде органики скорость коррозии углеродистой стали как при АВР и КВР резко повышалась. Так, при АВР скорость коррозии углеродистой стали повышалась в 3,8 раза, а при КВР - в 8 раз. Анализ образцов, вырезанных из экспериментального участка, показал, что поверхность образцов была покрыта слоем отложений продуктов коррозии железа. При всех ВХР наружная часть слоя состояла из рыхлых отложений,

которые легко удалялись механически. Внутренний слой был плотно сцеплен с поверхностью металла. При АВР наружный слой состоял из магнетита на 96% и фазы, которая не была определена. Внутренний слой состоял на 95% из магнетита. При КВР наружный слой состоял из смеси гематита 85% и магнетита. Таким образом, полученные данные показывают, что скорость коррозии углеродистой стали в воде при высокой температуре, зависит как от типа ВХР, так и от наличия в воде органики. В связи с тем, что скорость коррозии углеродистой стали резко увеличивается в присутствии органики, необходимо принимать меры для предотвращения поступления их в питательную воду, особенно при КВР.

УДК 620.193

Никитин С.Б., Бурьлина Е.М., Макрушин В.В.

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

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА СКОРОСТЬ КОРРОЗИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

В настоящее время на надёжность и экономичность работы энергетического оборудования тепловых электростанций влияет в первую очередь качество воды и водяного пара. Поэтому содержание примесей в воде и паре нормируется. Была поставлена задача по установлению зависимости между содержанием в воде органических примесей (органики) и формой существования продуктов коррозии железа, как в воде, так и на поверхности углеродистой стали. Были рассмотрены два ВХР: аммиачный (АВР) и кислородно-аммиачный (КАВР). В воду дозировался раствор гуминовых кислот, чем достигалась концентрация органики в воде на уровне 0,10 мгО/дм³.

Было выявлено, что при наличии в воде органики количество отложений резко возрастает (особенно при КАВР) по сравнению с условиями, при которых органика отсутствовала. Так при АВР в 4, а при КАВР в 8 раз. При дозировании торфяной вытяжки в воде после экспериментального участка резко увеличилось содержание ацетатов: при АВР до ~ 800, а при КАВР ~ 1100 мкг/дм³. Большие концентрации ацетатов при КАВР связаны, видимо, с более высокой скоростью разложения органики в присутствии кислорода.

При наличии в воде органики количество отложений, в основном рыхлых, резко увеличивалось, особенно при КАВР. Слой отложений при АВР и КАВР в присутствии органики состоял из смеси Fe₂O₃ и Fe₃O₄, причём их соотношение было ~1.3. Наличие органики в воде привело к увеличению соотношения между Fe₂O₃ и Fe₃O₄ примерно в

8÷13 раз. При температурах воды 100÷250°C увеличение концентрации ацетатов приводило к растворению Fe_3O_4 с образованием Fe_2O_3 . Таким образом, проведенные исследования еще раз подтвердили, что концентрация органики в добавочной и питательной воде должна нормироваться.

УДК 621.182

Бурьлина Е.М., Ермаков Д.О., Макрушин В.В.

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

ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТИПОВ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ В КОНДЕНСАТНО-ПИТАТЕЛЬНОМ ТРАКТЕ ТЭС

Качество рабочей среды, т.е. воды и водяного пара, используемой в конденсатно-питательном тракте ТЭС, влияет на экономичность и надежность работы энергетического оборудования ТЭС. Поэтому в зависимости от параметров работы и типа оборудования выбираете водно-химический режим (ВХР), а содержание примесей в воде и паре нормируется. Нарушения ВХР могут привести к разрушению и остатку оборудования.

Для проведения опытов по изучению влияния аммиачного (АВР) и кислородно-аммиачного (КАВР) ВХР на образование отложений использовалась экспериментальная установка, позволяющая моделировать эти процессы. Для всех исследуемых тепловых потоков наибольшая скорость образования отложений наблюдалась при АВР. Это относится как к общему количеству отложений, так и к количеству рыхлых отложений и характерно для низких и повышенных концентраций продуктов коррозии железа в исходном растворе. При АВР количество рыхлых отложений было выше, чем при КАВР. При КАВР продукты коррозии железа, поступавшие на экспериментальный участок, находились в воде преимущественно в виде парамагнитных соединений ($\gamma\text{FeO}(\text{OH})$), а при АВР - в виде магнитных (Fe_3O_4). В воде также присутствовали продукты коррозии цинка (в следовых концентрациях) в виде ZnO . Результаты фазового состава отложений: при АВР верхний и внутренний слой на 90-95% состоял из Fe_3O_4 . При КАВР верхний слой состоял из смеси Fe_2O_3 ($\approx 85\%$), Fe_3O_4 и αFe ; внутренний слой полностью состоял из Fe_2O_3 . Для снижения скорости образования отложений необходимо проводить мероприятия, позволяющие работать при более низких тепловых потоках, т.е. влиять на топочный режим котлов. Кроме того, необходимо поддерживать концентрацию продук-

тов коррозии железа в воде ниже их растворимости при соответствующих параметрах, что может быть достигнуто оптимизацией ВХР.

УДК 620.193: 621.182

Бурылина Е.М., Ермаков Д.О., Никитин С.Б., Макрушин В.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И СНИЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ И ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В проведённых исследованиях изучалось влияние различных факторов, таких как тепловой поток, концентрация продуктов коррозии конструкционных материалов в исходной воде, тип водно-химических режимов, присутствие органических примесей и др. на скорость коррозии и процессы образования отложений применительно к условиям работы (температура, давление, скорость потока и др.) теплоэнергетического оборудования.

Определены формы существования продуктов коррозии конструкционных материалов, как в воде, так и в образовавшихся отложениях при исследованных водно-химических режимах.

Были выбраны оптимальные водно-химические режимы для работы теплоэнергетического оборудования, есть возможность спрогнозировать продолжительность его работы.

Результаты исследований могут быть использованы для повышения надёжности и экономичности работы оборудования, особенно в условиях его эксплуатации с использованием источников водоснабжения с высоким содержанием органических примесей путём разработки мероприятий, направленных на совершенствование схем обработки добавочной воды. Данные могут использоваться при создании математических моделей образования отложений с учётом ВХР и содержания примесей в воде.

УДК 697.3

Бежикина П.А., Макрушин В.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Котельная – это комплексная инженерная система, состоящая из большого количества механизмов и узлов предназначенных для выработки тепловой энергии на производственные нужды и теплоснабже-

ния жилых и общественных зданий. Котельная на предприятии, как источник тепла, тесно связана с инженерными сетями расположенными, как на ее территории, так и вне.

По назначению газовые котельные на предприятии подразделяются: Отопительные – для централизованного снабжения на нужды отопления, вентиляции и ГВС бытовых и промышленных потребителей; Производственные – для технологического обеспечения теплом в виде пара и горячей воды промпредприятий; Отопительно-производственные – для комплексного снабжения теплом систем теплоснабжения и технологических процессов.

По схеме котельные делятся на котельные закрытого типа, когда вся сетевая вода по магистральным тепловым сетям возвращается обратно к источнику и открытую систему, когда часть горячего теплоносителя потребляется на технологические или бытовые нужды.

В промышленности технологическими потребителями тепловой энергии в виде пара являются бумажные, химические и металлургические производства, нефтехимические комплексы, ректификационные и химические реакторы, сорбционно-десорбционной агрегаты процесса газа очистки, гальванические линии и устройства для ламинирования поверхностей.

Перспективным направлением стала установка комбинированных котельных, автономных блок-модулей, крышных систем теплоснабжения.

Хорошими мобильными системами считаются блок-модульные котельные, собираемые на заводе и транспортируемые к месту установки в собранном виде. На месте запуск таких систем проходит по ускоренной программе «под ключ», учитывая, что монтаж и наладочные работы выполнены на производстве. Проектирование и строительство промышленных котельных выполняется с учётом существующих планов застройки и инженерных коммуникаций в районе предполагаемого строительства.

УДК 662.61:662.95

Глазков К.В., Макрушин В.В.

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

МЕТОДЫ СЖИГАНИЯ ГАЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

В зависимости от способа образования газовой смеси методы сжигания газа подразделяются на: диффузионные; смешанные; кинетические.

При диффузионном методе сжигания к фронту горения газ поступает под давлением, а необходимый для горения воздух – из окружающего пространства за счет молекулярной или турбулентной диффузии. Смесеобразование здесь протекает одновременно с процессом горения, поэтому скорость процесса горения в основном определяется скоростью смесеобразования. Процесс горения начинается после контакта между газом и воздухом и образования газозвушной смеси необходимого состава. К струе газа диффундирует воздух, а из струи газа в воздух – газ. Выделяемые продукты сгорания осложняют взаимную диффузию газа и воздуха, в результате чего горение протекает медленно, с образованием частиц сажи. Диффузионное горение характеризуется значительной длиной и светимостью пламени.

При смешанном методе сжигания горелка обеспечивает предварительное смешение газа только с частью воздуха, необходимого для полного сгорания газа, остальной воздух поступает из окружающей среды непосредственно к факелу. В этом случае сначала выгорает лишь часть газа, смешанная с первичным воздухом, а оставшаяся часть газа, разбавленная продуктами сгорания, выгорает после присоединения кислорода вторичного воздуха. В результате факел получается более коротким и менее светящимся, чем при диффузионном горении.

При кинетическом методе сжигания к месту горения подается газозвушная смесь, полностью подготовленная внутри горелки. Газозвушная смесь сгорает в коротком факеле. Достоинство этого метода сжигания – малая вероятность химического недожога, небольшая длина пламени, высокая теплопроизводительность горелок. Недостаток – необходимость стабилизации газового пламени.

УДК 621.565.95

Симонов Е.К., Макрушин В.В.

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

ОСОБЕННОСТИ И ТИПЫ СОВРЕМЕННЫХ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Принцип теплового обмена с применением нагретых циркулирующих сред считается оптимальным для поддержания работы отопительных систем. Правильно организованная система каналов переноса тепловой энергии требует минимальных финансовых затрат на содержание, но при этом обеспечивает достаточную производительность. Конструкции современных теплообменников обеспечивают процессы переноса тепловой энергии с минимальными потерями между эксплуатационными средами. Обмен чаще всего происходит между горячей

жидкостью и холодными металлическими поверхностями, стены которых, в свою очередь, передают теплоту другой циркулирующей среде. Постоянное перемещение обеспечивает эффект стабильного массообмена, применяемого и на промышленных предприятиях, и в бытовом обслуживании частных домов.

Конструкции теплообменных аппаратов на базовом уровне разделяются на поверхностные и смесительные. В данном случае речь идет о представителе группы поверхностных аппаратов, которые характеризуются тем, что в рабочем процессе участвуют две активные среды (нагретые и холодные потоки) и металлическая стенка, которая передает энергию между циркулирующими массами. В регенеративном теплообменнике омывание разделяющей металлической пластины выполняется с определенной периодичностью, но не постоянно.

Основная функция теплообменника выполняется в момент соприкосновения активной рабочей среды с металлической пластинкой, разделяющей потоки. То есть ключевым принципом действия выступает аккумуляция энергии от жидкости, имеющей в данный момент температуру, чем стенка теплообменника. Грубо говоря, в первом цикле работы горячие потоки передают и тем самым сохраняют тепло в металлическом элементе, а во втором и заключительном – уже холодная среда воспринимает это тепло.

Теплообменные агрегаты широко используются в различных системах отопительного оборудования с бойлерными установками, водонагревателями, накопителями, котлами и т. д. Это касается преимущественно частного сегмента, но наиболее высокие технико-эксплуатационные показатели данного устройства раскрываются в сфере промышленности.

Регенеративная модификация теплообменника была разработана с целью оптимизации ряда теплотехнических процессов. В итоге на тех же промышленных объектах сегодня удается выполнять технологические процессы с минимальным расходом топлива, поддерживая при этом высокую температуру горения.

УДК 621.565.95

Конов П.А., Макрушин В.В.

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

ОСОБЕННОСТИ И ТИПЫ СОВРЕМЕННЫХ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Теплообменный аппарат является одним из основных типов оборудования для промышленных и бытовых нужд. Современные тепло-

обменные аппараты обладают высокими рабочими показателями и надёжностью. Существует множество теплообменных аппаратов. Одними из самых известных являются рекуперативные теплообменные аппараты – это климатообразующие агрегатные системы, генерирующие процесс обмена сред разных температур в разных камерах так, чтобы теплота передавалась через разделяющую перегородку. При этом направление потоков передачи полезной энергии проходит одинаково и имеет стационарный характер. Поэтому иногда такие установки именуется стационарными поверхностными установками.

Рекуперативные теплообменники широко используются в современных системах отопления за счёт простоты действия и обслуживания. Принцип действия рекуперативных тепловых обменных аппаратов заключается в том, чтобы энергия полезного обогревательного действия передавалась из горячей поверхности одной камеры в холодную среду теплоносителя, находящегося в другой камере, через разделительную перегородку. Исходя из особенностей функционирования, оборудование иногда еще называют сокращенно – «рекуператоры».

Во всех современных бытовых системах ГВС используются пластинчатые теплообменники, где теплообменными средами являются «воздух-воздух». За счёт особенностей строения они могут компоноваться по требованию заказчика и занимать мало пространства, а также их легко разбирать и обслуживать, для чего требуется минимум персонала. Чтобы обслуживание помещений с сильным запылением было оптимальным, внедряются в систему нагрева рекуперации с обменными агентами «воздух-вода». В пластинчатых вариантах перегородки могут быть как стационарными, так и съёмными, что позволяет расширить ту или иную камеру дополнительно.

УДК 622.481

Толстых И.В., Иванов А.А., Курило Н.А.

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

О ВРЕДЕ ВОЗДУХА В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Воздух, находящийся в трубах и приборах, скапливается в верхних точках системы отопления и образует воздушную пробку. Циркуляция воды прекращается, и никакое повышение давления не может сдвинуть эту пробку. Ликвидировать ее можно, только выпустив воздух в атмосферу. Для этого необходимо принять меры, чтобы собрать воздух в определенных местах системы и оборудовать эти точки устройствами для выпуска воздуха [1].

Опасность воздуха в системе водяного отопления вызвана тем, что функционирование закрытой системы отопления зависит от перемещения теплового носителя и передачи некоторого количества тепла в радиаторы. Когда в закрытую систему отопления попадает воздух, то стандартный ход жидкости нарушается.

Воздух может проникнуть в систему отопления по ряду причин: не соблюдение требований установки уклонов труб; неправильное заполнение системы тепловым носителем, из-за чего в трубах остается воздух; негерметичная установка комплектующих элементов; отсутствие автоматического отвода воздуха из труб; ремонтные работы, при которых воздух попадает в систему; использование в качестве теплоносителя свежей воды с большим содержанием воздуха; возникновение коррозии внутри системы [2].

Для того чтобы избежать попадание воздуха в закрытую систему отопления, необходима точная проектировка и монтаж, а также периодическая очистка системы отопления.

К основным способам, с помощью которых можно избежать подобных негативных проявлений относятся следующие: при установке отопительной системы нужно использовать устройства автоматического отвода воздуха; необходимо спускать воздух, а также постоянно следить за работой системы, контролируя давление в трубах; отслеживать количество теплоносителя; периодически осматривать оборудование.

Литература

1. Логунова, О. Я. Водяное отопление: учебное пособие / О. Я. Логунова, И. В. Зоря. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 272 с.
2. Воздух в системе отопления: признаки, причины появления, варианты решения проблемы - <https://pechiexpert.ru/vozduh-v-sisteme-otopleniya-01/>

УДК 697.34:697.14

Толстых И.В., Черных И.В., Курило Н.А.

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

РАСЧЁТ ТЕПЛОЙ МОЩНОСТИ ДЕЖУРНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Тепловая мощность системы дежурного отопления, рассчитанного на поддержание минимальной температуры воздуха t_i в нерабочее время, может быть определена по укрупненным показателям по формуле

$$Q = \alpha \cdot q \cdot V (t_i - t_0) \quad (1)$$

где Q - теплопотери здания Вт, α - поправочный коэффициент, учитывающий затраты теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха (см. в [2]); q - удельная тепловая характеристика (см. в [2]), Вт/(м³·°C); V - строительный объем здания по наружному обмеру, м³; t_0 - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (температура холодной пятидневки) (см. в [2]).

Удельная тепловая характеристика - это теплопотери 1 м³ строительного объема здания при перепаде температур 1°С. Для зданий, построенных до 2000 года, значение q может быть принято в зависимости от строительного объема V и назначения здания или рассчитано по приближенной формуле:

$$q = 0,65 - 5 \cdot 10^{-8} V. \quad (2)$$

При известных значениях теплопотерь через наружные ограждения здания удельная тепловая характеристика может быть определена по формуле:

$$q = \frac{Q_{mn}}{V(t_{вн} - t_0)} = \frac{F_1 k_1 + F_2 k_2 + F_3 k_3 + F_4 k_4}{V} (t_{вн} - t_0), \quad (3)$$

где Q_{mn} - теплопотери через наружные ограждения здания, Вт; м²; F_i - площади наружных стен, пола, окон, чердачного перекрытия или покрытия, м²; k_i - коэффициенты теплопередачи соответствующих ограждающих конструкций, (см. в [2]) Вт/(м³·°C); $t_{вн}$ - расчетная температура воздуха в здании в рабочее время (см. в [2]), °C; t_0 - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (температура холодной пятидневки) (см. в [2]), °C; n_i - это поправочные коэффициенты на расчетную разность температур, принимаемые следующим образом: $n_i=1$, если наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в северной строительноклиматической зоне, $n_i=0,9$, если перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов]; перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в северной строительноклиматической зоне, $n_i=0,75$, если перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, $n_i=0,6$ перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли, $n_i=0,4$, если перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли.[1]

Литература

1. Шумилов Р. Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учебное пособие / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 336 с.
2. СП 131.13330.2012 Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 (с Изменением N 1)

УДК 699.86

Черных И.В., Толстых И.В., Курило Н.А.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Что такое «теплоизоляция»? Это части конструкций, предотвращающие теплоотдачу в окружающую среду и выполняющие роль основного термического сопротивления в конструкции для обеспечения теплоизоляции зданий и сооружений. Современные рынки предлагают множество разного рода теплоизоляционных материалов. [1]

Основные требования к теплоизоляционному материалу:

Для теплоизоляции оборудования и зданий следует применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии не более 0,06 Вт/(м·К) при средней температуре 25 °С. Очень важными также являются такие характеристики материала, как водопоглощение, температуростойкость, сопротивление воздействию химически агрессивных веществ, пригодность для теплоизоляции жилых, производственных и сельскохозяйственных зданий, промышленного оборудования и аппаратов (промышленных котлов, турбин, трубопроводов, холодильных установок и др.). [4]

Рассмотрим несколько примеров современных теплоизоляционных материалов.

Пенополивинилхлорид (ППВХ). Универсальный материал, производимый путем поризации поливинилхлоридных смол. Плотность материала от 60 до 200 кг/м³. Материал может быть, как пластичным, так и жёстким. Применяется для утепления фасадов зданий, стен, пола, кровли и дверей. [2]

Пенополиуретаны (ППУ). Материалы ППУ обладают малой теплопроводностью 0,019-0,028 Вт/м·К, а также высокой теплоизоляционной и гидроизоляционной способностью, отличаются высоким уровнем шумопоглощения и химической стойкостью, используются

для защитной теплоизоляции, обеспечивают гидроизоляцию и утепление конструкций любой сложности. [2]

Вспененный полиэтилен. Материал применяется в разных отраслях производства, но чаще в строительстве, благодаря отличным теплоизоляционным и звукоизоляционным качествам в диапазоне температур от -40 до $+100$ °С. Плотность материала $25-50$ кг/м³, теплопроводность – $0,044-0,051$ Вт/м·К. Так же он имеет низкую водопоглощающую способность и высокое сопротивление химическому и биологическому воздействию. [2]

Мипора. Материал в 10 раз легче бутылочной пробки плотностью 20 кг/м³, коэффициент теплопроводности $0,03$ Вт/(м·К). Материал имеет высокую огнестойкость, он не горит в открытом пламени при температуре 500 °С, а всего лишь обгорает, чувствителен к воздействию агрессивных химических веществ. [3]

Пеностекло. Теплопроводность пеностекла при средней плотности $150...300$ кг/м³ варьируется от $0,04$ до $0,12$ Вт/(м·К), а предел прочности на сжатие от $1,0$ до $3,0$ МПа, при этом материал достаточно просто обрабатывается. Изделия из пеностекла обладают следующими качествами: высокой водостойкостью, морозостойкостью и термостойкостью. Пеностекло используют как утеплитель стен, перекрытий, полов и кровель производственных и жилых зданий, в том числе железобетонных панелей в сборных крупнопанельных зданиях, для изоляции тепловых установок и сетей. [2]

Все выше перечисленные материалы удовлетворяют требованиям современного производства и строительства. Однако пенополиуретан, пенополистирол, изделия и вспененный полиэтилен выделяют токсичные вещества, концентрация которых не превышает ПДК, но обладают накопительными свойствами, что ограничивает область применения данных материалов. Наиболее оптимальным материалом по теплотехническим, эксплуатационным и физико-механическим свойствам, экологической безопасности и технологичности, является пеностекло. Однако производство данного материала достаточно трудоемкий процесс.

Литература

1. Строительное материаловедение: учебник / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарева, В. Б. Барановский. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704с.
2. Производство теплоизоляционных материалов / М. Ф. Сухарев, И. Л. Майзель, В. Г. Сандлер. – М.: Высшая школа, 1981. – 231 с.

3. Исследование теплофизических свойств теплоизоляционных материалов: учебно-методическое пособие / Н.М. Шарпар, Л.И. Жмакин, З.Н. Османов. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. – 112 с.

4. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. - <https://docs.cntd.ru/document/1200091050>

УДК 629.7.023.225

Иванов А.А., Толстых И.В., Курило Н.А.

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

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

Ракетно-космическая техника – техника уникальная, не имеющая каких-либо аналогов на Земле. При ее проектировании возникает много новых и сложных задач, приводящих в конечном счете к появлению оригинальных конструкций, необычных технических решений.

Конструктор космических кораблей вынужден решать две прямо противоположные задачи: предохранять космический аппарат и от переохлаждения, и от перегрева. Решить первую задачу можно довольно просто – утеплить корпус аппарата своего рода космической «шубой» и, кроме того, подогревать отдельные части его конструкции. Вторая задача более коварна – охлаждение требует более серьезных усилий. Один из актуальных методов – это уменьшить отношение площадей, воспринимающей и излучающей тепловой поток. Тепло будет поступать с одной стороны, а излучаться – с двух. В результате температура будет составлять для поверхностей, подвергнутых химической полировке, -120°C , а для поверхностей с лакокрасочными покрытиями, обладающими указанными характеристиками, -10°C . В последнем случае известное преимущество по сравнению с прямоугольной пластинкой имеет цилиндр. Солнечный поток может поступать на так называемый солнечный мидель цилиндра, т. е. на площадь его сечения, перпендикулярного солнечным лучам. В то же время излучение тепла (без учета оснований цилиндра) будет происходить с боковой поверхности цилиндра. Как показывают расчеты, средняя по поверхности температура цилиндра при лакокрасочных покрытиях равна примерно -20°C . Однако космический аппарат нагревается не только Солнцем, но и теплом, выделяемым его бортовой аппаратурой и членами экипажа. Отвести это избыточное тепло можно путем увеличения площади радиационной поверхности. За время полета аппарата плоскость его орбиты постоянно изменяет свое положение относительно направления на Солнце. Полет может проходить в течение длительного времени только по освещенной Солнцем орбите или по орби-

те, имеющей участок тени. При этом на солнечной орбите на аппарат будут не только поступать значительные внешние тепловые потоки, но и его приборы, интенсивно работая, могут выделять максимальное количество тепла. В тени же Земли, наоборот, внешние потоки, а также тепловыделение находящихся в дежурном режиме приборов могут быть минимальными. Спасая от переохлаждения космический аппарат на теневой стороне, конструктор может «укутать его шубой», но тогда на солнечной стороне нельзя будет избавиться от лишнего тепла и аппарат перегреется: закипит электролит в аккумуляторах, выйдут из строя различного рода элементы бортовой аппаратуры и т. д.

Нередко приборы, работающие в открытом космосе, перегреваются и требуют охлаждения, но есть метод, который поможет решить эту проблему. Предположим, что на внешней стороне корпуса космического аппарата установлен оптический датчик системы ориентации. Этот датчик изолирован от корпуса аппарата и имеет свою температуру, определяемую внешними и внутренними тепловыми потоками. Для того чтобы этот прибор в тени Земли не «замерзал», его закрывают «шубой», практически не пропускающей тепло. При этом, разумеется, оптические «окна» прибора остаются открытыми, а, следовательно, на солнечной стороне орбиты на них могут поступать тепловые потоки. Более того, при работе прибора возникает его внутреннее тепловыделение. Все это тепло необходимо «сбросить» в космос, так чтобы температура прибора не превышала, например, $+40^{\circ}\text{C}$. Для этого на одной стороне его поверхности в «шубе» делают специальные вырезы, т. е. создают радиационные поверхности, нанося на них соответствующие лакокрасочные покрытия. Но «сброс» тепла с радиационной поверхности будет происходить также и в тени Земли. При этом может оказаться, что прибор на теневом участке орбиты не работает, т. е. не выделяет тепла. В результате он будет охлаждаться, и нет другого выхода, кроме как с помощью автоматически включаемого обогревателя его нагревать. Если нужно на несколько градусов снизить максимальную температуру прибора, необходимо соответствующим образом увеличить площадь радиационной поверхности, а значит, и увеличить мощность обогревателя.

