

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

XXII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Химические и технические науки



Новомосковск, 2020

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 **XXII научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Химические и технические науки. 18-19 мая 2020 г.** / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2020. – 170 с.

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

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 философских наук Э.А. Бирюкова

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

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2020

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.....	10
<i>Васильев А.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.</i> Поляризация молибденового катода в расплаве хлорида лития.....	10
<i>Максимов И. С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.</i> Процессы на молибденовом катоде при поляризации в расплавах хлоридов лития...	13
<i>Федулеев М.М., Филимонов В.Н.</i> Газовая экстракция, как метод пробоподготовки, при хроматографическом контроле производных бензола в водных средах.....	15
<i>Рядов Д.Д., Давыдов В.В., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Свойства самосборного материала в переходном слое системы жидкость/жидкость.....	16
<i>Шеремет И.И., Давыдов В.В., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.</i> Кинетика накопления соли лантаноида в переходном слое системы жидкость/жидкость.....	17
<i>Александрова О.А., Добрыднев С.В.</i> Спектрофотометрия водных растворов аммиакатных комплексов и солей никеля (II).....	18
<i>Елистратова А.О., Сухинина О.А., Клейменова А.О.</i> Кремний и его соединения в технологии лекарственных форм.....	20
<i>Скоропупова Г.Г., Сухинина О.А., Часовикова Е.Д.</i> Сера и ее соединения в фармтехнологии.....	21
<i>Стародуб А.Н., Баканина А.К., Скорба В.Р., Новиков А.Н.</i> Объемные свойства неводных растворов электролитов в связи с периодическим законом.....	22
<i>Ильина Т.А., Стародуб А.Н., Капштык В.Н., Новиков А.Н.</i> Объемный вклад фенильной группы на основании исследования растворов дифенила в N-метилпирролидоне при 298,15 К.....	23
<i>Иванов А.И., Дорохин С.В., Новиков А.Н.</i> Количественное определение йода в образцах поваренной соли.....	24
<i>Амелин Д.С., Костылева Е.И.</i> Синтез полиактида из растительного сырья.....	25
<i>Шевченко Ю.Т., Костылева Е.И.</i> Синтез и исследование свойств силиконовых пеногасителей.....	26
<i>Корзиенко Н.И., Костылева Е.И.</i> Пиролиз полимерных бытовых отходов.....	27
<i>Дороховская К.С., Горохова М.Н.</i> Особенности получения гемдигалогенциклопропанов в условиях межфазного катализа.....	28
<i>Хомутова М.Ф., Родионова Р.В.</i> Предпроектная разработка способа получения диспергатора НФ марки «А».....	29
<i>Алымов Д.С., Родионова Р.В.</i> Выбор промышленного метода произ-	

водства циклогексана.....	30
<i>Буловецкий С.М., Родионова Р.В.</i> Предпроектная разработка производства синтетического каучука марки СКДН-Н.....	31
<i>Аносова К.В., Будукин Н.В., Маклаков С.А.</i> Обзор термokatалитических процессов переработки нефтяных фракций.....	32
<i>Федулеев М.М., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Антипирены для ненасыщенных полиэфирных связующих.....	33
<i>Плешкевич Д.В., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Повышение огнестойкости ненасыщенных полиэфирных связующих путем их химической модификации.....	34
<i>Сидяков С.А., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Асбест: краткая история добычи в России и его возможности в технологии пластмасс.....	35
<i>Купцова Д.С., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Выбор материала для производства тары, отвечающей ряду требований.....	36
<i>Грушилевский Д.С., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Идентификация асбеста в теплоизоляционном материале простейшими методами....	37
<i>Соловей И.О., Алексеев А.А.</i> Конопля: краткая история культивирования в России и ее возможности в технологии пластмасс.....	38
<i>Шабалина Т.А., Лобанов А.В., Алексеев А.А.</i> Горючие и негорючие полимерные материалы: основные понятия и методы оценки.....	39
<i>Чернышев И.Н., Коробко Е.А., Алексеев А.А.</i> Подводная гидроизоляция металлических поверхностей листовыми материалами.....	40
<i>Яранцева Н.В., Коробко Е.А., Алексеев П.А.</i> Классификация полимерных отходов и пути их утилизации.....	41
<i>Королева Е.А., Макрушин Н.А.</i> Термодинамические свойства некоторых соединений кремния и никеля при различных температурах...	42
<i>Елистратова А.О., Шумицкая К.В., Лобанов А.В., Макрушин Н.А.</i> Применение фосфогипса в качестве компонента смешанных удобрений.....	43
<i>Халяпина О.Ю., Голубина Е.Н., Макрушин Н.А., Гартман В.Л., Дульнев А.В., Кизим Н.Ф.</i> Процессы структурообразования в пропиточных растворах производства катализаторов конверсии метана....	44
СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	46
<i>Сорсов К.И., Бегова А.В.</i> Особенности конструкции низкотемпературного сепаратора.....	46
<i>Матюшин Д.С., Сафонов Б.П.</i> Разработка конструкции распределительной камеры многоходового по трубам кожухотрубчатого теплообменника.....	47
<i>Лобанов А.В., Давыдов В.В., Каменский М.Н.</i> Разработка конструкции центробежного насоса.....	48