Литература

1. Салахутдинов Г. М. Тепловая защита в космической технике. – М.: Знание, 1982. – 64 с, ил. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 7). 11 к.
2. Серебряков В. Н. Основы проектирования систем жизнеобеспечения экипажа космических летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983. – 160 с.

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

НЕДОСТАТКИ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОДПИТочНОЙ ВОДЫ В ВАКУУМНЫХ ДЕАЭРАТОРАХ

На большинстве теплоэлектростанций страны вакуумная деаэрация – основное, а не редко и единственное средство противокоррозионной обработки воды для подпитки систем теплоснабжения. К сожалению, общее состояние противокоррозионной обработки воды с использованием вакуумной деаэрации на тепловых электростанциях нельзя признать удовлетворительным [1].

Часто встречающимся недостатком является несоблюдение технологически необходимых температурных режимов работы вакуумных деаэраторов. Кроме того, эти деаэраторы чувствительны не только к температурным, но и гидравлическим режимам их эксплуатации. С повышением гидравлической нагрузки деаэраторов значительно сложнее обеспечить их массообменную эффективность. Однако очень часто вакуумные деаэраторы эксплуатируются с перегрузкой, которая связана с неконтролируемым ростом подпитки теплосети. К гидравлической перегрузке приводят также схемы контактного подогрева исходной воды перед деаэраторами путем подмешивания потока более горячей воды. При нагрузке деаэратора более 60% номинальной отрицательное влияние возрастания гидравлической нагрузки при контактном подогреве превышает положительный эффект от повышения температуры исходной воды [2].

Значительное число нарушений работы вакуумных деаэраторов связано с неплотностью их вакуумных систем и неисправностями аппаратов для отвода выпара из деаэратора.

На электростанциях с противонакипной обработкой подпиточной воды методами подкисления или Н-катионирования, качество противокоррозионной обработки воды не соответствует нормативному из-за отсутствия или неудовлетворительной работы декарбонизаторов. Гарантированное удаление свободного диоксида углерода в вакуумных деаэраторах при малой бикарбонатной щелочности воды, достижимо лишь в том случае, если содержание CO_2 в воде перед деаэраторами не превышает 3 мг/л (в справочной и учебной литературе 5-10 мг/л) [3].

Из приведенного перечня наиболее распространенных причин неудовлетворительной противокоррозионной обработки подпиточной воды следует, что качество ее зависит от большого числа факторов.

Многолетний опыт проведения работ по совершенствованию водоподготовительных установок показывает, что с помощью серийных вакуумных деаэраторов можно обеспечить высокое качество противокоррозионной обработки подпиточной воды. При организации противокоррозионной обработки, прежде всего, должны быть решены задачи создания оптимальных тепловых схем водоподготовки для устойчивого поддержания технологически необходимого температурного режима вакуумной деаэрации, обеспечения плотности вакуумной системы установки и надежной работы газоотводящих аппаратов, выбора и эффективной реализации физических и химических методов водоподготовки.

Литература

1. Шарапов В.И. Подготовка подпиточной воды систем теплоснабжения с применением вакуумных деаэраторов. М.: «Энергоатомиздат», 1996.

2. Шарапов В.И., Цюра Д.В. Термические деаэраторы. Ульяновск: УлГТУ. 2003.

3. Шарапов В.И., Макарова Е.В. Защита от коррозии тракта питательной воды ТЭЦ. Ульяновск: УлГТУ. 2004.

УДК 697.347

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

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В системах транспортирования и распределения тепловой энергии (тепловых сетях) резервы снижения затрат энергии более значительны, чем в источниках тепла и сопоставимы с возможной экономией энергии в системах теплоснабжения [1]. Как основные недостатки технического состояния тепловых сетей отмечают:

- потери тепла через теплоизоляционные конструкции теплопроводов составляют в среднем 11% отпущенной тепловой энергии;

- потери сетевой воды, в том числе в следствии несанкционированного водоразбора, слив потребителями при недостаточном располагаемом напоре, скрытых повреждений трубопроводов, повторных сбросов и заполнений трубопроводов тепловых сетей и систем теплоснабжения при ремонтах и других работах остаются высокими, что подтверждается повышенными объемами подпитки тепловых сетей;

- затраты электроэнергии на транспортирование сетевой воды остаются значительными. Особенно они повышаются в голодный период года из-за повсеместного распространения «срезки» температурного графика центрального регулирования отпуска тепла; значительная часть электроэнергии затрачивается на преодоление повышенных гидравлических сопротивлений в коммуникациях источников тепла (часто до 50% напора, развиваемого сетевыми насосами);

- срок службы трубопроводов снижается при одновременном повышении повреждаемости тепловых сетей, вызывая этим рост затрат на ремонт и замену трубопроводов.

Таким образом, преимущества комбинированного способа выработки тепловой и электрической энергии в значительной мере теряются при передаче тепла и теплоносителей от источников абонентам.

Пути преодоления указанных недостатков:

- внедрение прогрессивных способов прокладки трубопроводов (например, предизолированных труб с пенополиуритановой изоляцией конструкции «труба в трубе»);

- улучшение водно-химического режима в источниках тепла, снижение потерь сетевой воды и повреждаемости от внутренней коррозии;

- наладка гидравлических режимов систем теплоснабжения и теплопотребления, что позволит снизить затраты электроэнергии на перекачку теплоносителя, исключить «перегрев» одних и «недогрев» других потребителей и т.п. [2, 3].

Исходя из этих простых, но, к сожалению трудно решаемых на практике условий, должна быть принята государственная программа энергосбережения. Целесообразно на решение вопросов, связанных с энергосбережением и оптимизацией режимов систем теплоснабжения, выдавать льготные кредиты с тем, чтобы в короткие сроки повысить надежность и экономичность работы систем централизованного теплоснабжения. Это достаточно выгодно потому, что окупаемость технологии оптимизации режимов работы системы теплоснабжения в разных городах России составляет 3 (максимум 4) месяца отопительного сезона. Конечной целью государственной программы энергосбережения должно явиться снижение себестоимости и смягчение для населения бремени оплаты коммунальных услуг с государственной финансовой поддержкой [4].

Литература.

1. Федеральный закон РФ от 3.04.1996 № 28-ФЗ «Об энергосбережении» - <https://base.garant.ru/106191/>

2. Корягин М.В. Необходимость инжинирингового подхода к энергосбережению на объектах недвижимости / М.В. Корягин // 16-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2014»: Труды конгресса. Т.3. Н.Новгород: ННГАСУ, 2015. С. 88-91.

3. Корягин М.В. О необходимости комплексной оценки энергоэффективности зданий / М.В. Корягин // 15-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2013»: Труды конгресса. Т.3. Н.Новгород: ННГАСУ, 2014. С. 30-32.

4. Наумова М.М., Корягин М.В. Энергосбережение в системах теплоснабжения. Журнал «Международный студенческий научный вестник» №5 2017.

УДК 621.182.42

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

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

ПРОФИЛИРОВАНИЕ РЕБЕР НА ТРУБАХ, КАК СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ

Одним из путей повышения экономической эффективности работы котельного агрегата является сокращение потерь теплоты с уходящими газами. Достичь наиболее низкого уровня температуры продуктов сгорания за котлом можно применением встроенных в газоход теплообменных устройств различного назначения: экраны, фестоны, пароперегреватели, воздухоподогреватели и экономайзеры. В последних осуществляется, нагрев питательной воды. Одним из наиболее перспективных путей повышения интенсивности передачи теплоты между дымовыми газами и водой является увеличение поверхности теплообмена, сопровождаемое снижением металлоемкости и габаритов теплообменного оборудования. Получить такой результат можно «развитием» поверхностей за счет ребер, различными способами накладываемых на трубу с наружной стороны. При оребрении труб развитые поверхности нагрева состоят из двух частей, выполняющих свои функции: трубы, обеспечивающей прочность конструкции (жесткость конструкции и стойкость к высоким давлениям) и несущей оребрение; собственно, развитая неотчетственная по условиям прочности поверхность нагрева, которая в основном передает тепло (оребрение) [1]. Такое разделение функций позволяет отбирать тепло дешевым и тонким металлом и передавать его толстостенным трубам, что обеспечивает значительную экономию металла и снижение стоимости. Одновременно развитые поверхности значительно лучше по сравнению с гладкот-

рубными заполняют трехмерное пространство, что обеспечивает уменьшение габаритов или увеличение тепловосприятия [2]. Применение оребренных труб по сравнению с гладким в условиях работы теплообменного оборудования на продуктах сгорания органического топлива открыло перспективу повышения его надежности: снижается числа сварных стыков в трубах, работающих под давлением; сокращение золотого износа из-за уменьшения скорости газов [2].

История продвижения оребренности труб в применении их в теплообменных устройствах многоэтапна и разнообразна. На первых порах оребренные трубы изготавливались при помощи отливки и отличились значительной толщиной ребер и большим шагом. Затем появились ребра, напаянные на наружную поверхность трубы. Развитие методов пайки и сварки позволило перейти к изготовлению оребрения из ленты, навитой в виде непрерывной спирали. Появляются трубы с разрезными, проволочными, плавниковыми, мембранными (в том числе мембранно-лепестковыми) и другими ребрами. На Таганрогском котлостроительном заводе «Красный котельщик» (ТКЗ) и АО «Подольский машиностроительный завод» (ЗиО) налажено производство плавниковых труб для экранов и для экономайзеров. Дальнейшим развитием конструкций экономайзерных поверхностей является их конструкция из двухслойных плавниковых труб с повышенной износостойкостью и пониженной загрязняемостью. В дальнейшем был проведен цикл работ по созданию оригинальных труб с внутренним продольным оребрением для промпрегревателей. Такое оребрение позволяет использовать обратный эффект развитой поверхности: при неизменном тепловосприятии поверхности нагрева внутренние ребра снижают температуру трубной стенки, что позволяет достигнуть более высокой температуры перегретого пара без применения дорогих высоколегированных сталей. Основные усилия АО «Подольский машиностроительный завод» (ЗиО) сосредоточились на трубах с приварным спирально-ленточным оребрением [1]. Оребренные углеродистые трубы используются в экономайзерах, воздухопроводных теплообменниках и калориферах.

Развивая направление поперечного оребрения труб, ведутся разработки новых стальных труб – с керамическим и чугунным оребрением. При малых диаметрах несущих труб специально закрепляемые керамические и чугунные втулки достаточно эффективны и могут успешно конкурировать с ленточным углеродистым оребрением. Керамическое оребрение может быть использовано в перегревательных поверхностях, особенно на недостаточно нагруженных участках перегревателей. Чугунное оребрение подходит для утилизационных низкотемпературных поверхностей.

Все элементы теплообменных поверхностей должны изготавливаться с помощью безотходных высокопроизводительных технологий по возможности на имеющемся оборудовании, теплообменные установки должны быть ремонтпригодными без демонтажа больших их модулей [3].

Литература

1. Тимофеева И.В., Золотарева В.Е., Лазарев А.Ю. Анализ надежности работы коридорных и шахматных экономайзеров пылеугольных котлов, работающих на высокочазных топливах // В сб.: Труды НИ РХТУ серия Инженерная механика, материаловедение и надежность оборудования. Вып. 13 (38). Новомосковск. 2020. С. 57-61..

2. Голдаев С.В., Ковалев М.В. Анализ теплотехнических характеристик оребренных экономайзеров паровых котлов // Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 311. № 4. С. 59-61.

3. Оребренные трубы: применение, разновидности, производство - <https://teplohimvrn.ru/orebrennaya-truba/>

УДК 621.182.42

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

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОБТЕКАНИЯ ПУЧКОВ ТРУБ ПОТОКОМ ГАЗА

Поперечное обтекание пучка труб – процесс достаточно сложный, зависящий от многочисленных тепловых гидродинамических и других факторов. Визуальные наблюдения обтекания девятирядного шахматного пучка труб при $Re=1,25 \cdot 10^5$ показали [1, 2], что первые два ряда обтекаются очень ровным потоком, но далее, по мере увеличения числа рядов по направлению потока, постепенно нарастает сильная турбулизация в межтрубном и межреберном пространстве. Первые исследования позволили выявить общую картину обтекания ребристого цилиндра, характерную как для передних, так и для глубинных рядов пучка (рис. 1) [1].

Как видно, отрыв потока наблюдается за половиною обтекаемого периметра цилиндра. Далее идет клинообразная зона завихрения. В ее оси имеет место сильная возвратная струя, воздействующая на ребристый цилиндр аналогично набегающему потоку. Возвратная струя обтекает поверхность ребристого цилиндра вплоть до срыва струи основным потоком. Большая завихренность и турбулентность потока на середине клина быстро диффундирует в основной поток. С продвиже-

нием вглубь пучка турбулентность клинообразного потока быстро увеличивается и примерно у четвертого ряда начинает сильно воздействовать на весь отрывающийся поток, а уже у шестого ряда точка отрыва на цилиндре несколько сдвигается вниз по течению, клинообразный поток становится более узким, и возвратная струя имеет более сложную конфигурацию.

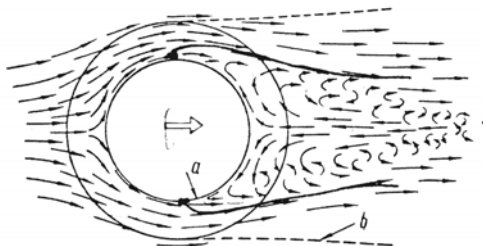


Рисунок 1 - Картина обтекания ребристой трубы: *a*– место отрыва потока, *b*– приблизительные границы увеличенной турбулентности.

Дальнейшие исследования показали, что для пучков оребренных труб величина межрёберного зазора и относительная глубина межрёберной полости в исследованных диапазонах их значений существенного влияния на механизм возникновения вторичных циркуляционных течений и размеры зоны их действия не оказывают [3]. Ещё обнаружены зоны интенсивных трехмерных возмущений на границах следа за несущим цилиндром, возникновение которых связано с отрывом от его поверхности сдвиговых слоев, подверженных воздействию циркуляционных течений из лобовой прикорневой области (рис. 2) [3].

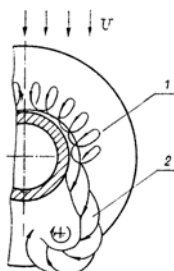


Рисунок 2 - Схема образования крупномасштабных вихрей в кормовой части ребристой трубы: 1- вторичные течения; 2 – вихревой жгут.

Образовавшиеся вихревые жгуты ближе к задней кромке ребра сворачиваются в крупномасштабные вихревые образования, структура которых является трехмерной и более сложной по сравнению со структурой крупномасштабных вихрей, наблюдающихся в следе за гладким цилиндром. Это объясняет более высокий, уровень возмущенности потока в пакетах поперечно-оребрённых труб, чем в пакетах гладких цилиндров. В прикорневой зоне задней части ребра существуют вторичные трехмерные течения, аналогичные по характеру вторичным циркуляционным течениям лобовой прикорневой зоны.

В результате исследований течения в пакетах ребристых труб обнаружено, что геометрия размещения и степень оребрения в значительной мере определяют уровень возмущенности потока [3].

Литература

1. Neal S.B., Hitchcock I.A. A Study of the Heat Transfer Processes in Banks Finned Tubes in Crossflow. – In: Proc. 3rd Internat. Heat Transfer Conference, III, Chicago, 1966. P. 290-298.

2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.

3. Письменный Е.Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-оребрённых труб. – Киев: Альтерпресс, 2004. – 244 с.

УДК 620.952; 62-665.3

Черных И.В., Золотарева В.Е.

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

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОТЕЛЬНОЙ НА ТВЁРДЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ В НОВОМОСКОВСКОМ ИНСТИТУТЕ РХТУ ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

В Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева реализовали проект: производственная лаборатория, основной частью которой является водогрейная котельная мощностью 1,6 МВт [1]. Эта котельная решает несколько задач:

- обеспечение теплом и горячей водой учебные корпуса и общежитие ВУЗа, что позволило отказаться от этих энергоресурсов из городской системы теплоснабжения, тем самым сократив их получение за счет сжигание не возобновляемого топлива – природного газа, используемого в городских котельных;

- утилизация древесных отходов, прекращение их попадания на региональные полигоны бытовых и прочих отходов;

- использование в процессе практической подготовки обучающихся по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Промышленная теплоэнергетика»;

- использование древесной золы – продукта сжигания древесных отходов – в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

В настоящее время для всего человечества глобальный масштаб приобрела проблема охраны окружающей среды. При этом на передовые позиции выходит решение вопроса экологически безопасной утилизации отходов производства. Древесные отходы являются: технологической неизбежностью деревообрабатывающих производств; последствиями санитарной рубки в лесах и лесополосах, опиловки и обрезки деревьев в населенных пунктах. Перед руководителями предприятий и администраций различного рода поселений постоянно возникает проблема избавления от древесных отходов. Вопрос по их утилизации стоит особо остро. На практике этот вопрос решается двумя путями: термический способ и альтернативный. Первый способ – термический (простое сжигание древесины) – несет в себе немалую угрозу для экологии, т.к. сопровождается увеличением концентрации газов, вызывающих парниковый эффект, и сопровождается материальными затратами. Второй способ совмещает в себе процесс сжигания, но позволяет получать тепловую энергию с последующим её использованием и сокращать выброс парниковых газов за счет организации более технологичного процесса горения [2]

Котельные на древесных отходах отличаются друг от друга своей конструкцией, внутренним устройством и принципом нагрева помещений. В большинстве своём все котлы используют пиролизное горение, принудительную подачу воздуха и удаление продуктов сгорания. Выбросы вредных веществ в атмосферу от сжигания древесных отходов, снижены за счет дожига углекислого газа. Дополнительная тепловая энергия аккумулируется благодаря использованию ломаной системы дымоходных каналов. Разогретые газы поступают в дымоход не сразу, как в обычных твердотопливных котлах, а только после того, как отдадут тепло. Процесс регулирования горения, в зависимости от модели котла, контролируется вручную или при помощи автоматики. Предусмотрена механизированная подача топлива. Такое оборудование в качестве достижения научно-технического прогресса нашло свое применение в Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Наша котельная функционирует с 2019 г. и оснащена: 2 блоками энергетических установок сжигания древесных отходов в полной комплектации. Данные установки предназначены для сжигания сыпучих древесных отходов с грануляцией до 30 мм и кусковых отходов длиной до 0,7 м влажностью топлива 6 – 70% для нагрева воды систем отопления и горячего водоснабжения жилых и учебных помещений

«новой» площадки Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева. В состав котельной входят: бункеры для сыпучего топлива, шнековый транспортёр подачи топлива, газогенераторы 1000 кВт и 600 кВт моделей Гефест 1000М (АГГУ-1000) и 600М (АГГУ-600); водяные котлы, комплект оборудования системы автоматизации энергетической установки утепленные секции дымовых труб. Газогенератор, входящий в состав энергоустановки, имеет большую топочную камеру, оснащенную автоматической системой дозирования подачи и дополнительного доувлажнения топлива. В камере обеспечиваются равномерный разогрев объёма до 900 – 1000 °С, дозированная подача топлива небольшими порциями с требуемой частотой, а при необходимости – увлажнение топлива. В результате достигается практически полная газификация и, как следствие, бездымное сгорание сыпучего топлива любой влажности. Оперативный бункер снабжен ворошителем топлива, в результате чего исключается «зависание» опилок (стружки) в бункере и обеспечивается бесперебойная работа шнекового транспортёра подачи топлива в автоматическом режиме.

Особые требования предъявляются к составу утилизируемой древесины. Она не должна включать посторонних включения не древесного происхождения. Опилки (стружка) или щепа засыпаются в бункер (рис. 1), снабженный ворошителем, далее поступают в шнековый транспортёр, работающий в автоматическом режиме «подача-пауза» в соответствии с заданной на контроллере программой. Шнек осуществляет дозированную подачу топлива в газогенератор, в котором происходит процесс газификации, т.е. процесс практически полного превращения топлива в горючие газы. Факел горящего газа направляется в камеру сгорания котла, в котором происходит, нагрев воды. Обрезки и кусковые отходы измельчаются в шрёдере и сжигаются в газогенераторе. Циркуляция воды в системе обеспечивается насосом.

Котельная расположена в складских помещениях института. Их размеры позволили разместить оборудование котельной и площадку для хранения запасов древесной щепы под крышей.

На рис. 2 показано использование котельной в учебном процессе, как место прохождения учебной практики студентами-теплоэнергетиками.



Рисунок 1. – Топливный склад котельной



Рисунок 2. – Студенты при прохождении практики

Таким образом, лаборатория-котельная Новомосковского института РХТУ имени Д.И. Менделеева позволила снизить статью расходов на отопление за счет отключения от централизованной системы. Формирование экологической культуры у студентов ВУЗа путем прохождения практик в лаборатории-котельной создает у них бережное, вдумчивое отношение к природе и приводит к подъёму экологического образования и воспитания.

Литература

1. Владимир Первухин: Будущее у нашего института большое // Новомосковский менделеевец (газета студентов, преподавателей и сотрудников НИ РХТУ имени Д.И. Менделеева), №159. – «Новомосковская правда» от 31 октября 2019 года

2. Указ Президента РФ от 07.07.2011 № 899 (ред. От 16.12.2015) «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». - <http://www.kremlin.ru/acts/bank/33514>

УДК 697.34

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

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

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

В последние годы в отечественном теплоснабжении самым перспективным становится совершенствование технологий регулирования тепловой нагрузки, связанных с переходом к низкотемпературному теплоснабжению, качественно-количественному и количественному регулированию [1].

Метод центрального качественного регулирования по нагрузке на отопление заключается в поддержании на источнике теплоснабжения (ТЭЦ, котельной) температурного графика, обеспечивающего в тече-

ние отопительного сезона заданную внутреннюю температуру отапливаемых помещений при неизменном расходе сетевой воды [2]. С добавлением нагрузки горячего водоснабжения приходится вводить ограничение минимальной температуры воды в тепловой сети величинной, обеспечивающей подачу в систему горячего водоснабжения воды заданных санитарными нормами параметров. Появляется «срезка» отопительного температурного графика при температурах около 70° С для прямой сетевой воды. В этой случае, при отсутствии местного количественного регулирования расхода воды на отопление происходит перерасход тепла на отопление при повышенных наружных температурах, т.е. возникают так называемые весеннее-осенние «перетопы» [2]. Для того чтобы обеспечить комфортную температуру воздуха внутри помещений, а также сэкономить потребляемую тепловую энергию, 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 [1].

Переход на количественное и качественно-количественное регулирование будет сопровождаться отказом такого преимущества качественного регулирования, как стабильность гидравлического режима тепловых сетей. Однако, позволит избежать на ТЭЦ: низкую надежность источников пиковой тепловой мощности; использование повышенного температурного графика при совместной нагрузке на отопление и горячее водоснабжение, ведущее к снижению выработки электроэнергии на тепловом потреблении; понизит тепловую инерционность в процессе регулирования тепловой нагрузки системы теплоснабжения. В осенне-весенний сезон можно максимально избежать колебания температуры воздуха в жилых помещениях, обусловленного влиянием нагрузки горячего водоснабжения на работу систем отопления у потребителей.

Литература

1. Ротов П.В. Способы регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения. Перспективы развития // Новости теплоснабжения. 2007. №2(78). -

https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2451

2. Лазарев А.Ю., Штефан К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е. О регулировании нагрузки систем теплоснабжения // XXI научнотехническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2019. С. 71-72.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЭКСЕРГИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Как отмечалось, эксергия определяет эффективность процессов и аппаратов при энергетических преобразованиях системы. Эксергия, подчас, идентична энергии. В случае, когда при преобразовании отсутствуют статистические закономерности и хаотичное (тепловое) перемещение, если всё детерминировано или количество всевозможных состояний равняется единице, а его логарифм (энтропия) — нулю, то энергия идентична эксергии [1, 2]. К примеру, в механике макроскопических тел, электромагнетизме и волновом распространении состояние системы часто однозначно определено и нет необходимости учёта вероятностных энтропийных законов, энергия и эксергия идентичны. То есть эксергия для механической и электрической организованных видов энергии равна соответствующей работе, поэтому в расчёте эксергии нет необходимости. Но тепловая энергия и химические превращения увязаны с перемещением огромного количества частиц, при этом порядок обусловлен законами хаоса, энтропия возрастает, и энергия значительно отличается от эксергии. Известно, что наибольшая работа может совершиться за счёт обмена тепловой энергией обратимого цикла Карно с окружающей средой. При $T > T_0$ нужен прямой цикл, а при $T < T_0$ — обратный. [1, 2]. При определении эксергии имеется в виду не снижение полной энергии системы или исчезновение части энергии. Количественно полная энергия системы остается неизменной, однако её качество падает. Частично энергия словно обесценивается или деградирует. На самом деле теряется работоспособность тепловой энергии, т. е. способность теплопередачи с большего температурного потенциала на меньший. Потери эксергии — неизбежный спутник всех процессов передачи и преобразования энергии. Основные причины потери эксергии: внешние потери с массовым потоком, уносящим эксергию из системы во внешнюю среду, причем их размер может отличаться от энергопотерь. Внешние потери численно равны эксергии отбросного продукта, отдаваемого в окружающую среду (например, отведение продуктов сгорания из котла). Параметры этого потока обычно отличаются от параметров окружающей среды, а значит, поток имеет некоторую неиспользованную эксергию, которая исчезает при необратимом выравнивании параметров отбросного потока и окружающей среды, внутренние потери от разных видов трения (теплоте-

редача при большом температурном градиенте, механическом трении, электросопротивлении и смещении в потоке). Особое внимание следует уделить внутренним потерям эксергии от разных типов трения. Обобщенное трение — основная причина потерь эксергии. Рождение энтропии — важнейшая особенность всех энергетических процессов. Исходя из этого, можно дать более правильную и детальную трактовку понятия идеального теплового двигателя: это двигатель без обобщенного трения, т. е. без рождения энтропии. В нём изменение температуры рабочего тела происходит только из-за изменения его объема, теплопередача осуществляется при ничтожно малой разности температур, полностью исключены трение в подшипниках и смещение разных химических веществ (в том числе и горение). Процессы в таком идеальном двигателе называют обратимыми. Они могут происходить в обоих направлениях, т. е. передача энергии может идти от теплоты к работе и наоборот в равных количествах. Итак, сформулируем основные выводы. Непременным результатом произвольного процесса является увеличение энтропии. Общим принципом уменьшения энергозатрат является уменьшение энтропии. Основным подход к снижению энтропии — уменьшение степени термодинамической необратимости процесса. Основными задачами эксергетического анализа являются определение и оценка влияния необратимых явлений, уменьшающих термодинамическое совершенство процессов [1, 2].

Литература

1. Титова, Л. М. Теоретические основы энергосберегающих технологий: учебное пособие для вузов / Л. М. Титова, А. Х. Нугманов, И. Ю. Алексанян. 2-е изд., испр. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 216с.
2. Гохштейн Д.П. Современные методы термодинамического анализа энергетических установок, М., “Энергия”, 1969. — 368 с.

УДК 331.464.3

Толстых И.В., Золоторева В.Е.

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

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО САМОЧУВСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА

Наш организм чутко реагирует на состояние окружающей среды. Свое тепловое самочувствие мы часто определяем, используя термины жарко, тепло, холодно. Рассмотрим, какие факторы состояния организма человека и окружающей среды формируют тепловое самочувствие. При окислительных процессах в организме, в которых принимает

участие кислород, происходит выделение теплоты. Количество теплоты зависит от массы тела, интенсивности физической нагрузки и насколько варьируется в зависимости от индивидуальных особенностей организма [1]. По усредненным данным количество выделяющейся теплоты составляет от 100 до 450 Вт.

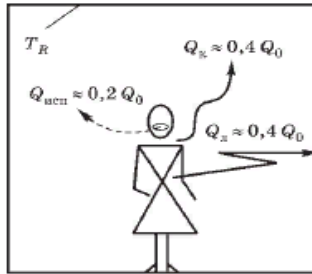


Рисунок 1. - Схема теплообмена человека с окружающей средой

Микроклимат — это совокупность внешних условий, определяющих самочувствие человека и обеспечивающих его здоровье и работоспособность. Микроклимат помещений характеризуется следующими параметрами: температура, подвижность и относительная влажность воздуха. Рассмотрим условия теплообмена тела человека с окружающей средой (рис. 1). Теплоотдача осуществляется конвекцией, излучением и затратами теплоты на нагревание вдыхаемого воздуха и испарение влаги с поверхности легких и кожи:

$$Q_0 = Q_k + Q_l + Q_{исп}, \quad (1)$$

где Q_0 — суммарная теплоотдача, Вт; Q_k — теплоотдача конвекцией, Вт; Q_l — теплоотдача излучением, Вт; $Q_{исп}$ — затраты теплоты на испарение влаги и нагревание вдыхаемого воздуха, Вт.

Нормирование параметров микроклимата преследует цель обеспечения условий, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека, а также для ведения технологических процессов, сохранности технологического оборудования и строительных конструкций. Например, в прядильных цехах текстильной промышленности необходима повышенная влажность воздуха для предотвращения электризации нити под влиянием статического электричества. В помещениях цехов точного машиностроения предъявляются повышенные требования к допустимым колебаниям температуры воздуха ($\pm 0,2^\circ\text{C}$). Технология производства полупроводников предъявляет жесткие требования к чистоте воздуха. Допустимое содержание пылинок в воздухе исчисляется несколькими частицами в 1 см^3 воздуха. Даже в обычном чистом (горном) воздухе число пылинок исчисляется сотнями тысяч в 1 см^3

воздуха. Требуемые параметры микроклимата должны быть обеспечены совместной работой систем отопления, вентиляции и кондиционирования не во всем объеме помещения, а только в обслуживаемых зонах, на постоянных и непостоянных рабочих местах. Обслуживаемая зона (рабочая зона) — пространство в помещении высотой 2 м с постоянным пребыванием людей, стоящих или двигающихся, и высотой 1,5 м — для людей сидящих. Непостоянным называется рабочее место, где люди находятся менее 2 ч в смену непрерывно или менее 50% рабочего времени. [1]

Литература

1. Шумилов, Р. Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: учебное пособие / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 336 с.

УДК 697.135

Толстых И.В., Черных И.В., Зайцев Н.А.

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

ИНФИЛЬТРАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЙ

Термин инфильтрации (от лат. in “в” и filtratio “процеживание”), применяется в промышленной теплоэнергетике для обозначения тепловых потерь, обусловленных просачиванием тепла через негерметичные части строения. Инфильтрация может возникать через неплотности окон, дверей и пр. ограждений в помещение проникает наружный воздух (инфильтрация). На его нагрев тратится некоторая теплота. Подсчет теплоты на инфильтрацию сложен и производится по методике, учитывающей массу различных факторов.

Во-первых, высоту здания и высоту рассматриваемого помещения над уровнем земли. Здание, в общем и целом, представляет собой аэродинамическую трубу, и с ростом высоты трубы в ней увеличивается тяга. Поэтому подсос воздуха с улицы для каждого этажа индивидуален, т.к. тяга (перепад давления снаружи и внутри) для каждого этажа различна.

Во-вторых, на инфильтрацию влияет сила ветра. Она создает на одной стороне дома положительное давление, а на другой – отрицательное разрежение.

В-третьих, если в здании есть приточно-вытяжная вентиляция, то объем притока не всегда равен объему вытяжки. Если приток меньше вытяжки, то в здании создается разрежение и наружный воздух втяги-

ваются внутрь. Если, наоборот, приток больше вытяжки, то давление в здании, создаваемое при этом, уменьшает инфильтрацию.

Инфильтрация учитывается в тепловом балансе здания, наряду с тепловыми потерями через строительные ограждения, расход теплоты на подогрев холодных предметов, тепловыделений в помещении и поступление теплоты инсоляцией.

В зданиях коэффициент инфильтрации рассчитывается как отношение тепловых потерь здания инфильтрацией к тепловым потерям теплопередачей через наружные ограждения при расчётной температуре наружного воздуха для проектирования отопления

$$\mu = \frac{Q_{\text{инф}}}{Q_{\text{тп}}}$$

где μ - коэффициент инфильтрации; $Q_{\text{инф}}$ – тепловые потери здания инфильтрацией; $Q_{\text{тп}}$ – тепловые потери здания теплопередачей.

УДК 628.1

Толстых И.В., Коровин Н.А., Зайцев Н.А.

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

ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Классификация С.А. Шукарева. Классификация основана на принципе преобладания одного или нескольких из трех главных катионов (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и трех главных анионов (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-). Вода относится к тому или другому классу в зависимости от содержания упомянутых ионов в количестве, превышающем 25%-экв. (суммы процент-эквивалентов анионов и катионов в отдельности принимают за 100). Комбинируя типы вод по содержанию катионов, получают 49 классов вод. Например, вода может называться гидрокарбонатной натриево-кальциевой или сульфатногидрокарбонатной кальциевой. По общей минерализации каждый класс разделен на группы: А – менее 1,5 г/л; В – от 1,5 до 10 г/л; С – от 10 до 40 г/л и D – более 40 г/л. Классификация Шукарева очень проста и удобна для сопоставления различных по химическому составу вод, но громоздка (49 классов, 4 группы). Кроме того, деление на классы носит формальный характер, вследствие чего часть классов – нереальная.

Классификация Л.А. Кульского. Практический интерес представляет фазово-дисперсная классификация примесей воды, разработанная Л.А. Кульским. Для задач, связанных с очисткой воды, эта классификация полезна тем, что, определив фазоводисперсное состояние примесей в воде и установив ее принадлежность к какой-то группе, можно предварительно выбрать комплекс методов и стадий очистки воды. При этом фазово-дисперсное состояние примесей должно устанавли-

ваться после каждой стадии обработки воды и учитываться при проектировании всей схемы водоподготовки.

Классификация О.А. Алёкина. Классификация О.А. Алёкина с поправкой Е.В. Посохова и Ж.С. Сыдыкова сочетает принципы деления вод по преобладающим ионам и по соотношению между ними. Все воды делятся на три класса по преобладающему аниону: гидрокарбонатные (карбонатные), сульфатные и хлоридные. Внутри каждого класса выделяют три группы по преобладанию одного из катионов: кальций, магний, натрий (или натрий + калий).

Классификация А.И. Перельмана. Определенный интерес представляет классификация А.И. Перельмана, выделившего шесть главных таксонов, каждый из которых определяется на основе особого критерия: группа – температура; тип – окислительно-восстановительные условия; класс – щелочно-кислотные условия; семейство – общая минерализация; род – растворенное органическое вещество; вид – ведущие катионы и анионы (кроме H^+ и OH^-). В этой классификации, в отличие от многих других, в том числе описанных классификаций Шукарева и Алёкина, учитываются температура, органические вещества, газы. А.И. Перельман предложил также изображать воду в виде шестизначного числа – по количеству таксонов и разновидностей, которых в каждом таксоне – не более девяти.

УДК 628.1

Черных И.В., Толстых И.В., Зайцев Н.А.

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

ОБЩИЕ ЦЕЛИ, МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ВОДЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Главная задача водоподготовки – получить воду требуемого качества. Так в производстве очистка воды необходима для обеспечения продолжительного, правильного функционирования оборудования, предотвращения коррозии рабочих деталей и образования накипи на теплообменных поверхностях. В пищевой промышленности нужно удалять опасные для человека примеси, поэтому ставка делается на дезинфекцию.

Современные системы водоснабжения должны работать при жесткости до 3 мг-экв/л для холодной и до 0,1 мг-экв/л для горячей воды. Взвесей в идеале не должно быть вообще, но допускается их незначительное присутствие – до 3 мг/л. Солесодержание подготовленной воды может составлять до нескольких мг на литр. Водоподготовка для предприятий промышленности предусматривает разные показатели кислотности, самыми распространенными показателями являются зна-

чения 6-8 pH. Особых требований к обеззараживанию при этом нет, но бассейны, кондиционеры и распылители должны соответствовать самым строгим нормам – тем, которые устанавливаются для питьевой воды. Некоторым производствам необходим дистиллятор. Чтобы очистить воду до нормативного состояния используются разные способы ее обработки. Чаще всего методы комбинируются.

Осветление. Наличие грубодисперсной взвеси придает воде определенный оттенок, теряется прозрачность. Для осветления используются механические фильтры, отстойники и всевозможные решетки и сетки, задерживающие крупные и мелкие частицы. Актуальными остаются также ёмкости для отстаивания. Коагуляция, известкование. Специальные реагенты – коагулянты, гашёная известь, действуют на растворенные примеси, которые выпадают в осадок, после чего выводятся из воды.

Умягчение. Процесс удаления катионов кальция и магния называется умягчением. Жёсткая вода быстро выводит из строя промышленное оборудование, поэтому этот этап подготовки очень важен. Для очистки от солей жёсткости используют реагенты, ионообменные фильтры, нанофильтрацию и другие методы.

Дистиляция. Очистка воды путём испарения позволяет добиваться хороших результатов. После нагревания образуется пар без загрязняющих компонентов. Он конденсируется, и образовавшаяся вода не содержит солей и других вредных веществ.

Вымораживание. Метод термической очистки позволяет избавиться от 80 % загрязнений. Происходит процесс при температуре от - 1 до - 6 градусов. Незамороженный остаток сливают. Принцип действия заключается в том, что кристаллизуется только чистая вода.

Дегазация. В воде могут содержаться газы в растворённом виде: кислород, метан, углекислый газ, сероводород и другие. Растворённые газы интенсифицируют коррозию, разрушительно действуют на металлы, камень и другие материалы. Одним из наиболее эффективных методов является деаэрация.

УДК 621.14.351

Бежикина П.А., Симонов К.С., Чермошенцев Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОТИВОНАКИПНОЙ
ОБРАБОТКИ ВОДЫ СИСТЕМЫ ГВС**

Образование накипи было и остается одной из причин необходимости межсезонного ремонта и очистки теплообменного оборудования. При воздействии на воду ультразвуковых колебаний образуется множество центров кристаллизации, что затрудняет рост и осаждение

кристаллов накипи на теплообменной поверхности оборудования. А если на теплообменной поверхности уже был слой накипи, то ультразвук разрушает его, что сопровождается отслоением и откальванием кусочков 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 магнитоотриксционный материал «пермендюр». 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. Излучатели соединены кабелем с ультразвуковым генератором, вырабатывающим электрические импульсы прямоугольной формы с несущей ультразвуковой частотой от 18 до 25 кГц. Опытные исследования на бойлерном оборудовании системы ГВС, подпитываемой необработанной артезианской водой, для промышленно-отопительной котельной показали за год эксплуатации меньшее количество твёрдых 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. Применение противонакипных акустических аппаратов не избавляет от накипи навсегда, но скорость оседания уменьшается в несколько раз и во многом зависит от исходной карбонатной жесткости воды. Образующийся мелкодисперсный шлам удаляется с током воды или продувкой.

УДК 621.14.351

Симонов Е.К., Самсонов К.С., Чермошенцев Е.А.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ СИСТЕМЫ ГВС

Магнитная обработка по сравнению с традиционными способами умягчения воды ионным обменом и обратным осмосом технологически проста, экономична и экологически безопасна. Безреагентные спо-

собы противонакипной обработки сетевой воды нашли широкое применение, они позволяют работать с большими расходами воды, высокими температурами и незначительными продувочными стоками. Устройства магнитной обработки воды системы ГВС предназначены для обработки воды полем сильных электромагнитов для предотвращения образования и ликвидации уже отложившейся накипи на стенках трубопроводов и теплообменных элементов. В воде, обработанной магнитным полем, жесткость воды не изменяется, но кристаллизация солей происходит не на поверхности нагрева, а в массе воды с образованием тонкодисперсного шлама, удаляемого в отстойнике. Исследования проводились на воде, имеющей общую жесткость 7 мг-экв/л. Разработан электромагнитный аппарат для противонакипной обработки сетевой воды системы ГВС котельной. Электромагнитная система располагается на корпусе аппарата. Блок питания постоянным током позволяет плавно изменять напряженность магнитного поля. Электромагнитные катушки защищены от воды диамагнитной рубашкой. Настройка электромагнитного аппарата проводится по результатам серии экспериментов по месту установки. Сила тока подбирается в зависимости от напряжённости магнитного поля, от крупности образующегося шлама для данного состава воды. Проблему герметичного соединения излучателей магнитного поля с проточным трубопроводом удалось решить применением композиционного материала из пропитанного стекловолокна, армированного текстолитовыми накладками. Рекомендуется применять для новых теплообменников или прошедших химическую очистку. Эксплуатация в течение 2-х лет показала эффективность работы при средней температуре воды 70 градусов. Образовывался незначительный налёт рыхлых отложений, которые могут быть легко удалены технологической промывкой

УДК 621.187

Конов П.А., Бежикина П.А., Чермошенцев Е.А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ФЛОТАЦИИ И КОАГУЛЯЦИИ В УСТАНОВКЕ КОНДЕНСАТООЧИСТКИ КОТЕЛЬНОЙ

В мониторинге теплоэнергетических объектов большое внимание уделяется снижению нагрузки на окружающую среду от различных загрязнителей, в частности-нефтепродуктов. Штатные нефтеловушки для очистки конденсата в большинстве конструкций не обеспечивают необходимую степень очистки, соответствующую санитарным нормам.

Особенно остра проблема качества очистки конденсата стоит при использовании высокопарафинистого мазута, как основного топлива на котельных, где нет природного газа.

Это связано с тем, что в конструкциях нефтеловушек большей частью используется принцип объемного разделения, что не позволяет качественно очистить конденсат от тяжелых нефтепродуктов. Наибольший эффект дает ввод специальных реагентов перед осаждением для разрушения устойчивой структуры эмульсии. Усиление дестабилизации эмульгированной смеси дает применение блока флотации тонкой очистки мелкодисперсными пузырьками сжатого воздуха.

Рассмотрены несколько вариантов конструкций установок различной производительности, работающих на различных предприятиях. Предложена конструкция, в которой основной процесс разделения конденсата и мазута происходит в секциях объемного отстаивания и тонкослойного разделение, а тонкая очистка в секции пенной флотации и коагулирования. Применение такой конструкции требует гораздо меньше времени для извлечения загрязнений по сравнению с реагентной обработкой и отстаиванием, но и уменьшает сброс нефтепродуктов в окружающую среду и дает возможность использовать очищенный конденсат в цикле котельной и существенно снизить экологическую нагрузку на водоемы.

Представлены основные технико-экономические показатели, анализ эффективности работы.

УДК 621.31

Конов П.А., Чушкин Н.А., Золотарева В.Е.

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

ПРИМЕНЕНИЕ МИНИ-ТЭЦ В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Территория Российской Федерации обширна! В связи с этим некоторые регионы не охвачены централизованным тепло- и электроснабжением. По различным данным население данных территорий достигает 20 миллионов человек, которые лишены энергетических ресурсов, необходимых для нормальной жизнедеятельности. Как показывает практика, основная проблема децентрализованных потребителей – удаленность от транспортных систем, что существенно увеличивает цену на доставку топлива, а также низкое качество местных ресурсов, которые из-за этого применяются для прямого сжигания в котлах крайне редко. В этой связи в нашей стране активно развивается политика малой распределенной энергетики.

Так, для обеспечения энергообеспечения данных регионов целесообразно применять объекты малой энергетики мощностью до 25 МВт, использующие для генерации как традиционные, так и альтернативные источники энергии. Роль малой энергетики сводится к выполнению двух основных задач: обеспечение резервного питания – в зонах центрального энергоснабжения, и предоставление аварийного питания – при авариях и критических сбоях центральной электросети наиболее важным потребителям (экстренным службам и службам жизнеобеспечения).

Рассмотрим применение объектов малой энергетики на примере Сахалинской области, которая в связи с географическим положением является территорией с изолированной энергосистемой. Соответственно отсутствует возможность подключения к единой энергосистеме. В связи с изолированностью, малая энергетика получила широкое применение в местной энергосистеме.

Главная особенность малой энергетики заключается в том, что энергия производится непосредственно в месте её потребления. Лучше всего с этой задачей справляется мини-ТЭЦ.

Мини-ТЭЦ (малая теплоэлектроцентраль) – компактная автономная мини-электростанция, которая производит тепло и электроэнергию комбинированным способом. Чаще всего мини-ТЭЦ работает по принципу действия газотурбинных (ГТУ) или газопоршневых (ГПУ) установок, однако изредка могут применяться микротурбинные установки. Такие ТЭЦ могут вырабатывать от 100 кВт до 50 МВт полезной мощности.

Основная особенность такой мини-ТЭЦ заключается в том, что для её эксплуатации требуется минимум обслуживающего персонала, т.к. оборудование рассчитано на автономный режим работы. Чаще всего такие ТЭЦ устанавливаются в непосредственной близости от потребителя, что позволяет снизить затраты на строительство и эксплуатацию необходимых коммуникаций. При подобном расположении генерирующей установки можно значительно снизить потери при передаче тепла и электроэнергии.

Основной принцип работы мини-ТЭЦ заключается в том, что тепловой двигатель передаёт полезную работу электрогенератору, в свою очередь тот трансформирует механическую энергию в электроэнергию. Мини-ТЭЦ чаще всего эксплуатируются в двух основных производственных режимах: когенеративном и тригенеративном.

Когенерация (от англ. «*co + generation*», «совместная генерация») представляет собой дуальный процесс выработки тепловой и электрической энергии внутри одной установки, который в российской тепло-

энергетике принято называть теплофикацией. В отличие от «большой» энергетики, где существует понятие раздельная генерация, когенерация нашла своё применение преимущественно в «малой» энергетике. В связи с тем, что для когенерации не требуется отдельная конденсационная установка, для выработки энергии достаточно установить лишь один поршневой двигатель и генератор, что позволяет экономить на топливе и занимать меньше места. Когенерация стала широко применяться с 80-х годов XX века. Продолжая развиваться, в настоящее время, когенерация применяется на всех современных мини – ТЭЦ. Начиная с 2000–х годов XXI века совместно с когенерацией стала применяться и тригенерация.

По принципу действия тригенерация схожа с когенерацией, но в схеме помимо поршневого двигателя и генератора присутствует также абсорбционная установка, что позволяет вырабатывать ещё и холод. Тригенерация активно применяется в экономике, в частности в пищевой промышленности, где существует потребность в холодной воде для использования ее в технологических процессах. Технология тригенерации дает возможность преобразовывать в холод до 80% тепловой мощности когенерационной установки, что значительно увеличивает суммарный КПД когенерационной установки и повышает коэффициент ее мощностных ресурсов.

Рассмотрим более подробно термодинамический цикл данного объекта малой энергетики. Представим мини–ТЭЦ, работающую в когенеративном режиме. В качестве теплового двигателя выберем газотурбинную установку, которая функционирует по циклу Брайтона. Рассмотрим принцип её работы на основе простейшей схемы и T, s -диаграммы.

Газотурбинные установки работают по двум вариантам цикла Брайтона, которые разнятся термодинамическими процессами подвода теплоты. Так, первый представляет собой цикл с притоком теплоты при постоянном давлении (сокращенно – цикл Брайтона $p=\text{const}$), а второй – цикл с поводом теплоты при постоянном объеме (цикл Брайтона $v=\text{const}$). Рассмотрим график на рисунке 1, на котором в $T-s$ координатах представлены оба эти цикла. Они формируются путем следующих последовательных процессов: (1-2) – адиабатическое сжатие, далее происходит изобарный (2-3) или изохорный (2-5) приток теплоты, после этого адиабатическое расширение (3-4 или 5-6) и наконец, заканчивается изобарным отводом тепла (4-1) [1].

Далее рассмотрим принцип действия газотурбинных установок по первому циклу Брайтона $p=\text{const}$, так как второй цикл не получил сво-

его распространения из-за технических сложностей создания условий для работы установки.

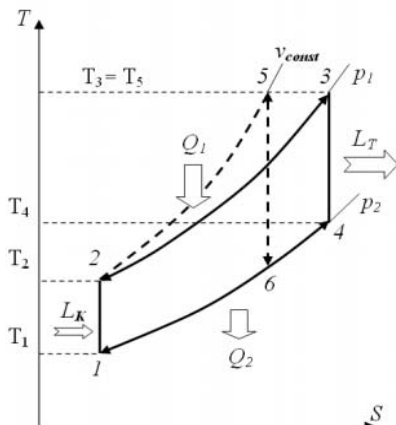


Рисунок 1 – Идеальный цикл Брайтона

На рис. 2 представлен компрессор К, газовая турбина Т и электрогенератор Г, которые жестко соединены между собой, в связи с чем часть работы, производимой турбиной, идет на привод компрессора, остальная часть и есть работа газотурбинной установки, предоставляемая потребителю (за вычетом потерь на трение в подшипниках и расхода энергии на привод топливного насоса):

$$l_{ГТУ} = l_m - l_k \quad (1)$$

где l_m – полный объем работы, производимый установкой; l_k – работа газотурбинной установки на привод компрессора.

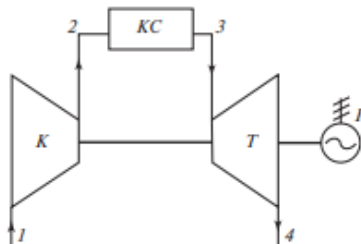


Рисунок 2 – Принципиальная схема газотурбинной установки

В качестве потребителя на рисунке 2 предусмотрен электрогенератор Г, преобразующий работу установки, то есть механическую энергию, в электроэнергию.

На рис. 3 показан обратимый термодинамический цикл в T, s - диаграмме. В обратимых циклах все процессы обратимы, поэтому адиабатные процессы сжатия в компрессоре 1-2 и расширения в турбине 3-4 обратимы, т.е. осуществляются без трения, и поэтому изэнтропны. Хотя схема простой газотурбинной установки является разомкнутой, но цикл этой установки в T, s - диаграмме изображается как замкнутый. В связи с этим иногда такие установки называют газотурбинными установками, работающими по разомкнутому циклу.

Термический коэффициент полезного действия (КПД) обратимого цикла газотурбинной установки 1-2-3-4-1 определяется как отношение работы цикла к подведенной теплоте:

$$\eta_T = \frac{1234}{q_1} = \frac{1-1_4}{q_1} \quad (2)$$

Указанные соотношения позволяют рассчитать величины удельных работ и мощностей турбины, компрессора и всей установки, а также термический КПД обратимого цикла газотурбинной установки.

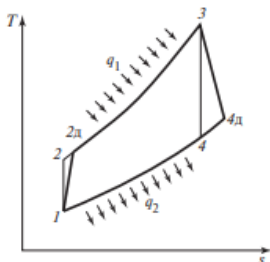


Рисунок 3 – Обратимый термодинамический цикл

После преобразования механической энергии в электрическую, выделяется избыточное тепло. Для его эффективной утилизации могут дополнительно применяться котлы утилизаторы, катализаторы и система теплообменников. Таким образом мини-ТЭЦ позволяет не только получить электрическую и тепловую энергию, но и использовать отходы производства для отопления, горячего водоснабжения, а также на технологические нужды.

Также такую ТЭЦ можно использовать в качестве основного источника электропитания на долго строящихся объектах или в качестве резервного источника питания на промышленных объектах с непрерывным производством, а также служб, обеспечивающих жизненно важные потребности городов.

Основными преимуществами мини-ТЭЦ являются: краткий срок строительства и ввода в эксплуатацию (от 3 месяцев до двух лет); независимость от местной энергосистемы; снижение затрат на ЛЭП; низкая стоимость производимой энергии; быстрая окупаемость; экологическая безопасность; возможность использования в неблагоприятных климатических условиях.

Но также существуют недостатки в использовании мини-ТЭЦ. Так как в качестве энергоисточников используют установки на базе сгорания топлива, которое зависит от поставок, невозможно говорить об обеспечении надежного бесперебойного энергоснабжения.

Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод, что мини-ТЭЦ – прекрасная альтернатива центральному электроснабжению на изолированных территориях нашей страны. При организации бесперебойной поставки топлива для установок, можно говорить о надежном электроснабжении указанных регионов с помощью мини-ТЭЦ.

Литература

1. Кириллин В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008 – 495 с.

УДК 536.7

Кислицын Т.Е., Соболев Н.Д., Золоторева В.Е.,

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

МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

Каждый генератор электрической энергии работает на явлении электромагнитной индукции, которое гласит: при пересечении проводником магнитных силовых линий в нем наводится электродвижущая сила. Отличие магнитогиродинамического (МГД) генератора от традиционного генератора заключается в отсутствии вращающихся частей, испытывающие кроме термических большие механические напряжения, что в свою очередь позволяет резко повысить температуру используемого в МГД-генераторе рабочего тела [1]. Вместо этого в качестве рабочего тела используются электропроводящая среда (жидкая или газообразная) энергия которой преобразуется непосредственно в электрическую. Движение этих сред описывает уравнение магнитной гидродинамики, что и дало в последствие название этому устройству.

Рабочее тело, вместе с присадкой, под действием нагрева от источника теплоты, частично ионизируется. В таком состоянии оно представляет собой смесь свободных электронов с электрически ней-

тральными атомами и ионами, т.е. является электропроводящей средой. Затем этот газ расширяется в сопле, где приобретает довольно высокую, и поступает в канал МГД-генератора. Канал МГД-генератора находится в магнитном поле. При пересечении проводником силовых линий магнитного поля в этом проводнике возникает ЭДС. Поскольку частично ионизированный газ является электропроводящей средой, при движении этого газа в магнитном поле также возникают ЭДС и электрический ток [2]. Получается, что, в рабочем объеме МГД-генератора генерируется электроэнергия, отводимая с электродами.

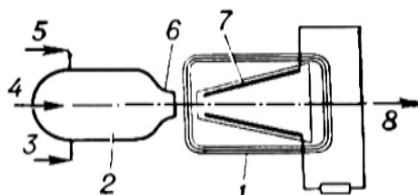


Рисунок 1 - Принцип действия МГД-генератора: 1 обмотка электромагнита; 2 — камера сгорания; 3 — присадка; 4 — воздух; 5 — топливо; 6 — сопло; 7 — электроды с последовательно включенной нагрузкой; 8 — выход продуктов сгорания.

Для создания электропроводности газа его необходимо нагреть до температуры термической ионизации (около 10000 К). При меньших температурах, для повышения степени ионизации, в рабочее тело добавляют присадки из щелочных металлов (калия, цезия и др.), что позволяет снизить температуру смеси до 2200—2700 К. Наибольшую эффективность можно получить при применении плазмы, являющейся нейтральной смесью ионов, электронов и нейтральных частиц (квазинейтральной средой) при очень высоких температурах.

Различают МГД-установки которые работают по открытому и замкнутому циклу. В установке по замкнутому циклу, в отличие от установки открытого цикла, рабочее тело сохраняется в контуре постоянным. Это позволяет использовать в качестве рабочего тела любой газ (удобнее всего использовать аргон или гелий), наиболее подходящий по своим физическим свойствам, а не только воздух и продукты сгорания — единственно возможное рабочее тело в установках открытого цикла [1].

Помимо МГД-генераторов, в которых в качестве электропроводящей среды используется частично ионизированный газ, существуют схемы МГД-установок, в которых рабочим телом являются жидкие металлы (чаще всего это щелочные металлы). Существенно более

высокая электропроводность жидкого металла (на 4-5 порядков выше, чем частично ионизированного газа) дает возможность получить большие мощности при относительно небольших скоростях движения жидкого металла в МГД-генераторе.

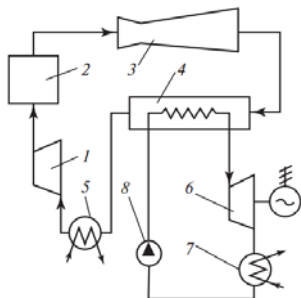


Рисунок 2 - Схема МГД-установки: 1 — компрессор; 2 — котел; 3 — МГД-генератор; 4 — парогенератор; 5 — водяной теплообменник; 6 — турбогенератор; 7 — конденсатор; 8 — насос.

Таким образом, использование МГД-генераторов в настоящее время не имеет перспектив из-за необходимости сверхжаропрочных материалов, из-за высокой стоимости проектирования, изготовления и эксплуатации. Однако, при развитии технологий и удешевлении себестоимости таких установок, применение МГД-генераторов в большой энергетике станет более реальным.

Литература

1. В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейншлин Техническая термодинамика. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 486с.
2. Принцип работы МГД-генератора (электронный ресурс). - https://studopedia.ru/7_31422_magnitogidrodinamicheskiegeneratori.html

УДК 628.161

Маликова С.А., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.

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

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Водооборотные циклы (ВОЦ) тепловых электростанций (ТЭС) и различных промышленных предприятий в процессе функционирования сталкиваются с рядом факторов, отрицательно влияющих на надежность их работы: высокие жесткость и щелочность циркулирую-

щей воды, способствующие забиванию трубок конденсаторов и других охлаждаемых аппаратов твёрдыми отложениями солей кальция; температурный режим, способствующий росту опасности биологического обрастания.

Наиболее распространенными мероприятиями, которые необходимо проводить для повышения надёжности работы ВОЦ, являются различные виды реагентной обработки воды ВОЦ. В ходе такой обработки применяемые реагенты должны минимально влиять на окружающую среду, соответствовать стандартам менеджмента качества ISO 9001:14001. С учетом конструкционных материалов, используемых в теплообменных аппаратах, реагенты не должны содержать в своём составе компоненты, активизирующие коррозионных процессы со стороны охлаждающей воды, а также хлорсодержащие и бромсодержащие неорганические продукты. Приветствуется применение в качестве реагента ингибитора комплексного действия – ингибитора обрастания отложений и коррозии. Реагенты не должны обладать агрессивными моющими свойствами. Биоцидная обработка (от биологических обрастаний) должна проводиться неокисляющими биоцидами, способными работать в широком интервале pH 6,0÷9,5. В результате обработки реагенты должны обеспечивать: 1) скорость коррозии углеродистых сталей <0,1 мм/год, медных сплавов <0,05 мм/год, легированных сталей <0,01 мм/год; 2) транспорт кальция не менее 95%; 3) уровень микробиологии не более 10^4 КОЕ/см³; кратность упаривания не менее 1,7.

Основное оборудование, обеспечивающее подачу реагентов в систему – насосы-дозаторы, работающие в автоматическом режиме (по расходу подпитывающей воды) на каждый реагент.

УДК 620.9

Толстых И.В., Черных И.В., Иванов А.А., Алексеева Н.В.

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

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ДО И ПОСЛЕ ПАНДЕМИИ COVID– 19: ВКЛАД В УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ БУДУЩЕЕ ЕВРОПЫ

В статье [1] отмечено, что энергия составляет основу экономического благосостояния и удовлетворения социальных потребностей, включая образование, питание и досуг. Пандемия COVID-19 и последовавший за ней экономический спад подчеркивают решающую роль хорошо функционирующей энергетической системы во время кризисов [1].

С переходом от высокоуглеводных систем к низкоуглеводным системам и увеличением доли возобновляемых источников энергии

(ВИЭ) стабильная работа электроэнергетической системы находится под угрозой.

Пандемия COVID-19 - инициатор перемен. Совпадение трех разных кризисов одновременно - кризиса здравоохранения из-за COVID-19, экономического кризиса и климатического кризиса – эта статья направлена на повышение роли универсальности в электроэнергетической системе [1].

Универсальность - способность электроэнергетической системы реагировать на изменения в спросе и предложении для обеспечения соответствующего пространственно-временного баланса в базовой электросети энергетики и климата и обеспечение того, чтобы электроэнергетическая система играла свою роль в обеспечении устойчивого, долгосрочного экономического роста [1].

Декарбонизация электроэнергетической системы – это, чтобы противодействовать пагубным последствиям изменения климата. Пять основных вариантов технической универсальности: (1) гибкость на стороне предложения, (2) гибкость передачи, (3) гибкость со стороны спроса, (4) межотраслевая гибкость, и (5) гибкость хранения [1].

Пандемия COVID-19 подчеркнула важность безопасности электроснабжения, которая в значительной степени зависит от универсальности электроэнергетической системы в будущем [1].

Будучи прикладной формой справедливости, справедливость универсальности является ключом к общей трансформации энергетической системы стран и требует активного участия всех соответствующих заинтересованных сторон [1].

Литература

1. [Raphael J. Heffron, Marc-Fabian Körner, Michael Schöpf, Jonathan Wagner, Martin Weibelzahl](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121000393). The role of flexibility in the light of the COVID-19 pandemic and beyond: Contributing to a sustainable and resilient energy future in Europe - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121000393>

УДК 697.34

Толстых И.В., Черных И.В., Иванов А.А., Алексеева Н.В.

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОБЗОР ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

В статье [1] рассматриваются технические методы, используемые для теплоснабжения, распределения тепла, теплоснабжения и централизованного охлаждения.

Методы теплоснабжения. Годовые объемы тепла, подаваемого в центральные тепловые сети, представлены четырьмя различными способами. Общее теплоснабжение в мире было сокращено в середине 1990-х годов, так как многие промышленные потребители были отключены в России после дерегулирования плановой экономики. Общее теплоснабжение в Европейском союзе с 1990 года практически не меняется. На международном уровне использование ТЭЦ было самым сильным аргументом в пользу внедрения систем централизованного теплоснабжения [1].

Распределение тепла. Четыре поколения распределения тепла. Пар теплоноситель в первом поколении, вода теплоноситель в последующих поколениях. Углекислый газ в качестве будущего альтернативного энергоносителя [1].

Теплоснабжение. Подстанции поставляют тепло в здания для отопления помещений и подготовки горячей воды с теплообменниками или без них. Теплообменники дают высокие уровни температуры в сетях, чтобы обеспечить температурные перепады для получения теплопередачи в теплообменниках. Промышленные тепловые потребности подключаются к сетям аналогичным образом. Наилучшей доступной технологией в Европе было использование теплосчетчиков для измерения подачи тепла каждому потребителю [1].

Централизованное охлаждение. Управление холодоснабжением осуществляется за счет использования природных и избыточных хладоносителей (через теплообменники), абсорбционных охладителей из избыточных тепловых ресурсов, механических охладителей (с рекуперацией тепла или без нее) и холодильных хранилищ [1].

Литература

1. [SvenWerner](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X). International review of district heating and cooling - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X>

УДК 621.311

Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ФЕРМИ-ДИРАКА

Функции Ферми-Дирака (ФД) возникают в задачах квантовой механики при описании свойств вещества, обусловленных поведением электронов (или других фермионов). Как известно, функция распределения электронов имеет вид:

$$\text{const} \left(1 + \exp \left[\frac{eV_F^2 - \mu}{T} \right] \right)^{-1}, (1)$$

где p есть импульс электрона, μ – химический потенциал, а T – температура. При решении квантово-механических задач используются различные моменты фермиевского распределения; они равны сверткам различных степеней импульса p с этим распределением. В таких свертках принято выбирать величину $t = \frac{p^2 \hbar^2}{2m^*}$ в качестве переменной интегрирования. Тогда эти моменты приобретают следующий вид:

$$I_k(\chi) = \int_0^{\infty} \frac{t^k dt}{1 + \exp(t - \chi)}, \chi \in (-\infty; +\infty); \quad (2)$$

здесь величина χ является химическим потенциалом, делённым на температуру. Целые k соответствуют нечетным моментам импульса, а полуцелые – четным. В физических задачах нужны только целые и полуцелые индексы и вещественные значения χ , хотя в математической теории этих функций рассматриваются произвольные k и комплексные χ .

Интеграл в (1) сходится при $k > -1$. Способ доопределения функции ФД для индекса $k < -1$ будет показан далее. Заметим, что при целых отрицательных k функции ФД имеют полюс. Перечислим индексы, актуальные для физических приложений. Электронной плотности соответствует $k = \frac{1}{2}$. Кинетической энергии электронов соответствует $k = \frac{3}{2}$. В довольно известной статистической модели атома Томаса-Ферми с квантовой и обменной поправками требуются также индексы $k = -\frac{1}{2}$ и $k = -\frac{3}{2}$. Для вычисления электронной проводимости в простейшем приближении необходимо $k = 1$, для электронной теплопроводности – $k = 2$, для электронной вязкости – $k = 3$. Для уточнения этих приближений может потребоваться $k = 4$. Поэтому определим задачу так: нужны алгоритмы вычисления для целых и полуцелых индексов k в пределах $\frac{3}{2} \leq k \leq 4$.

Функции ФД впервые появились на заре развития квантовой механики в работах Паули и Зоммерфельда при описании вырожденного электронного газа в металлах. Основные свойства этих функций изложены в статье МакДугала и Стоунера. В ней приведены сходящийся ряд при $\chi \ll 0$ и асимптотическое разложение при $\chi \rightarrow +\infty$. Поскольку прямое вычисление квадратур (1) в общем случае трудоемко, много работ было посвящено вычислению таблиц функций для конкретных индексов и построению для них несложных экономичных аппроксимаций.

При $k = 0$ интеграл (1) легко вычисляется в элементарных функциях. Это дает:

$$I_0(x) = \ln(1 + e^x) \quad (3)$$

Для этой функции выполняется следующее соотношение, связывающее функцию положительного и отрицательного аргументов:

$$I_0(x) = I_0(-x) + x, x \geq 0 \quad (4)$$

В его справедливости нетрудно убедиться, подставляя (3) в (4).

Литература

1. Калиткин Н. Н., О вычислении функций Ферми–Дирака, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1968
2. Калиткин Н.Н., Кузьмина Л.В., Интерполяционные формулы для функций Ферми–Дирака // Препринты ИПМ АН СССР, 1972
3. Кузьмина Л.В., Численный расчет термодинамических функций веществ в статистической модели атома с квантово-обменными поправками, канд. дисс., Москва, ИПМ АН СССР, 1978.

УДК 621.311

Баилаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.

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

ПРИНЦИП ПАУЛИ МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ

Если тождественные частицы имеют одинаковые квантовые числа, то их волновая функция симметрична относительно перестановки частиц. Отсюда следует, что два одинаковых фермиона, входящих в одну систему, не могут находиться в одинаковых состояниях, так как для фермионов волновая функция должна быть антисимметричной. Обобщая опытные данные, В. Паули сформулировал принцип, согласно которому системы фермионов встречаются в природе только в состояниях, описываемых антисимметричными волновыми функциями (квантово-механическая формулировка принципа Паули).

Из этого положения вытекает более простая формулировка принципа Паули которая и была введена им в квантовую теорию (1925) еще до построения квантовой механики: в системе одинаковых фермионов любые два из них не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии. Отметим, что число однотипных бозонов, находящихся в одном и том же состоянии, не лимитируется.

Напомним, что состояние электрона в атоме однозначно определяется набором четырех квантовых чисел: главного n ($n = 1, 2, 3, \dots$), орбитального l ($l = 0, 1, 2, \dots, n-1$), магнитного m_l , ($m_l = -l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$), магнитного спинового t_s , ($t_s = +1/2, -1/2$).

Распределение электронов в атоме подчиняется принципу Паули, который может быть использован в его простейшей формулировке: в одном и том же атоме не может быть более одного электрона с одинаковым набором четырех квантовых чисел n, l, m_l и m_s . т. е. $Z(n, l, m_l, m_s) = 0$ или 1 , где $Z(n, l, m_l, m_s)$ — число электронов, находящихся в квантовом состоянии, описываемом набором четырех квантовых чисел: n, l, m_l, m_s . Таким образом, принцип Паули утверждает, что два электрона, связанные в одном и том же атоме, различаются значениями по крайней мере одного квантового числа.

Квантовое число m_s может принимать лишь два значения ($\pm 1/2$). Поэтому максимальное число электронов, находящихся в состояниях, определяемых данным главным квантовым числом n , равно:

$$Z(n) = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) \quad (1)$$

Совокупность электронов в многоэлектронном атоме, имеющих одно и то же главное квантовое число n , называют электронной оболочкой. В каждой из оболочек электроны распределяются по подоболочкам, соответствующим данному l . Поскольку орбитальное квантовое число принимает значения от 0 до $n-1$, число подоболочек равно порядковому номеру n оболочки. Количество электронов в подоболочке определяется магнитным и магнитным спиновым квантовыми числами: максимальное число электронов в подоболочке с данным l равно $2(2l+1)$.

Литература

1. Паули В. «О связи между заполнением групп электронов в атоме и сложной структурой спектров» в книге «Вольфганг Паули Труды по квантовой теории: Квантовая теория. Общие принципы волновой механики. Статьи 1920—1928.» М.: Наука, 1975.
2. Паули В. Общие принципы волновой механики. — М.-Л. : ГИТТЛ, 1947.
3. Давыдов А. С. Квантовая механика. — Наука, 1973.

УДК 621.311

Бахлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.

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

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ В СОБСТВЕННОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ

Химически чистые полупроводники называют собственными полупроводниками. К ним относят ряд чистых химических элементов

(германий, кремний, селен, теллур и др.) и многие химические соединения, такие, например, как арсенид галлия (GaAs), арсенид индия (InAs), антимонид индия (InSb), карбид кремния (SiC) и т.д. Полупроводники имеют кристаллическую решетку типа алмаза, которая состоит из множества одинаковых тетраэдров.

При образовании кристалла полупроводника каждый атом, находясь в узле кристаллической решетки, создает связи с четырьмя соседними атомами. Каждая связь образуется парой валентных электронов и называется ковалентной. Оба электрона ковалентной связи в кристалле вращаются по орбите, охватывающей оба атома. Электроны связывают атомы и удерживаются в этой связи силами притяжения к ядрам этих атомов.

При отсутствии примесей и температуре абсолютного нуля $T = 0$ К в кристалле полупроводника все валентные электроны находятся в ковалентных связях атомов, так что свободных электронов нет. В этом случае кристалл не может проводить электрический ток и является идеальным диэлектриком.

При температуре выше абсолютного нуля атомы кристалла под воздействием тепловой энергии совершают колебания около узлов кристаллической решетки. Амплитуда этих колебаний тем больше, чем выше температура кристалла. Те электроны ковалентных связей, которые получают тепловую энергию, равную ширине запрещенной зоны или превышающую её, отрываются и уходят из связей. Они становятся свободными и могут перемещаться внутри кристалла, создавая электрический ток. Свободный электрон является подвижным носителем отрицательного заряда. При этом ему будет соответствовать энергетическое состояние, которое находится в зоне проводимости.

На месте, откуда ушел электрон, условие электронейтральности нарушается, и возникает положительно заряженная вакансия электрона, которую принято называть дыркой. Этой положительно заряженной дырке на энергетической диаграмме соответствует свободное энергетическое состояние, образовавшееся в валентной зоне после ухода электрона. У электронов валентной зоны появилась возможность занять это состояние, при этом, по мере того как валентные электроны занимают соответствующее дырке вакантное состояние, дырка в энергетической зоне перемещается от потолка валентной зоны к ее дну.

Процесс образования пары «свободный электрон – дырка» называют генерацией пары носителей заряда. Для совершенного, не имеющего примесей и дефектов, кристалла концентрация электронов (n_i) будет равна концентрации дырок (p_i). Это собственная концентрация

носителей заряда: $n_i = p_i$. Индекс i означает концентрацию носителей для собственного полупроводника.

Концентрация подвижных носителей заряда зависит от температуры кристалла и ширины запрещенной зоны: концентрация носителей заряда возрастает с повышением температуры и уменьшением ширины запрещенной зоны. Следовательно, удельная электрическая проводимость полупроводника, пропорциональная концентрации носителей заряда, также увеличивается с повышением температуры, а ее значение больше в полупроводниках с меньшим значением ширины запрещающей зоны.

Подвижные носители заряда обуславливают электропроводность полупроводника. При отсутствии электрического поля носители заряда движутся хаотически. Под действием электрического поля электроны и дырки, продолжая участвовать в хаотическом тепловом движении, смещаются вдоль поля: электроны – в сторону положительного потенциала, дырки – в сторону отрицательного. Направленное движение обоих видов носителей заряда создает электрический ток в кристалле, который имеет две составляющие – электронную и дырочную.

Электропроводность полупроводника, обусловленную равным количеством электронов и дырок, появляющихся вследствие разрушения ковалентных связей, называют собственной электропроводностью.

Литература

1. О.Б. Яценко, И.Г. Чудотворцев, М.К. Шаров Основы физики и химии полупроводников. Часть II Учебное пособие для вузов — Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. 2007.

2. Леонов В.П. Введение в физику и технологию элементной базы ЭВМ и компьютеров: Учебное пособие. — Томск: Изд-во НТЛ, 2008.

3. М. П. Михайлова, К. Д. Моисеев, Ю. П. Яковлев Открытие полупроводников: физические свойства и применение — Физика и техника полупроводников, 2019.

УДК 621.311

Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.

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

ЭФФЕКТ ХОЛЛА

Эффект Холла — явление возникновения поперечной разности потенциалов при помещении проводника с постоянным током в магнит-

ное поле. Открыт Эдвином Холлом в 1879 году в тонких пластинках золота.

В простейшем рассмотрении эффект Холла выглядит следующим образом. Пусть через проводящий брусок в слабом магнитном поле с индукцией \mathbf{B} течёт электрический ток с плотностью \mathbf{j} под действием напряжённости \mathbf{E} . Магнитное поле будет отклонять носители заряда к одной из граней бруса от их движения вдоль или против электрического поля.

Таким образом, сила Лоренца приведёт к накоплению отрицательного заряда возле одной грани бруска, и положительного — возле противоположной. Накопление заряда будет продолжаться до тех пор, пока возникшее электрическое поле зарядов не скомпенсирует силу Лоренца:

$$eE_1 = evB \Rightarrow E_1 = vB, \quad (1)$$

где e — электрический заряд электрона.

Скорость электронов можно выразить через плотность тока \mathbf{j} :

$$\mathbf{j} = nev \Rightarrow v = \frac{\mathbf{j}}{ne}, \quad (2)$$

где n — концентрация носителей заряда. Тогда

$$E_1 = \frac{1}{ne} j B \quad (3)$$

Коэффициент $R_H = \frac{1}{ne}$ пропорциональности между E_1 и jB называется коэффициентом (или константой) Холла. В таком приближении знак постоянной Холла зависит от знака носителей заряда, что позволяет определить знак их заряда для большого числа металлов и полупроводников.

Несмотря на то, что носителями заряда в металлах являются электроны, имеющие отрицательный заряд, для некоторых металлов — например, таких, как свинец, цинк, железо, кобальт, вольфрам в достаточно сильном магнитном поле наблюдается положительный знак константы Холла R_H , что объясняется в полуклассической и квантовой теориях твёрдого тела.

Случай появления напряжения (электрического поля) в образце, перпендикулярного направлению пропускаемого через образец тока, наблюдающегося в отсутствие приложенного 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 намагниченностью.

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.

Магнетосопротивление

Эдвин Холл проводил опыты в надежде обнаружить возрастание сопротивления проводника в магнитном поле, но в слабых полях не зарегистрировал его. Также оно не следует из теории металлов Друде, расчёты по которой приводились выше. Однако при более строгих расчётах и в сильных полях магнетосопротивление проявляется достаточно хорошо.

Датчик Холла, используемый для измерения силы тока в проводнике. В отличие от трансформатора тока, измеряет также и постоянный ток.

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 получили очень большое распространение в бесколлекторных, или вентильных, электродвигателях. Датчики закрепляются непосредственно на статоре двигателя и выступают в роли датчика положения ротора, который реализует обратную связь по положению ротора.

Литература

1. Абрикосов А. А. Основы теории металлов. — Москва: «Наука», главная редакция физико-математической литературы, 1987.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твёрдого тела. — «Мир», 1979.

УДК 621.311

Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачёва В.М.

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

НОРМАЛЬНОЕ И ТАНГЕНЦИАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Тангенциальное ускорение — компонента ускорения, направленная по касательной к траектории движения. Характеризует изменение модуля скорости в отличие от нормальной компоненты, характеризующей изменение направления скорости. Тангенциальное ускорение

равно произведению единичного вектора, направленного по скорости движения, на производную модуля скорости по времени. Таким образом, направлено в ту же сторону, что и вектор скорости при ускоренном движении (положительная производная) и в противоположную при замедленном (отрицательная производная).

Центростремительное (нормальное) ускорение— составляющая ускорения точки, характеризующая быстроту изменения направления вектора скорости для траектории с кривизной. Направлено к центру кривизны траектории, чем и обусловлен термин. Ту составляющую суммы сил, которая обуславливает это ускорение, называют центростремительной силой.

Наиболее простым примером центростремительного ускорения является вектор ускорения при равномерном движении по окружности (направленный к центру окружности).

В классической механике центростремительное ускорение вызывается компонентами сил, направленными ортогонально вектору скорости, и, следовательно, оно перпендикулярно касательной к траектории в данной точке. Например, кривизна орбит космических объектов характеризуется центростремительным ускорением, вызванным гравитацией.

Литература

1. А. П. Рымкевич. Физика. Задачник 10-11. – М.: Дрофа, 2006.
2. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.: Учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2000.

УДК 621.311

Давыдов В.В., Логачева В.М.

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

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ

На практике мощность двигателя можно рассчитать, прежде всего, исходя из рабочего тока. Ток измеряется токовыми клещами в максимальном рабочем режиме, когда рабочая мощность приближается к номинальной. При этом температура корпуса двигателя может превышать 100 °С, в зависимости от класса нагревостойкости изоляции. Измеренный ток подставляем в формулу для расчета реальной механической мощности на валу:

$$P = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta, \quad (1)$$

где U – напряжение питания (380 или 220 В, в зависимости от схемы подключения – «звезда» или «треугольник»), I – измеренный ток, $\cos \varphi$ и η – коэффициент мощности и КПД, значения которых можно принять равными 0,8 для маломощных двигателей (менее 5,5 кВт) или 0,9 для двигателей мощностью более 15 кВт. Если нужно найти номинальную мощность двигателя, то полученный результат округляем в большую сторону до ближайшего значения из ряда номиналов.

$$P_2 > P$$

Если необходимо рассчитать потребляемую активную мощность, используем следующую формулу:

$$P_1 = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \eta \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Именно активную мощность измеряют счетчики электроэнергии. В промышленности для измерения реактивной (и полной мощности S) применяют дополнительное оборудование. При данном способе можно не использовать приведенную формулу, а поступить проще – если двигатель подключен в «звезду», измеренное значение тока умножаем на 2 и получаем приблизительную мощность в кВт. Расчет мощности при помощи счетчика электроэнергии Этот способ прост и не требует дополнительных инструментов и знаний. Достаточно подключить двигатель через счетчик (трехфазный узел учета) и узнать разницу показаний за строго определенное время. Например, при работе двигателя в течении часа разница показаний счетчика будет численно равна активной мощности двигателя (P_1). Но чтобы получить номинальную мощность P_2 , нужно воспользоваться приведенной выше формулой.

Литература

1. Алиев И.И. (2004) Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах
2. Лотоцкий К.В. (1964) Электрические машины и основы электропривода

УДК 621.311

Давыдов В.В., Коровин Н.А., Логачева В.М.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

АКБ — самая большая, тяжелая и дорогая деталь машины. В большинстве случаев она располагается в днище, занимает практически всю его площадь, весит до полутоны. Батареи для электромобилей состоят из нескольких тысяч ячеек разного вида.

Первый прообраз аккумулятора, который, в отличие от батареи Алессандро Вольты, можно было многократно заряжать, был создан в 1803 году Иоганном Вильгельмом Риттером. Его аккумуляторная батарея представляла собой столб из пятидесяти медных кружочков, между которыми было проложено влажное сукно. После пропускания через данное устройство тока от вольтова столба оно само начинало вести себя как источник электричества.

Большинство современных электромобилей используют литий-ионные аккумуляторы, которые состоят из электродов разделённых пропитанными электролитом пористыми сепараторами. Переносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который внедряется в кристаллическую решетку других материалов с образованием химической связи. Характеристики аккумуляторов следующие:

Ёмкость аккумулятора. За ёмкость аккумулятора чаще всего принимают количество электричества равное 1 Кл, при силе тока 1 А в течение 1 с, (при переводе времени в часы получаем 1 А*ч=3600 Кл). Вычисляется по формуле $Q = I \cdot t$, где Q - количество электричества или электрический заряд, I — сила тока, t — время протекания электрического тока.

Саморазряд — это потеря аккумулятором заряда после полной зарядки при отсутствии нагрузки. Саморазряд проявляется по-разному у разных типов аккумуляторов, но всегда максимален в первые часы после заряда, а после — замедляется У литий-ионных он крайне мал и значительно себя проявляет только в течение нескольких месяцев после зарядки.

Плотность энергии аккумулятора – это количество энергии, которое может быть сохранено в определенном количестве массы (или объема). В настоящее время в большинстве электрокаров используются батареи с плотностью около 250 Вт*ч/кг, однако недавно появилась информация о выходе на рынок батарей с показателем 350 Вт*ч/кг.

Вычисляется по формуле:
$$w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \quad (1)$$

Мощность электрического тока, потребляемая электрооборудованием, равна напряжению на нем, умноженному на ток, протекающий через него.

$$P = U \cdot I \quad (2)$$

Данная формула показывает, в каких единицах измеряется электрическая мощность – это В·А.

Температурный режим. Любая температура со знаком минус отрицательно сказывается на электромобилях. При температуре до ми-

нус 15 ухудшается динамика движения авто, а также падает емкость батареи. В зависимости от стиля езды и других факторов, падение колеблется в пределах 20-30%. В электромобилях устанавливается от 2500 до 5000 ячеек. • Умножаем минимальные 2500 ячеек • 14,6 Вт·ч = 36 500 Вт·ч. Так, например, в Tesla Model S официально заявлена ёмкость тягового аккумулятора 100 кВт·ч [ёмкость аккумулятора у «Тесла S»]. То есть в электромобилях устанавливаются тяговые батареи как минимум 36 500 Вт·ч, а на примере реальных характеристик Model S ёмкость достигает и вовсе 100 000 Вт·ч.

Литература

https://neovolt.ru/blog/973_emkost-akkumulyatora-tesla
https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_аккумулятор

УДК 621.311

Давыдов В.В., Логачева В.М.

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

ПОНЯТИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Мощность – пожалуй, самый важный параметр при выборе электродвигателя. Традиционно она указывается в киловаттах (кВт), у импортных моделей – в киловаттах и лошадиных силах (л.с., HP, Horse Power). Для справки: 1 л.с. приблизительно равна 0,75 кВт. На шильдике двигателя указана номинальная полезная (отдаваемая механическая) мощность. Это та мощность, которую двигатель может отдавать механической нагрузке с заявленными параметрами без перегрева. В формулах номинальная механическая мощность обозначается через P_2 . Электрическая (потребляемая) мощность двигателя P_1 всегда больше отдаваемой P_2 , поскольку в любом устройстве преобразования энергии существуют потери. Основные потери в электродвигателе – механические, обусловленные трением. Как известно из курса физики, потери в любом устройстве определяются через КПД (η), который всегда менее 100%. В данном случае справедлива формула:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta \quad (1)$$

КПД в двигателях зависит от номинальной мощности – у маломощных моделей он может быть менее 0,75, у мощных превышает 0,95. Приведенная формула справедлива для активной потребляемой мощности. Но, поскольку электродвигатель является активно-реактивной нагрузкой, для расчета полной потребляемой мощности S (с учетом реактивной составляющей) нужно учитывать реактивные потери. Реактивная составляющая выражается через коэффициент

мощности ($\cos \varphi$). С её учетом формула номинальной мощности двигателя выглядит так:

$$P_2 = P_1 \cdot \varphi = S \cdot \varphi \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Мощность и нагрев двигателя Номинальная мощность обычно указывается для температуры окружающей среды 40°C и ограничена предельной температурой нагрева. Поскольку самым слабым местом в двигателе с точки зрения перегрева является изоляция, мощность ограничивается классом изоляции обмотки статора. Например, для наиболее распространенного класса изоляции F допустимый нагрев составляет 155°C при температуре окружающей среды 40°C . В документации на электродвигатели приводятся данные, из которых видно, что номинальная мощность двигателя падает при повышении температуры окружающей среды. С другой стороны, при должном охлаждении двигатели могут длительное время работать на мощности выше номинала. Следует сказать, что реальная рабочая потребляемая мощность P (мощность на валу двигателя в данный момент) всегда должна быть меньше номинальной:

$$P < P_2 < P_1 < S \quad (3)$$

Это необходимо для предотвращения перегрева двигателя и наличия запаса по перегрузке. Кратковременные перегрузки допустимы, но они ограничены прежде всего нагревом двигателя. Защиту двигателя по перегрузке также желательно устанавливать не по номинальному току (который прямо пропорционален мощности), а исходя из реального рабочего тока.

Современные производители в основном выпускают двигатели из ряда номиналов: 1,5, 2,2, 5,5, 7,5, 11, 15, 18,5, 22 кВт и т.д.

Литература

1. Вольдек А.И. (1978) Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. Заведений
2. Лотоцкий К.В. (1964) Электрические машины и основы электропривода

УДК 621.311

Иванов А.А., Толстых И.В., Логачева В.М.

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

ЗОННАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

В соответствии с квантовой механикой свободные электроны могут иметь любую энергию — их энергетический спектр непрерывен. Электроны, принадлежащие изолированным атомам, имеют определённые

дискретные значения энергии. В твёрдом теле энергетический спектр электронов существенно иной, он состоит из отдельных разрешённых энергетических зон, разделённых зонами запрещённых энергий.

Согласно постулатам Бора, в изолированном атоме энергия электрона может принимать строго дискретные значения (также говорят, что электрон находится на одной из орбиталей). В случае нескольких атомов, объединённых химической связью (например, в молекуле), электронные орбитали расщепляются в количестве, пропорциональном числу атомов, образуя так называемые молекулярные орбитали. При дальнейшем увеличении системы до макроскопического кристалла (число атомов более 10^{20}), количество орбиталей становится очень большим, а разница энергий электронов, находящихся на соседних орбиталях, соответственно очень маленькой, энергетические уровни расщепляются до практически непрерывных дискретных наборов — энергетических зон. Наивысшая из разрешённых энергетических зон в полупроводниках и диэлектриках, в которой при температуре 0 К все энергетические состояния заняты электронами, называется валентной зоной, следующая за ней — зоной проводимости. В металлах зоной проводимости называется наивысшая разрешённая зона, в которой находятся электроны при температуре 0 К.

В основе зонной теории лежат следующие главные приближения:

1. Твёрдое тело представляет собой идеально периодический кристалл.
2. Равновесные положения узлов кристаллической решетки фиксированы, т.е. ядра атомов считаются неподвижными (адиабатическое приближение). Малые колебания атомов вокруг равновесных положений, которые могут быть описаны как фононы, вводятся впоследствии как возмущение электронного энергетического спектра.
3. Многоэлектронная задача сводится к одноэлектронной: воздействие на данный электрон всех остальных описывается некоторым усреднённым периодическим полем.

В различных веществах, а также в различных формах одного и того же вещества, энергетические зоны располагаются по-разному. По взаимному расположению этих зон вещества делят на три большие группы: проводники, полупроводники, диэлектрики.

Проводники — зона проводимости и валентная зона перекрываются, образуя одну зону, называемую зоной проводимости, таким образом, электрон может свободно перемещаться между ними, получив любую допустимо малую энергию. Таким образом, при приложении к твёрдому телу разности потенциалов, электроны смогут свободно дви-

гаться из точки с меньшим потенциалом в точку с большим, образуя электрический ток. К проводникам относят все металлы.

Полупроводники — зоны не перекрываются и расстояние между ними составляет менее 3.5 эВ. Для того, чтобы перевести электрон из валентной зоны в зону проводимости требуется энергия меньшая, чем для диэлектрика, поэтому чистые (собственные, нелегированные) полупроводники слабо пропускают ток.

Диэлектрики — зоны не перекрываются и расстояние между ними составляет более 3.5 эВ. Таким образом, для того, чтобы перевести электрон из валентной зоны в зону проводимости требуется значительная энергия, поэтому диэлектрики ток практически не проводят.

МЕТАЛЛЫ. ПОЛУПРОВОДНИКИ . ДИЭЛЕКТРИКИ. ЗОННАЯ ТЕОРИЯ.

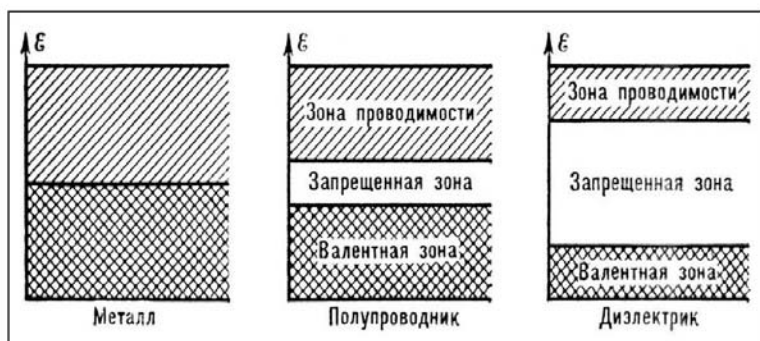


Рисунок 1. Упрощенная зонная диаграмма для проводников, полупроводников и диэлектриков.

Зонная теория является основой современной теории твёрдых тел. Она позволила понять природу и объяснить важнейшие свойства металлов, полупроводников и диэлектриков. Величина запрещенной зоны между зонами валентности и проводимости является ключевой величиной в зонной теории, она определяет оптические и электрические свойства материала.

Поскольку одним из основных механизмов передачи электрону энергии является тепловой, то проводимость полупроводников очень сильно зависит от температуры. Также, проводимость можно увели-

чить, создав разрешенный энергетический уровень в запрещенной зоне, путем легирования. Таким образом создаются все полупроводниковые приборы: солнечные элементы (преобразователи света в электричество), диоды, транзисторы, твердотельные лазеры и другие.

Переход электрона из валентной зоны в зону проводимости называют процессом генерации носителей заряда (отрицательного – электрона, и положительного – дырки), обратный переход — процессом рекомбинации.

Литература

1. Савельев И. В., Курс физики: Учебное пособие. В 3-х тт. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 7-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 308 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

УДК 621.311

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.

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

ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ

Положим, что некоторая физическая величина s распространяется в направлении X со скоростью v . Величина s может обозначать смещение или скорость отрезков резинового шнура при наличии в нем механической волны. В случае электромагнитных волн под s можно подразумевать напряженность электрического или магнитного поля и т. д. Нетрудно видеть, что общая форма записи этого процесса есть

$$s = f\left(t - \frac{x}{v}\right). \quad (1)$$

Здесь t обозначает время, x — координату рассматриваемой точки, а f — символ произвольной функции. Или, иными словами, любая произвольная функция, если только она зависит от аргумента $(t-x/v)$, выражает волнообразный процесс.

Чтобы убедиться в этом, предположим, что наблюдатель движется в положительном направлении оси X со скоростью v . Тогда для него $x = x_0 + vt$. Подставляя это выражение в (1), находим:

$$s = f\left(t - \frac{x_0 + vt}{v}\right) = f\left(-\frac{x_0}{v}\right) = \text{const}, \quad (2)$$

т.е. s не зависит от времени. Такой движущийся наблюдатель, следовательно, будет находить возле себя одно и то же значение величины s , а

это и значит, что s распространяется со скоростью v . Подобным же образом можно убедиться, что соотношение

$$s = f\left(t + \frac{x}{v}\right) \quad (3)$$

выражает то обстоятельство, что величина s распространяется в отрицательном направлении оси X .

Полагая в (1) или (3) $t=0$, мы получим:

$$s = f\left(\mp \frac{x}{v}\right). \quad (4)$$

Это выражение представляет распределение s в момент времени $t=0$. Если s обозначает смещение точек резинового шнура, то написанная формула дает начальную деформацию шнура (его изгиб). Если s есть напряженность электрического поля в электромагнитной волне, то последняя формула выражает распределение поля в пространстве в начальный момент времени. Следовательно, вид функции f зависит от начальных условий процесса. В частности, если f обозначает \sin или \cos , то (1) переходит в уравнение гармонической волны. Таким образом, формулы (1) и (3) представляют собой общее выражение волны, распространяющейся в направлении оси X .

Функция s удовлетворяет простому дифференциальному уравнению. Чтобы найти его, продифференцируем формулы (1) и (3) (которые мы объединим, вводя двойной знак \mp) два раза по координате. Это дает:

$$\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot f'', \quad (5)$$

где штрихами обозначено дифференцирование по всему аргументу.

$$\left(t \mp \frac{x}{v}\right) \quad (6)$$

Мы предполагали, что волна распространяется в одном определенном направлении, которое мы считали совпадающим с направлением оси X (или ему противоположным).

Таким образом, если какая-либо физическая величина распространяется волнообразно, то она удовлетворяет волновому уравнению. И обратно, если удастся показать, что рассматриваемая величина подчиняется волновому уравнению, то можно утверждать, что возможно ее распространение в виде волны. При этом непосредственно получается и скорость распространения волны, которая равна квадратному корню из коэффициента при d^2s/dx^2 . Поэтому волновое

уравнение играет большую роль при исследовании различных физических явлений.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 9. Квантовая механика II

УДК 621.311

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.

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

ЗАКОН КУЛОНА

Закон взаимодействия неподвижных точечных электрических зарядов установлен в 1785 г. Ш. Кулоном с помощью крутильных весов, подобных тем, которые использовались Г. Кавендишем для определения гравитационной постоянной (ранее этот закон был открыт Г. Кавендишем, однако его работа оставалась неизвестной более 100 лет). Точечным называется заряд, сосредоточенный на теле, линейные размеры которого пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием до других заряженных тел, с которыми он взаимодействует. Понятие точечного заряда, как и материальной точки, является физической абстракцией.

Закон Кулона: сила взаимодействия F между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, пропорциональна зарядам Q_1 и Q_2 и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними:

$$F = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}, \quad (1)$$

где k — коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора системы единиц.



Рисунок 1. Линия взаимодействия

Сила F направлена по прямой линии, соединяющей взаимодействующие заряды, т. е. является центральной, и соответствует притяжению ($F < 0$) в случае разноименных зарядов и отталкиванию ($F > 0$) в случае одноименных зарядов. Эта сила называется кулоновской силой.

В векторной форме закон Кулона имеет вид

$$\mathbf{F}_{12} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \frac{\mathbf{r}_{12}}{r}, \quad (2)$$

где F_{12} — сила, действующая на заряд Q_1 со стороны заряда Q_2 , r_{12} — радиус-вектор, соединяющий заряд Q_2 с зарядом Q_1 , $r = |r_{12}|$ (Рис.1). На заряд Q_2 со стороны заряда Q_1 действует сила $F_{21} = -F_{12}$, т. е. взаимодействие электрических точечных зарядов удовлетворяет третьему закону Ньютона.

В СИ коэффициент пропорциональности равен $k = 1/(4\pi\epsilon_0)$. Тогда закон Кулона запишется в окончательном виде:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}. \quad (3)$$

Величина ϵ_0 называется электрической постоянной; она относится к числу фундаментальных физических постоянных и равна $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²) или $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, где фарад (Ф) — единица электрической емкости. Тогда $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9$ м/Ф.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 5. Электричество и магнетизм

УДК 621.311

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.

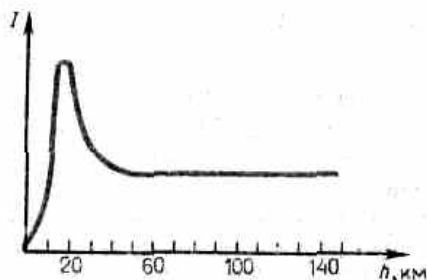
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д. И. Менделеева)

КОСМИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Развитие физики элементарных частиц тесно связано с изучением космического излучения — излучения, приходящего на Землю практически изотропно со всех направлений космического пространства. Измерения интенсивности космического излучения, проводимые методами, аналогичными методам регистрации радиоактивных излучений и частиц, приводят к выводу, что его интенсивность быстро растет с высотой, достигает максимума, затем уменьшается и с $h \approx 50$ км остается практически постоянной (Рис. 1).

Различают первичное и вторичное космические излучения. Излучение, приходящее непосредственно из космоса, называют первичным космическим излучением. Исследование его состава показало, что первичное излучение представляет собой поток элементарных частиц высокой энергии, причем более 90% из них составляют протоны с энер-

гией примерно 10^9 — 10^{13} эВ, около 7% — α -частицы и лишь небольшая доля (около 1%) приходится на ядра более тяжелых элементов ($Z > 20$). По современным представлениям, основанным, на данных астрофизики и радиоастрономии, считается, что первичное космическое излучение имеет в основном галактическое происхождение. Считается, что ускорение частиц до столь высоких энергий может происходить при столкновении с движущимися межзвездными магнитными полями. При $h \geq 50$ км (Рис. 1) интенсивность космического излучения постоянна; на этих высотах наблюдается лишь первичное излучение.



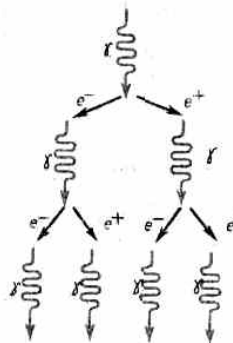
(Рис. 1)

С приближением к Земле интенсивность космического излучения возрастает, что свидетельствует о появлении вторичного космического излучения, которое образуется в результате взаимодействия первичного космического излучения с ядрами атомов земной атмосферы. Во вторичном космическом излучении встречаются практически все известные элементарные частицы. При $h < 20$ км космическое излучение является вторичным; с уменьшением h его интенсивность понижается, поскольку вторичные частицы по мере продвижения к поверхности Земли испытывают поглощение.

В составе вторичного космического излучения можно выделить два компонента: мягкий (сильно поглощается свинцом) и жесткий (обладает в свинце большой проникающей способностью). Происхождение мягкого компонента объясняется следующим образом. В космическом пространстве всегда имеются γ -кванты с энергией $E > 2m_0c^2$, которые в поле атомных ядер превращаются в электронно-позитронные пары. Образовавшиеся таким образом электроны и позитроны, тормозясь, в свою очередь, создают γ -кванты, энергия которых еще достаточна для образования новых электронно-позитронных пар и т. д. до тех пор, пока энергия γ -квантов не будет меньше $2m_0c^2$.

(Рис. 2) Описанный процесс называется электронно-позитронно-фотонным (или каскадным) ливнем. Хотя первичные частицы, приво-

дящие к образованию этих ливней, и обладают огромными энергиями, но ливневые частицы являются «мягкими» — не проходят через большие толщи вещества. Таким образом, ливневые частицы — электроны, позитроны и γ -кванты — и представляют собой мягкий компонент вторичного космического излучения.



(Рис. 2)

Исследование космического излучения, с одной стороны, позволило на заре развития физики элементарных частиц получить основные экспериментальные данные, на которых базировалась эта область науки, а с другой — дало возможность и сейчас изучать процессы с частицами сверхвысоких энергий вплоть до 1021 эВ, которые еще не получены искусственным путем. Правда, с начала 50-х годов для исследования элементарных частиц стали применять ускорители (позволяют ускорить частицы до сотен гигаэлектрон-вольт), в связи с чем космическое излучение утратило свою исключительность при их изучении, оставаясь лишь основным «источником» частиц в области сверхвысоких энергий.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 9. Квантовая механика

УДК 621.311

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.

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

ЗАКОН ОМА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЕ

Закон Ома позволяет найти силу тока в проволоках и вообще в тех случаях, когда трубки тока являются цилиндрами постоянного сечения. Однако часто приходится вычислять силу тока в проводящих сре-

дах, в которых трубки тока не имеют цилиндрической формы. Примерами могут служить сферический и цилиндрический конденсаторы, в которых пространство между обкладками заполнено проводящей средой. В этом случае формула уже не применима, так как расстояние l различно для разных точек поверхности обкладок, а площадь S у каждой обкладки имеет разную величину.

Однако закон Ома можно представить в другой форме, которая пригодна и для решения задач о токах в проводящих средах.

Рассмотрим в проводящей среде небольшой отрезок трубки тока длины Δl (Рис.) и два близких ее сечения 1 и 2. Обозначим потенциалы этих сечений через U_1 и U_2 , а среднюю величину площади сечений — через ΔS . Применяя к этому отрезку закон Ома и формулу получим:

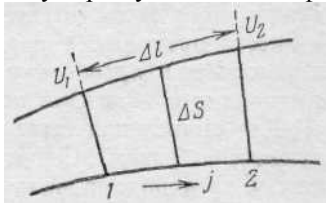


Рис.1. К закону Ома в дифференциальной форме.

или, сокращая на ΔS и вводя удельную электропроводность среды $\lambda=1/\rho$:

$$j = \lambda \frac{U_1 - U_2}{\Delta l} = -\lambda \frac{U_2 - U_1}{\Delta l} = -\lambda \frac{\Delta U}{\Delta l}. \quad (1)$$

Чтобы эта формула была совершенно точна, нужно перейти к пределу при $\Delta l \rightarrow 0$, так как только в этом случае рассматриваемый отрезок трубки можно считать цилиндрическим и применять к нему формулу. Но

$$\lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(-\frac{\Delta U}{\Delta l} \right) = -\frac{dU}{dl} = E, \quad (2)$$

где E — напряженность электрического поля внутри проводника. Учитывая, далее, что j и E суть векторы, и притом одинаково направленные, находим окончательно:

$$j = \lambda E. \quad (3)$$

Это соотношение носит название дифференциальной формы закона Ома. В отличие от интегральной формы закона Ома, оно содержит величины, характеризующие электрическое состояние среды в одной и той же точке.

Поле E , входящее в (3), есть поле внутри проводящей среды при наличии тока. Можно, однако, показать, что если проводящая среда однородна, то во всех практически интересных случаях это поле совпадает с электростатическим полем $E_{ст}$, т. е. с полем, которое существовало бы между данными электродами, если бы между ними было то же напряжение, что и при наличии тока, а вместо проводящей среды был бы вакуум. Отсюда следует, что в однородном проводнике силовые линии электростатического поля совпадают с линиями тока.

Для вычисления силы тока в проводящих средах поступают следующим образом. Сначала вычисляют по заданному напряжению между электродами напряженность поля внутри проводящей среды, т. е. решают задачу электростатики. Затем, пользуясь формулой (3), определяют плотность тока j в каждой точке среды. После этого нужно мысленно выделить какую-либо замкнутую поверхность S , целиком окружающую один из электродов, и найти силу тока i , как поток вектора j через эту поверхность. При этом, разумеется, замкнутую поверхность S следует выбирать, сообразуясь с условиями симметрии задачи, чтобы вычисления были простыми.

Пример 1. Сферический конденсатор с утечкой. Пусть имеется сферический конденсатор, у которого пространство между обкладками заполнено веществом с удельной электропроводностью λ .

Находим напряженность поля:

$$E = -\frac{dU}{dr} = \frac{U_0}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}} \cdot \frac{1}{r^2}. \quad (4)$$

Поэтому, согласно (3), плотность тока на расстоянии r от центра равна:

$$j = U_0 \frac{\lambda}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}} \cdot \frac{1}{r^2}. \quad (5)$$

В данном случае удобно выбрать в качестве поверхности S сферу некоторого радиуса r , проходящую между обкладками. Тогда $j_n = j$, и, кроме того, j постоянно во всех точках сферы. Поэтому

$$i = jS = U_0 \frac{\lambda}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{4\pi\lambda}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}} U_0. \quad (6)$$

Сила тока через конденсатор, пропорциональна напряжению U_0 между обкладками. Электропроводность конденсатора Λ оказывается равной

$$\Lambda = \frac{i}{U_0} = \frac{4\pi\lambda}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}}. \quad (7)$$

По этим формулам можно вычислить ток утечки i и сопротивление утечки $R=l/\Lambda$ сферического конденсатора.

Пример 2. Цилиндрический конденсатор с утечкой. В этом случае напряженность поля находим из формулы:

$$E = -\frac{dU}{dr} = -\frac{U_0}{\ln \frac{b}{a}} \frac{1}{r}. \quad (8)$$

Плотность тока j равна

$$j = -U_0 \frac{\lambda}{\ln \frac{b}{a}} \frac{1}{r}. \quad (9)$$

Так как нас не интересует направление тока, а лишь его величина, мы опустим в дальнейшем знак минус. В качестве замкнутой поверхности целесообразно выбрать цилиндр радиуса r , проходящий между обкладками. В этом случае опять $j_n=j$ и постоянно на поверхности цилиндра. Поэтому сила тока на единицу длины конденсатора получается равной

$$\frac{i}{l} = jS = U_0 \frac{\lambda}{\ln \frac{b}{a}} \frac{1}{r} \cdot 2\pi r = \frac{2\pi\lambda}{\ln \frac{b}{a}} U_0. \quad (10)$$

И в этом случае, как и во всех подобных задачах, сила тока пропорциональна напряжению между обкладками. Электропроводность конденсатора длины l есть

$$\Lambda = \frac{2\pi\lambda}{\ln \frac{b}{a}} l. \quad (11)$$

Этими формулами пользуются для вычисления тока и сопротивления утечки кабеля.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 9. Квантовая механика II

УДК 621.311

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.

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

ПРИНЦИП ПАУЛИ. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В АТОМЕ ПО СОСТОЯНИЯМ

Если тождественные частицы имеют одинаковые квантовые числа, то их волновая функция симметрична относительно перестановки час-

тиц. Отсюда следует, что два одинаковых фермиона, входящих в одну систему, не могут находиться в одинаковых состояниях, так как для фермионов волновая функция должна быть антисимметричной. Обобщая опытные данные, В. Паули сформулировал принцип, согласно которому системы фермионов встречаются в природе только в состояниях, описываемых антисимметричными волновыми функциями (квантово-механическая формулировка принципа Паули).

Из этого положения вытекает более простая формулировка принципа Паули, которая и была введена им в квантовую теорию (1925) еще до построения квантовой механики: в системе одинаковых фермионов любые два из них не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии. Отметим, что число однотипных бозонов, находящихся в одном и том же состоянии, не лимитируется.

Напомним, что состояние электрона в атоме однозначно определяется набором четырех квантовых чисел: главного n ($n=1, 2, 3, \dots$), орбитального l ($l=0, 1, 2, \dots, n-1$), магнитного m_l ($m_l=-l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$), магнитного спинового m_s ($m_s=+1/2, -1/2$).

Распределение электронов в атоме подчиняется принципу Паули, который может быть использован в его простейшей формулировке: в одном и том же атоме не может быть более одного электрона с одинаковым набором четырех квантовых чисел n, l, m_l и m_s , т. е. $Z(n, l, m_l, m_s) = 0$ или 1, где $Z(n, l, m_l, m_s)$ — число электронов, находящихся в квантовом состоянии, описываемом набором четырехквантовых чисел: n, l, m_l, m_s . Таким образом, принцип Паули утверждает, что два электрона, связанные в одном и том же атоме, различаются значениями по крайней мере одного квантового числа.

Данному n соответствует n^2 различных состояний, отличающихся значениями l и m_l . Квантовое число m_s может принимать лишь два значения ($\pm 1/2$).

Главное квантовое число l	1		2		3		4		5						
Символ оболочки	<i>K</i>		<i>L</i>		<i>M</i>		<i>N</i>		<i>O</i>						
Максимальное число электронов в оболочке	2		8		18		32		50						
Орбитальное квантовое число l	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
Символ подоболочки	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	5g
Максимальное число электронов в подоболочке	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	18

(Табл. 1)

Поэтому максимальное число электронов, находящихся в состояниях, определяемых данным главным квантовым числом, равно

$$Z(n) = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2. \quad (1)$$

Совокупность электронов в многоэлектронном атоме, имеющих одно и то же главное квантовое число n , называют электронной оболочкой. В каждой из оболочек электроны распределяются по подоболочкам, соответствующим данному l . Поскольку орбитальное квантовое число принимает значения от 0 до $n-1$, число подоболочек равно порядковому номеру n оболочки. Количество электронов в подоболочке определяется магнитным и магнитным спиновым квантовыми числами: максимальное число электронов в подоболочке с данным l равно $2(2l+1)$.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 9. Квантовая механика II

УДК 621.311

Коровин Н.А., Давыдов В.В., Логачева В.М.

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

СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ В КАТУШКАХ. ОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Проволочные катушки, как и двухпроводные линии, обладают определенной индуктивностью и емкостью на каждую единицу длины, т. е. представляют собой электрические распределенные системы. Поэтому в них возможны также стоячие электромагнитные волны.

Тесла использовал стоячие волны в катушках для устройства резонансного трансформатора. Его первичная обмотка $L1$ (Рис. 1) имеет небольшое число витков и входит в состав искрового колебательного контура, содержащего конденсатор C и искровой промежуток Π . Вторичной обмоткой служит прямая катушка проволоки $L2$.

Когда в первичной цепи возникают электрические колебания, то внутри катушки $L1$ появляется переменное магнитное поле и во вторичной катушке $L2$ наводится переменная э. д. с. Если подобрать частоту колебаний в первичной цепи так, чтобы она совпала с частотой одного из собственных колебаний (стоячих волн) катушки $L2$ (обычно — основного колебания), то вследствие резонанса в этой последней возникнет интенсивная стоячая волна и между концами катушки поя-

вится высокое переменное напряжение. При резонансе из концов вторичной катушки можно извлекать длинные искры, а электрическое поле вблизи катушки настолько сильно, что вызывает свечение газоразрядных трубок даже на значительном расстоянии от установки.

Если расположить катушку L_2 рядом с катушкой L_1 , то можно исследовать распределение напряжения вдоль катушки и убедиться, что действительно в ней возникает стоячая волна. Извлекая, например, из разных мест катушки искры с помощью заземленного металлического стержня, можно видеть, что наиболее длинные искры получаются у концов катушки (пучности напряжения), а вблизи середины катушки искры не возникают вовсе (узел напряжения).

Высокочастотные резонансные трансформаторы применяются иногда в лабораторной практике, там, где нужно получить очень высокие напряжения при малой мощности.

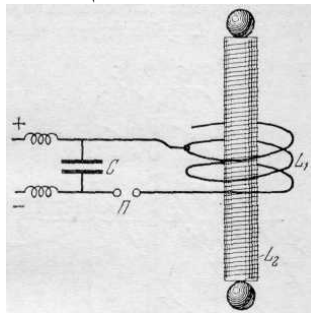


Рис. 1. Схема трансформатора Тесла.

Основные процессы в электромагнитных волнах, распространяющихся вдоль проводов, происходят между проводами, в среде, окружающей провода. Сами же провода играют вспомогательную роль, задавая лишь определенное направление распространению волн. Поэтому электромагнитные волны могут существовать и без всяких проводов (свободные электромагнитные волны).

Происходящие при этом процессы, по существу, такие же, как и в случае волн, распространяющихся вдоль проводов. Представим себе, что в некоторой точке O (рис. 2) внутри безграничной непроводящей среды создано каким-либо способом электрическое поле E . Если не имеется электрических зарядов, поддерживающих это поле, то оно будет исчезать. Но убывающее поле E согласно Максвеллу есть ток смещения, вызывающий магнитное поле H . Так как поле E убывает, то плотность тока смещения j направлена противоположно E и линии сил магнитного поля направлены по часовой стрелке (глядя сверху, рис. 2).

Так как в среде не имеется постоянных токов, поддерживающих поле H , то это последнее в свою очередь будет исчезать и вызовет вихревое электрическое поле E_1 . Силовые линии этого поля будут направлены против часовой стрелки, как показано на рис. 2. Поле E_1 уничтожит первоначальное поле E в точке 0, но зато проявится в соседней точке 1. Исчезая в точке 1, электрическое поле E_1 приведет к появлению магнитного поля H_1 , которое будет направлено, как и поле H , по часовой стрелке. Поле H_1 уничтожит поле H и обнаружится в более удаленной точке.

Исчезая, оно вызовет вихревое электрическое поле E_2 , которое уничтожит поле E_1 в точке 1, но проявится в точке 2, и т. д. Таким образом, вместо первоначального поля E мы получим и электрическое поле, и магнитное поле, взаимно связанные друг с другом и распространяющиеся в пространстве, т. е. электромагнитную волну.

Из рис. 2 также видно, что E перпендикулярно к H , причем оба эти вектора перпендикулярны к скорости распространения волны v . Все три вектора связаны между собой правилом правого буравчика: если вращать буравчик с правой нарезкой так, чтобы его рукоятка перемещалась от вектора E к вектору H , то направление поступательного движения буравчика будет совпадать с направлением v .

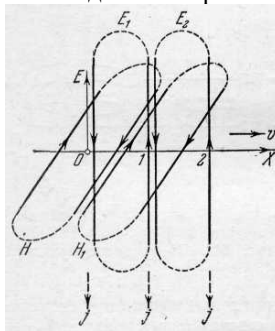


Рис. 2. Свободные электромагнитные волны.

Однако теория Максвелла не только предсказала существование электромагнитных волн, но и позволила в точной, количественной форме установить все основные их свойства.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 9. Квантовая механика II

ТОРСИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

На протяжении последних почти 20-ти лет многие авторы указывали на потенциальную возможность получения энергии из Физического Вакуума.

Обычными возражениями против практической возможности получения поляризационных эффектов в Физическом Вакууме являются ссылки на необходимость создания аномально высоких электрических потенциалов порядка 10^{16} В/см. Эти возражения были бы несомненно справедливы, если бы речь шла о зарядовых поляризационных состояниях. Но мы обсуждаем спиновую поляризацию Физического Вакуума вообще не электромагнитной природы. Экспериментально наблюдаются пространственно устойчивые Торсионные поляризационные состояния. Возможность эффективного взаимодействия спинурующих (вращающихся) объектов с Физическим Вакуумом позволяет рассмотреть с новых позиций возможность создания торсионных источников энергии.

Традиционная точка зрения сводится к утверждению, что т.к. Физический Вакуум является системой с минимальной энергией, то никакую энергию из такой системы извлечь нельзя. При этом, однако, не учитывается, что Физический Вакуум — это динамическая система, обладающая интенсивными флуктуациями, которые и могут быть источником энергии. Полезно отметить соображения Я.Б.Зельдовича, А.Д.Долгова и М.В.Сажина, которые, записывая условия для вакуума $a_k|vak\rangle = 0$ как отражение состояния без частиц, получили величину вакуумной энергии равную $\langle vak|H_k|vak\rangle = \omega_k/2$. Как отмечали авторы, об этой бесконечной энергии попросту забывали, объявляя ее ненаблюдаемой и отсчитывая энергию частиц от этого бесконечно высокого уровня.

Рассматривая вакуум как совокупность невзаимодействующих осцилляторов с частотами ω_k можно записать гамильтониан в виде

$$H_q = \sum_k \omega_k \left(a_k^\dagger a_k + \frac{1}{2} \right), \quad (1)$$

где операторы a_k^\dagger и a_k как обычно операторы рождения и уничтожения. Тогда вакуум как наименьшее энергетическое состояние имеет ненулевую плотность энергии

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{2} \frac{4\pi}{(2\pi)^3} \int k^2 \omega_k dk \quad (2)$$

Однако в действительности можно достаточно просто построить численную оценку этой плотности. Согласно Дж.Уиллеру, эта оценка дается Планковской плотностью энергии

$$\hbar c / L^4 \rightarrow c^5 / \hbar G \sim 10^{95} \text{ г/см}^3$$

В сравнении с плотностью ядерного вещества — 10^{14} г/см^3 — плотность энергии, связанная с флуктуациями вакуума, является весьма впечатляющей величиной. Известны другие оценки энергии вакуумных флуктуаций, но все они существенно больше оценки Дж. Уиллера.

Сделаем акцент на двух выводах:

1. Энергия вакуумных флуктуаций весьма велика в сравнении с любым другим видом энергии;

2. Малость торсионной энергии, требуемой для спиновой поляризации Физического Вакуума, вселяет надежду, что через торсионные возмущения будет возможно высвобождать энергию вакуумных флуктуаций. С этих позиций экспериментальные результаты, полученные в последние десятилетия Муром, Кингом, Нипером и другими, представляющие некую периферию традиционной науки, в которых наблюдалось КПД до 300 - 500 %, не выглядят недопустимо одиозно. Их системы с вращением (типично торсионные установки) как открытые системы за счет слабого взаимодействия с вакуумом получали из вакуума ничтожную долю энергии. Очевидно, что указанные теоретические соображения, как и указанные экспериментальные результаты, являют собой лишь слабую щель в двери в энергетику следующего века, экологически чистую и не требующую расхода не только горючих материалов, но расхода любого вещества.

Литература

1. Шипов, Г. Н., Акимов, А. Е. Торсионные поля и их экспериментальные проявления

УДК 621.311

Коровин Н.А., Толстых И.В., Логачева В.М.

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

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

То обстоятельство, что заряды всегда распределяются только на внешней поверхности проводника, используют для устройства элект-

тродатических генераторов, предназначенных для получения весьма высоких напряжений. Принцип их действия разъясняется опытом, изображенным на Рис. 1. Соединим изолированный проводник а с источником напряжения в (удобно воспользоваться заряженной лейденской банкой или техническим выпрямителем на 2—3 тысячи вольт) и расположим поблизости полый изолированный проводник б, соединенный с электрометром. Соединим на момент проводники а и б металлическим стержнем (на изолирующей ручке). Проводник б зарядится до напряжения проводника а, которое и определим по показаниям электрометра. Возьмем теперь металлический шар в, укрепленный на изолирующей ручке, коснемся им проводника а, а затем внутренней поверхности проводника б. Заряд шара в перейдет полностью на проводник б, отчего напряжение на б увеличится. Повторяя этот процесс многократно, мы сможем сделать напряжение на проводнике б намного большим, чем напряжение на проводнике а; в принципе можно увеличивать его неограниченно.

При помощи описанного процесса мы переносим положительные заряды от тела с более низким потенциалом к телу с более высоким потенциалом. На первый взгляд это может показаться удивительным, так как при соединении двух проводников положительные заряды всегда перемещаются от более высокого потенциала к более низкому. На самом же деле здесь никакого противоречия нет, так как при перемещении шара в от а к б мы преодолеваем силу отталкивания и совершаем механическую работу. Поэтому, перемещая в по направлению к б, мы увеличиваем потенциал шара в. Когда в окажется внутри полости б, его потенциал сравняется с потенциалом б. Таким образом, ценой совершения механической работы мы можем, располагая источником небольшого напряжения, зарядить какой-либо проводник до напряжения более высокого.

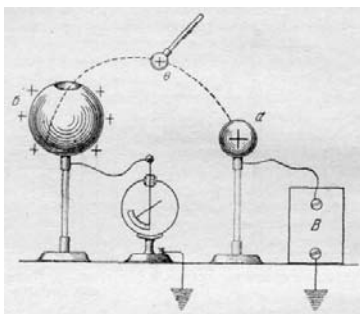


Рис. 1. Принцип действия электростатического генератора.

Это и осуществляется в электростатическом генераторе. Он состоит из большого полого проводника 1 (Рис. 2), обычно шарообразной формы, укрепленного на изолирующей колонне 2. Внутри колонны проходит бесконечная лента 3 из прорезиненной ткани, движущаяся на двух шкивах 4 и играющая роль шара в в опыте рис. 1. Лента заряжается при помощи системы острий 5, соединенных с одним из полюсов источника напряжения, второй полюс которого заземлен. Против острий, с обратной стороны ленты, помещают заземленную пластину 6, которая увеличивает заряды, стекающие с острия 5 на ленту. Проходя мимо системы острий 7, соединенных с шаром 1, резиновая лента отдает им принесенные заряды, которые полностью переходят на внешнюю поверхность шара независимо от того, какое напряжение имеется между шаром и землей.

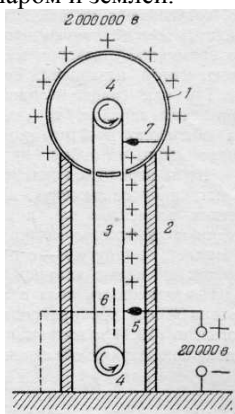


Рис. 2. Электростатический генератор.

Максимальное напряжение, которое практически можно получить на шаре, определяется утечками зарядов с шара (главным образом вследствие ионизации воздуха). Напряжение шара перестает повышаться, когда заряд, приносимый лентой в единицу времени (ток ленты), делается равным заряду, теряемому вследствие утечки (току утечки). Поэтому на практике стремятся возможно увеличить ток ленты.

Электростатические генераторы применяют в настоящее время для ускорения заряженных частиц в опытах по расщеплению атомных ядер. С их помощью удастся получить напряжения до 3—5 миллионов вольт. Высота таких генераторов достигает 10—15 м, а диаметр шара — нескольких метров. В последнее время электростатические генераторы иногда помещают в камеры со сжатым газом (при давлении до 10

атм), так как ионизация газа при повышении давления наступает при больших напряжениях.

Литература

1. Фейнман, Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 9. Квантовая механика II

УДК 621.311

Никитин А.П., Толстых И.В., Логачева В.Н.

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

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Электропроводность (электрическая проводимость, проводимость) – способность тела пропускать электрический ток под действием электрического поля. Количественной стороной этого явления служит удельная электропроводность σ . Величину удельной электропроводности можно выразить через концентрацию n свободных носителей заряда, их заряд e , массу m , время свободного пробега τ_{ϕ} , длину свободного пробега λ_{ϕ} и дрейфовую скорость $v_{др}$, причем в роли свободных носителей заряда выступают так называемые “фермиевские” электроны:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau_{\phi}}{m} = \frac{ne^2}{m} \cdot \frac{\lambda_{\phi}}{v_{др}} = enu \quad (1)$$

где u – подвижность носителей – физическая величина, численно равная дрейфовой скорости, приобретенной носителями в поле единичной напряженности, т.е.

$$u = \langle v_{др} \rangle / E = e \langle \tau \rangle / m \quad (2)$$

В зависимости от σ все вещества подразделяются на проводники с $\sigma > 10^6$ (Ом·м)⁻¹, диэлектрики с $\sigma < 10^{-8}$ (Ом·м)⁻¹ и полупроводники с промежуточным значением σ .

Любой сплав обладает гораздо меньшей проводимостью, чем чистое вещество. Это связано со слиянием структурной сетки и как следствие нарушением нормального функционирования электронов.

В результате тепловых забросов электронов из I в II в валентной зоне возникают вакантные состояния, получившие название дырок, которые могут занять электроны из нижних слоев, т.е. имеем переме-

щение дырки, словно это частица с зарядом $+e$, поэтому e^- называют квазичастицей. Проводимость собственных полупроводников, обусловленную квазичастицами-дырками, называют дырочной проводимостью или p-типа (positive)

Собственными полупроводниками являются химически чистые полупроводники (например, Ge, Si, Se), а их проводимость называется собственной проводимостью. При $T=0$ К полупроводники имеют полностью заполненную электронами валентную зону и свободную зону (зону проводимости), которые разделены запрещенной зоной ΔE , ширина которой может быть от сотых долей до 3 эВ. Поэтому при $T=0$ К и в отсутствие других внешних воздействий полупроводники не проводят электрического тока. Собственная проводимость возникает при повышении температуры в результате перехода электронов с верхних уровней валентной зоны в зону проводимости. При этом в зоне проводимости появляется некоторое число носителей тока – электронов, занимающих уровни вблизи дна зоны; одновременно в валентной зоне освобождается такое же число мест на верхних уровнях, в результате чего появляются дырки. На переход электрона в зону проводимости затрачивается энергия активации – энергия, необходимая для создания пары электрон-дырка, равная ширине запрещенной зоны. При появлении электрона в зоне проводимости в валентной зоне возникает дырка. Следовательно, энергия, затраченная на образование пары носителей тока, должна делиться на две равные части

Удельная проводимость собственных полупроводников быстро растет с повышением температуры, изменяясь по закону.

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (3)$$

где ΔE – ширина запрещенной зоны, σ_0 – константа, характерная для данного полупроводника

Когда внешнее электрическое поле отсутствует, электроны проводимости и дырки движутся хаотически. При включении поля на хаотическое движение накладывается упорядоченное движение: электронов против поля и дырок – в направлении поля. Оба движения – и дырок, и электронов – приводят к переносу заряда вдоль кристалла. Следовательно, собственная электропроводность обуславливается как бы носителями заряда двух знаков – отрицательными электронами и положительными дырками. Закон Ома в дифференциальной форме для полупроводников имеет вид:

$$j = (en_n b_n + ep_p b_p)E, \quad (4)$$

где n_n , p_n , – концентрации электронов и дырок; b_n , b_p , – подвижности электронов и дырок, соответственно.

В электронных полупроводниках носителями тока являются, как и в металлах, электроны. Различие в проводимости металлов и полупроводников связано с очень большой разницей в концентрации носителей тока. В полупроводниках концентрация электронов в свободном состоянии в тысячи раз меньше, чем в металлах. В полупроводнике постоянно идут два противоположных процесса: процесс освобождения электронов, при этом используется внутренняя или световая энергия; процесс воссоединения с ионом, который потерял свой электрон. Равновесие между свободными и связанными электронами динамическое. Для того чтобы в полупроводнике перевести электрон из связанного состояния в свободное, необходимо сообщить ему дополнительную энергию. В металлах даже при низких температурах количество свободных электронов велико. Силы межмолекулярного взаимодействия в металлах достаточно для освобождения части электронов.

Механизм электропроводности полупроводников описывает зонная теория. Она базируется на анализе энергетического спектра электронов. Электронный спектр разбивается на зоны, разделенные запрещенными промежутками. В том случае, если в верхней зоне имеющей электроны, ими заполнены не все квантовые состояния, то есть в пределах зоны имеется возможность перераспределения энергии и импульсов электронов, то данное вещество является проводником электрического тока. Движение электронов в зоне проводимости подчиняются квантовым законам.

Литература

- 1 Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, т. 2,3, 1989-2003.
- 2 Калашников С.Г. Электричество. - М.: Наука, 1977.
- 3 Матвеев А.Н. Курс общей физики. - М.: Высшая школа, т. 2, 1976-1989.

УДК 621.311

Суханов В.А., Логачева В.М.

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

ЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОИНДУКЦИИ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕГО НА ПРАКТИКЕ

Данное явление можно наблюдать в двух не имеющих электрической связи контурах, расположенных на относительно малом расстоянии друг от друга, оно возможно благодаря явлению электромагнитной индукции. Суть его заключается в следующем – при изменении

силы тока в первом контуре можно наблюдать изменение показателя электродвижущей силы (здесь и далее- «ЭДС») во втором контуре.[1] Вокруг первого контура возникает магнитный поток Φ_1 пропорциональный току I_1 , будет пронизывать второй контур и его магнитный поток будет соответственно равен

$$\Phi_2 = L_{21} * I_1 \quad (1)$$

L_{21} - взаимная индуктивность двух контуров

$$L_{21} = \frac{\Phi_2}{I_1} = \mu_0 \frac{N_1 N_2}{l} S \quad (2)$$

$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная. μ -магнитная проницаемость среды. N_1 - количество витков первого контура. N_2 -количество витков второго контура. l - длина проводника. S - площадь сечения проводника

Магнитный поток возникающий в первом контуре индуцирует ЭДС во втором контуре и получается :

$$E_2 = - \frac{L_{21} dI_1}{dt} \quad (3)$$

Всё сказанное выше справедливо для первого контура . [2]

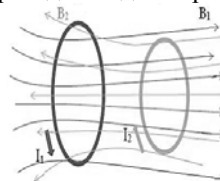


Рисунок.1 Схема явления взаимоиндукции

На явлении взаимоиндукции основан принцип действия трансформатора. Трансформатор это электростатическая электрическая машина, предназначенная для понижения или повышения напряжения , тока , а так же в качестве фильтра. Ниже приведена схема данного устройства, состоящего из двух обмоток (возможно и иное число обмоток).

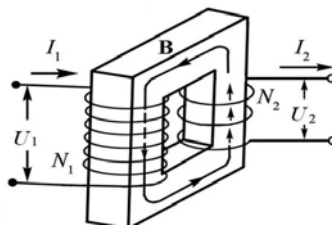


Рисунок.2 Трансформатор переменного тока.

На рисунке представлен магнитопровод, на котором находятся не связанные электрически обмотки, первичная и вторичная соответственно. Между ними существует магнитная связь, катушки намотаны на замкнутый сердечник, выполненный из ферромагнетика - вещества с высокой магнитной проницаемостью. Высокая магнитная проницаемость сердечника способствует концентрации магнитного потока катушек в сечении сердечника, а это, в свою очередь, способствует концентрации магнитного потока в контурах этих катушек. Если подвести к первичной обмотке переменное напряжение U_1 от генератора, то в этой обмотке будет течь переменный ток I_1 . Он создаст переменное магнитное поле индукцией B_{12} и, соответственно, переменный магнитный поток Φ_{12} , который возбудит ЭДС U_2 во вторичной обмотке. Если подключить к вторичной обмотке нагрузку R_H , то через нее будет течь ток I_2 .

Для уменьшения потерь, связанных с вихревыми токами, сердечники трансформаторов делают не литыми. Сердечники набирают из отдельных электрически изолированных тонких пластин из электротехнической стали, толщиной 0,2– 1 мм. Это приводит к разрыву контуров токов и к значительному их уменьшению и следовательно - к уменьшению потерь в трансформаторах. Но, с ростом частоты передаваемого тока размеры контуров вихревых токов уменьшаются, поэтому с ростом частоты тока потери возрастают. Для уменьшения потерь пластины сердечников высокочастотных трансформаторов делают еще тоньше, менее 0,2 мм. Вторичная обмотка не производит энергию, а просто преобразует напряжение первичной обмотки в соответствии с коэффициентом трансформации. Примем что в первичной обмотке и в сердечнике малые потери и рассмотрим распределение мощности только во вторичной обмотке при подключенной нагрузке R_H , тогда:

$$\eta = U_2 I_2 / (U_2 I_2 + I_2 r_2) = U_2 / (U_2 + I_2 r_2) \quad (4)$$

Сумма в знаменателе, в соответствии с законом Ома для полной цепи, является ЭДС, которая наводится во вторичной обмотке E_2 .

$$E_2 = U_2 + I_2 r_2 = I_2 R_H + I_2 r_2 \quad (5)$$

U_2 – напряжение (падение напряжения) на нагрузке R_H , $I_2 r_2$ – напряжение (падение напряжения) на сопротивлении вторичной обмотки r_2 . Представляется возможным определить значение КПД трансформатора, как отношение напряжения на подключенной к вторичной обмотке нагрузке к ЭДС вторичной обмотки.

$$\eta = U_2 / E_2 \quad (6)$$

Трансформатор обладает еще одним важным показателем – коэффициентом трансформации, этот параметр является отношением зна-

чения тока первичной обмотки к току вторичной , или количества витков вторичной обмотки к количеству витков первичной.

$$k = I_1/I_2 = N_2/N_1 \quad (7)$$

Если коэффициент трансформации $k > 1$ – трансформатор повышающий, если $k < 1$ – трансформатор понижающий. [3]

Литература

1.Малая Советская Энциклопедия т.2, Государственное научное издательство «Большая советская энциклопедия», 1958 г.

2.Евдокимов Ф. Е. «Теоретические основы электротехники», «Высшая школа» 1981 г.

3.Хайкин С. Э. «Словарь радиолюбителя», Госэнергоиздат, Москва 1960 г.

УДК 621.311

Толстых И.В., Иванов А.А., Логачева В.М.

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

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ И ИХ ОСНОВНЫЕ ТИПЫ

Ядерные реакции — это превращения атомных ядер при взаимодействии с частицами или друг с другом. Символически ядерная реакция записывается следующим образом:



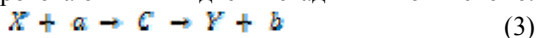
где X и Y — исходное и конечное ядра; a и b — бомбардирующая и испускаемая частицы. Эффективность взаимодействия характеризуется эффективным сечением σ , которое имеет разные значения для разных видов взаимодействия. Эффективное сечение рассеяния определяет процессы рассеяния, эффективное сечение поглощения — процессы поглощения. Выражение, определяющее эффективное сечение ядерной реакции, имеет вид:

$$\sigma = \frac{dN}{nNdx} \quad (2)$$

где N — число частиц, падающих за единицу времени на единицу площади поперечного сечения вещества; n — число ядер в единице объема; dN — число этих частиц, вступающих в ядерную реакцию в слое толщиной dx. σ характеризует вероятность того, что при падении пучка частиц на вещество произойдет реакция, и имеет размерность площади.

В любой ядерной реакции выполняются законы сохранения электрических зарядов и массовых чисел: сумма зарядов (и сумма массовых чисел) ядер и частиц, вступающих в ядерную реакцию, равна сум-

ме зарядов (и сумме массовых чисел) конечных продуктов (ядра частиц) реакции. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса также выполняются. В отличие от радиоактивного распада, который всегда протекает с выделением энергии, ядерные реакции могут быть как экзотермическими (с выделением энергии), так и эндотермическими (с поглощением энергии). Предположение Н. Бора о том, что ядерные реакции протекают в две стадии по схеме:



дало возможность объяснения механизма многих ядерных реакций. Первая стадия данного механизма — это захват ядром X частицы α , приблизившейся к нему на расстояние $2 \cdot 10^{-15}$ ядерных сил), и образование промежуточного ядра C (составное ядро). Энергия влетевшей в ядро частицы распределяется между нуклонами составного ядра, в результате чего оно оказывается в возбужденном состоянии. При столкновении нуклонов составного ядра один из нуклонов или α -частица может получить энергию, достаточную для вылета из ядра и начала второй стадии ядерной реакции — распада составного ядра на Y -ядро и частицу b . Время, необходимое частице для преодоления расстояния, равного диаметру ядра (10^{-15} м), называют характерным ядерным временем τ . За время жизни составного ядра может произойти много столкновений нуклонов, и энергия может перераспределиться между ними. Характер второй стадии ядерной реакции (испускаемая частица b) не зависит от способа образования составного ядра. Возможны ядерные реакции без составного ядра, они называются прямыми ядерными взаимодействиями (реакции на быстрых нуклонах). Ядерные реакции классифицируют по: роду участвующих в них частиц — реакции под действием заряженных и незаряженных частиц и γ -квантов; энергиям, вызывающим ядерные реакции, — реакции при 1) малых энергиях, в основном происходящие с нейтронами; 2) средних энергиях (до нескольких МэВ), происходящие с участием γ -квантов и заряженных частиц (протонов); 3) высоких энергиях (тысячи МэВ), приводящие к рождению элементарных частиц; роду участвующих в них ядер — реакции на легких ($A < 50$), средних ($50 < A < 100$) и тяжелых ядрах ($A > 100$); характеру ядерных превращений — реакции с испусканием нейтронов, реакции с испусканием заряженных частиц, реакции захвата. [1]

Литература

1. Беданок, Р. А. Квантовая физика и элементы квантовой механики : учебник / Р. А. Беданок. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 116 с.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИКИ ПО ИТОГАМ
ЗИМЫ 20/21 ГОДОВ**

В 2020 году энергетика столкнулась с серьёзными вызовами, спровоцированными коронакризисом и аномальными холодами зимы 20/21 годов. На фоне неожиданно холодной зимы «зелёная» энергетика северных европейских стран оказалась не способна выдавать необходимые объёмы электроэнергии, например в Германии доля выработки солнечными и ветряными электростанциями снизилась с 30% до 2-3%

Вопросы климата будут становиться всё более актуальными. В качестве одной из мер борьбы с изменениями климата ЕС запланировал введение углеродного налога на импорт. Он напрямую затронет не только крупных производителей, поставляющих свою продукцию на рынки Евросоюза, но и всю цепочку их поставщиков.

Можно выделить следующие основные тенденции развития энергетики на ближайшие годы:

- потребление электроэнергии будет продолжать расти, в основном за счет развивающихся стран Азии и Африки [1];
- продолжится строительство и использование АЭС;
- доля электростанций на высоко углеродном топливе будет уменьшаться. Продолжится внедрение технологий «нулевых» выбросов;

- увеличение мощностей ВИЭ (возобновляемых источников энергии) и уменьшение себестоимости солнечной электроэнергии;

- развитие производства и потребления водорода. По оценкам аналитиков, в течение ближайших 30-ти лет доля водородной энергетики в мировом энергобалансе может увеличиться в несколько раз;

- внедрение технологий по снижению потерь электроэнергии;

- внедрение цифровых технологий, «умных» систем учёта электроэнергии и управления сетевой инфраструктурой;

- ускорится развитие мощных батарей и аккумуляторов для хранения энергии.

Литература

1. Мировая Энергетическая Статистика Yearbook компании Enerdata. <https://yearbook.enerdata.ru/>

Исаев А.С., Ендин Е.А., Леонов А.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ
МЕСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Устойчивость – способность системы сохранять исходный режим (или близкий к нему) при внешних воздействиях. Особенно актуальны задачи оценки устойчивости для социально значимых объектов, к которым относится исследованный нами промышленный узел г. Щекино, состоящий из ОАО «Щекиноазот» и ТЭЦ (расположена в пгт. Первомайский).

ТЭЦ может работать в двух режимах – выдача электроэнергии в систему и питание местного предприятия. В первом варианте речь идет о простейшей системе – генераторная станция, работающая на шины неизменного напряжения. Нами получено, что данная система обладает высокой степенью устойчивости – запас устойчивости во всех режимах не менее 80%, а аварийные режимы не нарушают устойчивость (в частности, при однофазном замыкании устойчивость работы не нарушается, система сохраняет режим без отключения).

При питании местной нагрузки (без трансформации – на напряжение 6 кВ) существенно усложняется как расчетная модель, так и условия сохранения устойчивости. Сложность модели обусловлена следующими факторами: 1. пренебрегать активным сопротивлением кабельных линий нельзя (система не будет являться простейшей); 2. сопротивление генераторов превалирует, поэтому нельзя считать магнитную систему симметричной (необходимо учитывать явнополюсность); 3. источник соизмерим по мощности с нагрузкой (необходимо учитывать его сопротивление, а при динамических процессах – форсировку возбуждения генератора). Расчет системы в виде простейшей приводит к чрезмерной погрешности (расхождение до 60%).

В результате расчета (модель построена в MathCAD) получено, что запас статической устойчивости составляет около 50% (допустимо в нормальных режимах не менее 40%, в послеаварийных – 20%). Следовательно, схемные решения (прежде всего, трансферная система шин, питаемая от резервного трансформатора) обладают высокой степенью надежности. Но сама станция построена в 1953-м году (средний срок службы основного генерирующего оборудования электростанций в целом по России составляет не более 45 лет), поэтому целесообразна ее модернизация или замена.

Развитие информационных технологий приводит к расширению возможностей расчета режимов систем электроснабжения (СЭС). В настоящий момент можно сделать вывод об оптимальном выборе в качестве инструмента ПК (программного комплекса) RastrWin с учетом достаточных функциональных возможностей программы и доступности для учебных заведений [1]. Нами получена пользовательская лицензия, позволяющая использовать ПК в учебном процессе.

Программа позволяет определять периодическую составляющую тока КЗ в начальный момент времени, ударный ток, аperiodическую составляющую в заданный момент времени, ток несимметричных КЗ.

Выполнен машинный эксперимент для типичного современного объекта электроснабжения, включающей в себя 4-6 уровни СЭС (напряжение 110/10 кВ). Проведен расчет в RastrWin и традиционным способом в соответствии с известными методиками и нормами [2]. Результаты приведены в табл. 1

Таблица 1 – Результаты расчета токов КЗ

Точка КЗ	RastrWin		ГОСТ РФ
	$Z_{\square}, \text{о.е.}$	$I^{(3)}, \text{о.е./кА}$	$I_{\Pi(0)}, \text{кА}$
РУ ВН ГПП	j0,05	20/0,265	0,265
РУ НН ГПП	0,31+j1,02	0,774/3,887	3,912
РП 10 кВ	0,31+j10,63	0,0941/5,171	5,174

Таким образом, можно сделать вывод о хорошем соответствии расчетов двумя методами (расхождение вызвано отказом от учета активных сопротивлений элементов согласно ГОСТ РФ, но оно не превышает 5%), что подтверждает корректность использования RastrWin. Продолжение работы будет посвящено широкому внедрению программы в ЛВС кафедры ЭПП (лабораторный практикум дисциплины «Переходные процессы», курсовое и дипломное проектирование).

Литература

1. ОАО «НИИПТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rastrwin.ru/> (дата обращения: 20.12.2020).
2. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. ГОСТ 27514-87. М.: Государственный комитет по стандартам.

**ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ
ИСЛАМСКОЙ РЕСПУБЛИКИ АФГАНИСТАН**

Объектом исследования является энергетический комплекс ИРА (Исламская Республика Афганистан). Исходные данные для работы получены из он-лайн банка данных [1]. Для этого выполнена регистрация на указанном ресурсе (режим free), адаптация данных (по умолчанию – арабский сегмент Internet) и экспорт их в MS Excel. Таким образом, сформирован временной ряд годового электропотребления с 1980 по 2019-й гг.

Производство электроэнергии в ИРА с 2008-09 гг. по 2017-18 гг. увеличилось на 33%. Импорт электроэнергии за тот же период увеличился в 5,5 раза. Рассматривать данные как целостность нельзя, т.к. электропотребление обладает высокой степенью динамики и сильно зависит от политической ситуации в стране.

Наблюдаются два явных подъема: 1. период 1986-88 (характеризуется ростом промышленности, что привело к значительному росту электропотребления в крупных городах и промышленных центрах); 2. 2005-2011 (рост доступности электроэнергии для населения – за этот период доля электрифицированных населенных пунктов ИРА выросла с 60% до 85%). Эти периоды могут обоснованно оцениваться линейным трендом. Остальные (характеризующиеся относительной стабильностью электропотребления, например, период 2014-18) – по скользящему среднему. Периоды спада (например, 1990-92 и 2011-13) прогнозироваться не могут.

В настоящий период динамика годового электропотребления соответствует уравнению $W(t) = -667,65 + 0,3387t$ (электропотребление, млрд.кВтч). При оценке электропотребления 2019-го года получен прогноз с погрешностью в 2,88% – этот результат является приемлемым.

Основным перспективным направлением развития энергетики ИРА является формирование собственных генерирующих мощностей, т.к. явно выражена зависимость от импорта электроэнергии. В 2017-18 гг. на собственное производство электроэнергии пришлось лишь 19%.

Литература

1. Afghanistan. Total primary energy consumption [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://knoema.com/atlas/Afghanistan> (дата обращения: 20.12.2020).

ТРЕХФАЗНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

Выпрямители нашли широкое применение в различных электронных устройствах обработки электрических сигналов. Классические схемы выпрямления обычно выполняются на полупроводниковых диодах, и имеют невысокую точность, обусловленную нелинейностью ВАХ диодов особенно в области малых электрических сигналов. Разработанный трехфазный выпрямитель позволяет повысить точность выпрямления.

Выпрямитель содержит вычитатель, блок масштабирования, два квадратора, сумматор и блок извлечения квадратного корня.

Выпрямитель работает следующим образом. На фазные входы выпрямителя поступают соответственно напряжения u_A , u_B , u_C , пропорциональные фазным напряжениям сети:

$$u_A = U_{m\phi} \sin \omega t; \quad u_B = U_{m\phi} \sin(\omega t - 120^\circ); \quad u_C = U_{m\phi} \sin(\omega t + 120^\circ).$$

При этом на выходе вычитателя формируется напряжение u_1 , равное разности напряжений u_C и u_B :

$$u_1 = u_C - u_B = U_{m\phi} \sin(\omega t + 120^\circ) - U_{m\phi} \sin(\omega t - 120^\circ) = \sqrt{3} U_{m\phi} \cos \omega t.$$

Коэффициент передачи блока масштабирования определяется по формуле:

$$K_n = u_2 / u_1 = U_{m\phi} \cos \omega t / (\sqrt{3} U_{m\phi} \cos \omega t) = 1/\sqrt{3} \approx 0,5774.$$

На входы квадраторов поступают ортогональные напряжения соответственно u_A и u_2 :

$$u_A = U_{m\phi} \sin \omega t; \quad u_2 = U_{m\phi} \sin(\omega t + 90^\circ) = U_{m\phi} \cos \omega t.$$

На выходах квадраторов формируются напряжения u_3 , u_4 , полученные после возведения в квадрат напряжений u_A и u_2 :

$$u_3 = u_A^2 = U_{m\phi}^2 \sin^2 \omega t; \quad u_4 = u_2^2 = U_{m\phi}^2 \cos^2 \omega t.$$

После суммирования напряжений u_3 и u_4 в сумматоре и тригонометрических преобразований, на его выходе имеем постоянное напряжение u_5 :

$$u_5 = u_3 + u_4 = U_{m\phi}^2 \sin^2 \omega t + U_{m\phi}^2 \cos^2 \omega t = U_{m\phi}^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) = U_{m\phi}^2.$$

После извлечения квадратного корня в блоке извлечения квадратного корня на выходе выпрямителя формируется напряжение:

$$U_{\text{вых}} = \sqrt{U_{m\phi}^2} = U_{m\phi} = \sqrt{2} U_{\phi}.$$

Таким образом, на выходе выпрямителя формируется постоянное напряжение, не содержащее переменной составляющей.

УМНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА

Умножители частоты нашли широкое применение в радиотехнике и измерительной технике в качестве источников гармонических колебаний повышенной частоты. Известные умножители частоты не устраняют полностью уровень побочных гармоник. Это приводит к искажению формы выходного напряжения и снижению точности умножения частоты. Предлагаемый умножитель частоты позволяет снизить искажения формы выходного напряжения.

Умножитель частоты содержит задающий генератор, фазовращатель с фазовым сдвигом 90° , два квадратора, вычитатель, сумматор, блок извлечения квадратного корня и блок деления.

Выходное напряжение $u_1 = U_{1m} \sin \omega t$ задающего генератора переменного напряжения с частотой ω сдвигается фазовращателем на угол 90° , при единичном коэффициенте усиления. В результате чего на его выходе формируется напряжение $u_2 = U_{1m} \cos \omega t$.

На выходе первого квадратора формируется напряжение u_3 :

$$u_3 = u_1^2 = U_{1m}^2 \sin^2 \omega t = \frac{U_{1m}^2 [1 - \cos(2\omega t)]}{2} = \frac{U_{1m}^2}{2} - \frac{U_{1m}^2}{2} \cos(2\omega t).$$

На выходе второго квадратора формируется напряжение u_4 :

$$u_4 = u_2^2 = U_{1m}^2 \cos^2 \omega t = \frac{U_{1m}^2 [1 + \cos(2\omega t)]}{2} = \frac{U_{1m}^2}{2} + \frac{U_{1m}^2}{2} \cos(2\omega t).$$

На выходе вычитателя формируется напряжение u_5 :

$$u_5 = u_4 - u_3 = \frac{U_{1m}^2}{2} + \frac{U_{1m}^2}{2} \cos(2\omega t) - \frac{U_{1m}^2}{2} + \frac{U_{1m}^2}{2} \cos(2\omega t) = U_{1m}^2 \cos(2\omega t).$$

На выходе сумматора имеем постоянное напряжение u_6 :

$$u_6 = u_3 + u_4 = \frac{U_{1m}^2}{2} - \frac{U_{1m}^2}{2} \cos(2\omega t) + \frac{U_{1m}^2}{2} + \frac{U_{1m}^2}{2} \cos(2\omega t) = U_{1m}^2.$$

После извлечения квадратного корня на выходе блока извлечения квадратного корня формируется постоянное напряжение $u_7 = U_{1m}$.

После операции деления напряжения u_5 на напряжение u_7 на выходе умножителя частоты формируется синусоидальное напряжение, частота 2ω которого в два раза больше частоты ω напряжения u_1 задающего генератора:

$$u_{\text{вых}} = u_5 / u_7 = U_{1m}^2 \cos(2\omega t) / U_{1m} = U_{1m} \cos(2\omega t).$$

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ
СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА**

В различных устройствах обработки электрических сигналов часто используется информация о величине частоты синусоидального сигнала. При этом к средствам измерительной техники предъявляются повышенные требования к параметрам быстродействия и точности. Большинство существующих измерителей частоты синусоидального сигнала обладают недостаточно высокими значениями этих параметров. Предлагаемое устройство позволяет повысить быстродействие и точность измерения частоты.

Устройство содержит амплитудный детектор, блок деления, два блока дифференцирования, интегратор, блок умножения, инвертор, блок извлечения квадратного корня, два блока выделения модуля, блок вычитания и фильтр нижних частот.

Входное синусоидальное напряжение переменного тока с частотой ω подается на входы амплитудного детектора и блока деления. После деления входного синусоидального напряжения на его амплитуду, формируемую амплитудным детектором, в блоке деления, на его выходе формируется напряжение с единичной амплитудой. Это напряжение после обработки блоками дифференцирования, интегрирования, умножения, извлечения квадратного корня, выделения модуля и инвертора преобразуется в два сигнала формой напряжения двухполупериодного выпрямления, сдвинутые друг относительно друга на угол 90° .

Полученные напряжения подаются соответственно на входы блока вычитания, на выходе которого после операции вычитания формируется переменное напряжение, имеющее форму близкую к треугольной.

В результате дифференцирования блоком дифференцирования на его выходе формируется переменное напряжение, по форме близкое к прямоугольной.

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.

Таким образом, на выходе устройства формируется постоянное напряжение, пропорциональное частоте ω входного синусоидального напряжения.

**ЦЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ
СХЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ОАО ЩЕКИНОАЗОТ**

Одним из важнейших условий бесперебойной работы электроэнергетических установок является применение специальных устройств релейной защиты. Релейная защита предназначена для автоматического отключения поврежденного участка электрической сети от остальной неповрежденной части. Само понятие релейная защита появилось после изобретения специальных электромеханических аппаратов, называемых реле. Появление первых образцов электромеханических реле относится к 1830-1832 г.г. С тех пор они постоянно усовершенствовались и усложнялись, следствием чего являлось постоянное усложнение схем релейной защиты. В настоящее время средства релейной защиты применяются практически на всех элементах системы электроснабжения, начиная с двигателей, трансформаторов, кабельных и воздушных линий и заканчивая генераторами.

К релейной защите предъявляются требования по быстродействию (максимально быстрое отключение поврежденного участка), селективности (релейная защита должна действовать как при аварии на основном защищаемом участке, так и на соседних), чувствительности (защита должна приходить в действие при различного вида коротких замыканий) и надежности. Надежность схем релейной защиты определяется в основном минимизацией количества используемых элементов.

Нами проверена гипотеза о ценологических свойствах схем релейной защиты и в дополнение к существующим методам определения надежности нами предлагается ценологический метод, основанный на оценке схемы целиком вне зависимости от её сложности и крупности.

Для оценки надежности предлагается использовать коэффициент сложности

$$k_{сл} = n_b / n_{oc} ,$$

где n_b – количество видов цепей прохождения тока, n_{oc} – количество особей – элементов, используемых в схеме.

Коэффициент сложности лежит в пределах 0 – 1. Чем выше значение коэффициента сложности, тем проще схема, то есть тем большее количество цепей создано из данного количества элементов, тем надежнее релейная защита.

ВЫЯВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Многообразие технологических состояний производства (работа оборудования с разной степенью загрузки, с разным сочетанием включенных агрегатов, послепусковые и послеаварийные режимы и т.д.) не дает возможности построить адекватную причинную модель электропотребления по всей наблюдаемой в предыстории совокупности данных. Модель не может иметь единого математического описания и необходима декомпозиция данных предыстории на характерные технологические состояния с построением соответствующих этим состояниям моделей. Прогнозирование с упреждением на один или несколько временных интервалов сводится к идентификации ожидаемого технологического состояния с одним из выделенных и применением причинной модели для этого состояния. Необходимо выявление факторов, определяющих состояние технологического оборудования (перечень оборудования, работающего в данном технологическом состоянии производства и степень его загрузки) и, в конечном счете, электропотребление предприятия. Для краткосрочного прогнозирования должен быть организован посуточный учёт данных факторов и известны их оценки на прогнозный период технологами (плановые показатели). В качестве технологических факторов удобно использовать суточные объёмы выпуска продукции.

Целесообразно в качестве классификатора технологического состояния производства в исследуемый период (смена, сутки, неделя) выбрать сочетание объёмов выпуска продукции производством. Выделение устойчивых состояний производится методами кластерного анализа.

Данные группируются в кластеры, характеризующие технологические состояния, внутри которых строятся частные прогнозные модели. Получение численных параметров производится по известным моделям, основанных на учёте технологических факторов.

Производственный процесс может иметь цикличность. В этом случае продуктивным для прогнозирования является разбиение исходного временного ряда на совокупности точек, отражающих конкретные дни недели, месяцы и построение причинных моделей для каждой совокупности точек.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК И
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА КАФЕДРЫ ЭПП**

Опираясь на теоретические разработки кафедры ЭПП, собственные методики и программные средства, на опыт внедрения результатов на крупных промышленных предприятиях и объектах бюджетной сферы, мы выполняем работы, обеспечивающие повышение эффективности использования энергоресурсов.

Анализ электрических и технологических показателей с целью расчета оптимальных параметров электропотребления и выполнение краткосрочных и среднесрочных прогнозов величин электрической мощности и расхода электроэнергии. Программное обеспечение позволяет выполнять краткосрочное прогнозирование параметров электропотребления энергоемких агрегатов и производств с целью управления электропотреблением, регулирования графика нагрузки и определения договорных параметров на ближайший расчетный период (в текущие сутки – на следующие); выполнять прогнозирование параметров электропотребления на месяц, квартал, год на основе моделей: причинных; структурной устойчивости; аппроксимации временных рядов.

Организация системы нормирования, в том числе: методик нормирования и определение норм удельных расходов электроэнергии выделенного технологического цикла, промышленного предприятия, организации, бюджетного или иного объекта; разработка системы определения параметров, заявляемых в договорах с энергоснабжающими организациями на основе прогнозов (установление выгодной границы разграничения балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности; выбор оптимальной системы тарифов; регулирование режимов электропотребления).

Ожидаемые результаты: разработка организационных и технических мероприятий, направленных на устранение нерациональных расходов и снижение потерь электроэнергии. Прогнозирование параметров электропотребления с целью обоснованного определения договорных величин объемов электропотребления, максимума нагрузки и, как следствие, снижения платы за электроэнергию.

Ползиков М.Н, Гришин Д.А.

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

**ВЫДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО И ДОСТАТОЧНОГО
ОБЪЕМА БАЗЫ ЗНАНИЙ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА
ПРЕДПРИЯТИЯ**

База знаний электрохозяйства промышленного предприятия включает нормативно-техническую документацию, регламентирующую эксплуатацию электрооборудования и действия электротехнического персонала. В нее входят теоретические и опытные знания в области электроснабжения, нормативы по устройству и эксплуатации электрооборудования, инструкции и т.д.

Уровень выполняемых работ и масштабность принимаемых решений различных категорий персонала (электромонтер, диспетчер, энергетик цеха, главный энергетик и т.д.) определяет объем их специализированных знаний. В настоящее время это учтено на предприятиях при составлении учебных программ и экзаменационных вопросов при обучении и сдачи квалификационных экзаменов по технике безопасности.

Более глобальная задача - определить необходимый и достаточный объем базы знаний для всех категорий электротехнического персонала, опираясь не только на “Правила техники безопасности”, но и охватив всю информационную базы электрохозяйства. При этом следует учитывать не только разряд и группу по электробезопасности, но и сложность выполняемых работ конкретным персоналом.

Здесь возникают следующие проблемы. С одной стороны, “багаж” знаний опытных специалистов в основном составляют знания, накопленные ими в результате многолетней работы, зачастую не подкрепленные теоретическими сведениями. С другой стороны, молодые специалисты после техникумов и вузов хорошо “подкованы” теоретически, но неопытны. В этой ситуации связующим звеном между молодыми и опытными специалистами могла бы стать постоянно пополняющаяся информационная система, как опытные знания, так и последние научные разработки. Алгоритм системы по определению объема необходимых знаний для конкретного персонала должен учитывать все вышеприведенные условия. Такую систему можно использовать как для подготовки и переподготовки специалистов, так и для проведения квалификационных экзаменов.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКОВ
В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

В последнее время в учебный процесс все больше внедряется компьютерная техника, как в роли инструмента для решения каких-либо трудоемких вычислений, так и в качестве ассистента педагога. И если в первой роли персональный компьютер превосходно справляется со своей задачей, то как обучающая машина он пока не может автономно работать. Главной причиной этого является неспособность к логическому мышлению. Обучение человека - процесс творческий, сопряженный с постоянной адаптацией к способности обучаемого воспринимать подаваемую информацию. Пока здесь микропроцессор бессилен перед человеческим мозгом. Но некоторые шаги на этом пути уже проделаны. Еще нет искусственного интеллекта, который мог бы самостоятельно принимать решения, но в какой-либо узкой области науки или техники машину можно “научить” выбирать правильное направление, программно определив все возможные ситуации.

Следует отметить некоторые преимущества и недостатки персонального компьютера, как ассистента преподавателя в учебном процессе. Начать можно хотя бы с того, что это превосходный инструмент для хранения и передачи огромного количества информации. Достоинство глобальной сети еще и в том, что быстрая передача данных позволяет создавать системы, организующие общение двух или нескольких пользователей в режиме реального времени. Это особенно актуально сегодня, когда появляется необходимость во внедрении в традиционный учебный процесс дистанционного образования. Такой вид образования не только не вытеснит существующую сейчас систему, но дополнит ее новыми возможностями.

К таким возможностям следует отнести способность современных персональных компьютерных систем быстро обрабатывать текстовую и, что особенно важно, графическую информацию. Изучение любой дисциплины по технической специальности сопровождается работой с технической литературой, учебниками, а также в проведении практических занятий, которые включают в себя не только решение теоретических задач, но и закрепление полученных знаний в ходе лабораторных работ и других видов практики. Использование электронных учебников повысит уровень подготовки обучаемых, за счет повышения интенсивности обучения и доступности передаваемой информации.

УДК 621.867.2-83

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Лубошникова М.П.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
ЭЛЕКТРОПРИВОД С ИНВЕРСНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

Разработан инверсный регулятор для частотно-управляемого электропривода с упругими связями. В механической части привода подъёма из-за конечной жесткости тягового троса возникают колебания скорости массы перемещаемого груза. Получена в цифровой форме передаточная функция привода как объекта управления:

$$H(Z) = \frac{\omega(Z)}{m(Z)} = \frac{0,567Z^2 - 0,912Z + 0,427}{Z^3 - 3,247Z^2 + 3,145Z - 0,967}$$

Система управления содержит предварительный регулятор, квантователь, идеальную инверсию, экстраполятор нулевого порядка и объект управления, охваченный отрицательной обратной связью. Передаточная функция реализуемой инверсии получена в виде:

$$W(Z) = \frac{0,876Z^2 - 3,124Z^2 + 2,172Z - 0,896}{Z^3 - 4,261Z^2 + 3,758Z - 1,316}$$

Структурная схема изображена на рис.1:

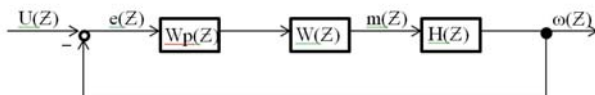


Рисунок 1.

Предварительный регулятор, демпфирующий колебания скорости $\omega(Z)$, имеет передаточную функцию:

$$W_p(Z) = \frac{0,5673}{Z - 1,452}$$

Параметры предварительного регулятора получены при настройке системы управления на апериодический переходный процесс скорости перемещения груза. При настройке применен интерактивный программный пакет Simulink-Matlab.

УДК 621.867.2-83

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Волков И.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГО-ВЯЗКИХ СВЯЗЕЙ
НА КОЛЕБАНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**

Составлена математическая модель электропривода подъемного механизма методом пространства состояний. По разработанной в [1]

методике рассчитаны передаточные функции механической части шахтной подъемной установки, где порожний скип с моментом инерции J_4 и грузенный скип J_3 имеют упруго-вязкие связи соответственно $c_{13}, \theta_{13}, c_{14}, \theta_{14}$ с приводным барабаном J_1 , который приводится во вращение через редуктор от частотно-регулируемого асинхронного двигателя с суммарным моментом инерции J_2 и упругой связью жесткостью c_{12} и вязкостью θ_{12} .

Получены передаточные функции скоростей перемещения скипов для различных положений. Если грузеный скип находится внизу, а порожний на поверхности, то передаточные функции имеют вид:

$$H_4(P) = \frac{v_4(P)}{U_y(P)} = \frac{2,42(p^2 + 1,51p + 21,95)}{p^3 + 0,41p^2 + 24,4p + 8,35},$$

$$H_3(P) = \frac{v_3(P)}{U_y(P)} = \frac{0,024(p^2 + 1,42 \cdot 10^{-4}p + 2089)}{p^3 + 0,41p^2 + 24,4p + 8,35}.$$

Если порожний и грузеный скипы на середине подъема:

$$H_4(P) = \frac{v_4(P)}{U_y(P)} = \frac{1,62(p^2 + 2,71 \cdot 10^{-2}p + 10,6)}{p^3 + 0,397p^2 + 48,064p + 16,43}$$

$$H_3(P) = \frac{v_3(P)}{U_y(P)} = \frac{0,74(p^2 + 5,98 \cdot 10^{-2}p + 89,56)}{p^3 + 0,397p^2 + 48,064p + 16,43}$$

Если грузеный скип находится на поверхности, а порожний – внизу, то передаточная функция определяется по выражениям:

$$H_3(P) = \frac{v_3(P)}{U_y(P)} = \frac{2,1(p^2 + 3,06 \cdot 10^{-6}p + 44,74)}{p^3 + 1,86p^2 + 45,7p + 15,43}$$

$$H_4(P) = \frac{v_4(P)}{U_y(P)} = \frac{0,1(p^2 + 14,8 \cdot 10^{-6}p + 948,5)}{p^3 + 1,86p^2 + 45,7p + 15,43}$$

Эти передаточные функции получены с использованием доминирующих полюсов, что позволило значительно уменьшить порядок передаточных функций.

Анализ переходных процессов показывает значительную колебательность перемещаемых скипов и деформаций подъемного каната на частотах $0,5 \div 1,5$ Гц с амплитудой деформации до 200 мм. При положении скипа на поверхности частота колебаний увеличивается до $10 \div 15$ Гц с амплитудой $5 \div 10$ мм.

Исследования проводились с применением пакета Simulink-Matlab.

Литература

1. Е.С. Ребенков. Цифровой регулятор демпфирования упругих колебаний в многомассовом электроприводе. Горный информационно-аналитический бюллетень. Издательство «Горная книга» 2014, №2, с. 330-336.

УДК 621.867.2-83

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Кислицын Т.Е.

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

КОМПЕНСАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Для компенсации колебаний в электроприводе с упругими связями в механической части разработана модуляционная модель разомкнутой дискретной системы, содержащей последовательно соединенные идеальный квантователь, фиксатор нулевого порядка с передаточной функцией вида:

$$W_{\Phi}(s) = \frac{1 - e^{-hs}}{s}$$

и объект управления.

Передаточная функция получена в дискретной форме:

$$R(z) = \frac{\Theta_1(z)}{\Psi(z)} = \frac{\omega_1(z)}{r(z)} = \frac{0,4034z^2 + 0,7498z - 0,39934}{z^2 + 2,567z^2 - 2,1692z + 0,987}$$

Оптимальная частота квантования определена по критическому периоду квантования, используя критерий Джюри по условию выхода системы на границу устойчивости и выбрана $h=0,1$ с.

Для демпфирования упругих колебаний в приводе подъема разработана система управления с отрицательной обратной связью по скорости скипа.

Компенсация колебательной составляющей скорости перемещения скипа осуществляется разработанным цифровым регулятором с управлением по ошибке регулирования:

$$e(z) = u_y(z) - \omega_2(z).$$

Для заданной апериодической функции скорости груженого скипа в виде:

$$\omega_1(z) = \frac{0,2951z}{(z - 0,9664)(z - 1)}$$

передаточная функция цифрового регулятора получена расчетным путем:

$$H_p(s) = \frac{r(z)}{e(z)} = \frac{0,5084z^2 + 1,394z^2 + 1,367z - 0,488}{z^2 - 3,03z^2 - 3,1516z + 1,1481}$$

Переходные процессы скорости $\omega_i(z)$ и деформации $L_{ij}(z)$ имеют неколебательный характер.

Результаты модельных колебаний проведены с использованием интерактивного пакета Simuling-Matlab.

УДК 621.867.2-83

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Кучин Р.В.

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УПРУГО-ВЯЗКИМИ СВЯЗЯМИ

Разработана математическая модель электропривода подъемного механизма с частотно-регулируемым электроприводом (ЧРЭП). Модель разработана на основе обобщенной модели многомассового электропривода, в виде передаточной функции (ПФ) механической части в векторно-матричной форме:

$$W(s) = \bar{M}(s) \cdot \frac{R_{ij}(s)}{R(s)},$$

где $W(s) = [\omega_1(s), \omega_2(s), \dots, \omega_n(s)]^T$ - вектор приведенных скоростей масс, $\bar{M}(s) = [M_1(s), M_2(s), \dots, M_n(s)]^T$ - вектор моментов на массах, $R_{ij}(s)$ и $R(s)$ - матрицы связи, определяемые параметрами механической системы.

Модель ЧРЭП принята в виде ПФ:

$$u_y(s) \cdot U(s) = \omega_2(s) \cdot F(s) + M_2(s) \cdot N(s),$$

где параметры ЧРЭП определяются полиномами:

$$U(s) = \beta_g \cdot K_{\pi}, \quad F(s) = \beta_g (T_1 s + 1), \\ N(s) = (T_1 s + 1)(T_2 s + 1),$$

здесь β_g - механическая характеристика асинхронных двигателя (АД), T_1 и T_2 - постоянные времени АД и ПЧ соответственно, u_y - сигнал управления преобразователя частоты (ПЧ), ω_2 и M_2 - скорость и момент АД.

Совместное решение ПФ механической части и ПФ ЧРЭП даёт ПФ скоростей всех масс привода в зависимости от управления ПЧ:

$$\omega_1(s) = u_y(s) \frac{\theta_1(s)}{\psi(s)},$$

где $\theta_1(s) = \beta_g K_{\pi} \bar{R}_{in}(s)$, $\psi(s) = (T_1 s + 1) [R_{22}(s) \beta_g + R(s) (T_2 s + 1)]$.

ПФ деформаций упругих связей между i -той и j -той массами определена в виде соотношения:

$$L_{ij}(s) = u_y(s) \frac{r_{ij}(s)}{\psi(s)},$$

где $\theta_{11}(s) = \theta_1(s) - \theta_2(s)$.

При ступенчатом сигнале управления U_y ПЧ графики скоростей гужёного скипа ω_3 и деформации его упругой связи L_{13} имеют значительную колебательность.

Переходные процессы были получены при применении интерактивного программного пакета Similink-Matlab.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Вийсковой Р.А.

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

СХЕМЫ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПОДСТАНЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Распределение и потребление электроэнергии на промышленных предприятиях осуществляется через потребительские подстанции, которые могут быть выполнены или по упрощенным схемам или с распределительным устройством (РУ) высокого напряжения. До последнего времени широко использовались подстанции по упрощенным схемам: различные по способу подключения к источнику питания. Основное преимущество таких подстанций небольшая стоимость и они эксплуатируются, в основном, без постоянного обслуживающего персонала. Значительным недостатком подстанций по упрощенным схемам является существенный перерыв в электроснабжении в распределительном устройстве напряжением 6-10 кВ при отключении короткого замыкания в силовом трансформаторе. Особенно в тех случаях, когда к шинам низкого напряжения (6-10кВ) подключены электродвигатели, которые до срабатывания АВР затормаживаются, а при появлении напряжения начинается самозапуск, который может быть успешным или неуспешным. В значительной степени это относится к подстанциям ответственным по способу подключения к сети, так как их число подключенных к сети, как правило, не ограничивается.

По этим причинам ГПП (главные понижающие подстанции) на промышленных предприятиях с высоковольтной двигательной нагрузкой выполняются с распределительным устройством высокого напряжения (РУ ВН). В РУ ВН устанавливаются силовые выключатели (быстродействующие), которые после срабатывания защиты трансформатора отключают короткое замыкание (к.з.).

При наличии двигательной нагрузки, подключенной к РУ-6-10 кВ, проверка выбранного электрооборудования, должна производиться по суммарному току к.з. который равен:

$$\Sigma I_{к.з.} = I_{к.з.с} + I_{к.з.д} + I_{к.з.сд},$$

где $\sum I_{\tau}$ – периодическая составляющая суммарного ток к.з. на шинах 6-10кВ к моменту времени τ , кА; $I_{\tau, \text{вн}}$ - ток к.з. от внешних источников затухание, как правило, не учитывается, так как мощность внешних источников больше мощности подстанции, кА; $I_{\tau, \text{АД}}$ – ток к.з. подпитки от асинхронных электродвигателей (АД) к моменту времени τ , кА; $I_{\tau, \text{СД}}$ - ток к.з. подпитки от синхронных электродвигателей (СД) к моменту времени τ , кА;

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Свиридов А.А.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА НАПРЯЖЕНИЕ 110-220кВ

В настоящее время для подключения промышленных подстанций начинают применяться кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) на напряжение 110-220кВ.

Переход на кабели с изоляцией из СПЭ взамен кабелей с БПИ обладает существенными преимуществами, основные из которых:

- большая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры нагрева жил:

- при длительном режиме работы 90°С вместо 70°С (для кабелей с БПИ);

- при перегрузке 130°С вместо 90°С (для кабелей с БПИ);

- более высокий ток термической устойчивости при коротком замыкании (250°С вместо 200°С);

Сечение токоведущих жил кабелей с изоляцией из (СПЭ) выбирается и проверяется также, как и для кабелей из БПИ. Отличие состоит в том, что необходимо выбрать сечение экрана и проверить его на действие токов короткого замыкания.

Чтобы проверить выбранное сечение экрана необходимо выполнить условие:

$$I_{\text{по, доп. экр}} \geq I_{\text{по}}^{(2)},$$

где $I_{\text{по, доп. экр}}$ - допустимый ток к.з. для экрана; $I_{\text{по}}^{(2)}$ - действительное значение двухфазного тока к.з.

В таблице 1 приведены значения трехфазного тока к.з. в зависимости от сечения экрана и времени отключения тока к.з.

Таблица 1 - Параметры экрана для кабелей из сшитого полиэтилена

Номинальное сечение (s_n) медного экрана, мм ²	Допустимое значение тока к.з. экрана $I_{по, доп. экр}$, кА в зависимости от времени отключения $t_{откл}$, с		
	$t_{откл}$, с		
	$t_{откл, доп} = 0,7с$	$t_{откл, доп} = 1,0с$	$t_{откл, доп} = 1,4с$
16	3,9	3,3	2,8
25	6,07	5,1	4,36
35	8,45	7,1	6,04
50	12,14	10,2	8,67
70	17,02	14,3	12,16
95	23,09	19,4	16,49

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Семенихин И.С.

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

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОПЫТА РАБОТОДАТЕЛЕЙ

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, а также практические и лабораторные занятия, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, профильными организациями. Прикладной бакалавриат ориентируется на конкретные промышленные предприятия, с увеличенным количеством часов для практических занятий.

Для подтверждения профессиональных компетенций, необходимо использовать практический опыт работодателей профильных организаций. Такими профильными организациями для направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» являются «Промэнергосбыт» и филиал «Тулэнерго» ОАО «МРСК Центра и Приволжья». С данными предприятиями заключены договора о сотрудничестве, в рамках которых специалисты энергетического профиля читают студентам лекции, проводят практические занятия в специализированных лабораториях, принимают студентов на производственную практику с последующим предоставлением трудоустройства. Энергетики знакомят будущих инженеров с основными направлениями деятельности, а также помогают им актуализировать полученные знания для успешного применения их на практике.

Профильные организации создают условия для реализации компонентов образовательной программы, предоставляют оборудование и технические средства обучения в объеме, позволяющем выполнять определенные виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

Практическая подготовка в профильных организациях, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствует формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Чумаков О.В.

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

АНАЛИЗ СХЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6кВ ПРИ НАЛИЧИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

При реконструкции схемы электроснабжения производства «Щекиноазот» источникам питания будет являться «Первомайская» ТЭЦ. На территории производства сооружается новая главная понизительная подстанция (ГПП), на которой сооружается распределительное устройство 6кВ, к которому подключается несколько производств, в том числе производство капролактама.

Особенностью электроснабжения производства капролактама «Щекиноазот» является наличие высоковольтных электродвигателей синхронных (СД) и асинхронных (АД) на напряжение 6кВ. Для их подключения в цехах где они установлены в существующей схеме предусматривается установка РУ-6кВ, к которым подключаются и высоковольтные двигатели и цеховые КТП. Применение такой схемы имеет некоторые недостатки.

Напряжение распределительной сети производства 6кВ, т.к. есть большое число электродвигателей на этот уровень напряжения. В большинстве цехов установлены с РУ и цеховые ТП и схема выполнена радиальной. Такие схемы приводят к установке большого числа шкафов КРУ (комплектных распределительных устройств), т.к. каждое РУ выполняется по схеме одиночная секционированная система шин. В схеме должны быть вводные и секционные шкафы КРУ, причем секционные состоят из двух шкафов – один шкаф с секционным выключателем; второй с разъединителем или вкатным элементом. Кроме этого сети этого уровня напряжения эксплуатируются с изолированным режимом нейтрали, следовательно, на каждой секции необхо-

дим контроль изоляции, который осуществляется измерительными трансформаторами напряжения со схемой соединения звезда-звезда с нулем – разомкнутый треугольник.

При такой схеме подключения проверка выбранного электрооборудования в РУ-6кВ ГПП может быть выполнена по току короткого замыкания (к.з.) только от внешних источников не учитывая ток подпитки от АД и СД. Так как, если внешнее индивидуальное сопротивление двигателя не превышает 10-20% от сверхпереходного сопротивления двигателя ($X''_{d*} = 1/K_D$), то его при расчете I_{no} не учитывают. Таким сопротивлением обладает, например, кабель длиной не более 200-300м, и сечением не менее 50-70мм².

При проверке по токам к.з. оборудования, установленного на РУ-6кВ необходимо учитывать ток подпитки от электродвигателей АД и СД.

Научное издание

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

Химические и технические науки

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Туманова Е.М.

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

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 16,3. Уч.- изд. л. 10,4.

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