<i>Сорокин В.С., Попов А.А., Лобанов Н.Ф.</i> Разработка конструктивной схемы реактора окисления аммиака.....	49
<i>Калугин И.А., Сафонов Б.П.</i> Усовершенствование герметичности монтажного окна для ревизии (замены) плунжера на насосе 2,3ПТ-1/40 на установке комплексной подготовки газа.....	51
<i>Калугин И.А., Сафонов Б.П.</i> Приспособление для чистки внутренних устройств разделителей ДЭГА на установке комплексной подготовки газа.....	52
<i>Логачев Д.А., Зимин А.И., Суменков А.Л.</i> Использование приложения AutoCAD в курсовом проектировании по ТММ.....	53
<i>Катрич О.В., Врагов И.С., Лобанов Н.Ф.</i> Реконструкция котла-утилизатора как объекта энергосбережения.....	56
<i>Коробка И.А., Думчев А.К., Клочков В.И.</i> Аппарат для сушки и грануляции в "кипящем" слое.....	58
<i>Савкина Н.Е., Козлов А.М.</i> Технологический процесс ремонта корпуса клиновой задвижки.....	59
<i>Мишин С.А., Врагов И.С., Клочков В.И.</i> Конструкция экстрактора с вибрирующими тарелками.....	61
<i>Думчев А.К., Суменков А.Л., Зимин А.И.</i> О трении нанопорошков....	62
<i>Краснолобов А.С., Подольский В.А, Сивкова О.Д.</i> О влиянии механической и электрической связи между соседними участками пьезопреобразователя на его акустическое поле.....	63
СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ	66
<i>Глазков К.В., Макрушин В.В.</i> Газотурбинные установки. Их преимущества в пиковом режиме.....	66
<i>Горянский Д.А., Макрушин В.В., Курило Н.А.</i> Обзор пластинчатых теплообменных аппаратов.....	66
<i>Самсонов К.С., Макрушин В.В.</i> Влияние “безопасного” природного газа на окружающую среду при работе теплоэнергетических установок.....	67
<i>Маликова С.А., Макрушин В.В.</i> Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Достоинства и недостатки.....	68
<i>Маликова С.А., Макрушин В.В.</i> Экологические проблемы при сжигании топлива.....	69
<i>Конов П.А., Шлей Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> Определение расчетных расходов воды на нужды горячего водоснабжения Новой площадки Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева.....	71
<i>Шлей Е.В., Конов П.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Определение тепловой нагрузки системы ГВС Новой площадки Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева.....	72

<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> Подготовка воды для систем горячего водоснабжения.....	74
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Отопительные конденсационные котлы: Эргономично и экономично....	75
<i>Лазарев А.Ю., Бежикина П.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Генерация электрической и тепловой энергии на мини ТЭЦ.....	77
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Газотурбинные мини ТЭЦ (ГТУ-ТЭЦ).....	78
<i>Лазарев А.Ю., Рыжих С.М., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Мини-ТЭЦ на базе двигателей внутреннего сгорания	81
<i>Штефан К.В., Горянский Д.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Опыт эксплуатации электромагнитного аппарата в системе ГВС	83
<i>Шевцов А.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Развитие современных методов электроомембранного обессоливания воды.....	84
<i>Герасимов В.Ю., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Реализация технологии мембранной дегазации воды.....	85
<i>Рыжих С.М., Бежикина П.А., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е.</i> Закон сохранения энергии.....	86
<i>Конов П.А., Шлей Е.В., Золотарева В.Е., Зайцев Н.А., Головина З.А.</i> Цикл Карно.....	88
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Золотарева В.Е., Головина З.А.</i> Цикл Ренкина.....	91
<i>Лазарев А.Ю., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> 100 лет со дня рождения одного из основателей кафедры «Промышленная теплоэнергетика», доцента, кандидата технических наук Константина Леонидовича Наркевича.....	93
<i>Глазков К.В., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.</i> 75 лет со дня рождения основателя и первого заведующего кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», доцента, кандидата технических наук Андросова Владимира Ивановича.....	95
<i>Маликова С.А., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Курило Н.А.</i> 22 декабря - День Энергетика!.....	96
<i>Писарев М.А., Чернецов Н.А., Логачева В.М.</i> Низкопотенциальная тепловая энергия тепловые насосы.....	98
<i>Писарев М.А., Чернецов Н.А., Логачева В.М.</i> Кинетические накопители электроэнергии.....	99
<i>Толстых И.В., Иванов А.А., Логачева В.М.</i> Лазерная сварка и её преимущество.....	100
<i>Никитин А.П., Логачева В.М.</i> Передача и преобразование переменного тока с помощью трансформатора.....	102
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Логачева В.М.</i> Излучатели и приемники	

ультразвука.....	104
<i>Иванов А.А., Толстых И.В., Логачева В.М.</i> Явление самоиндукции и ее техническое предназначение.....	105
<i>Глазков К. В., Лазарев А. Ю., Логачева В.М.</i> Проявление квантовой природы излучения: фотоэффект.....	108
<i>Ионова Л.Г., Исаев А.С., Кошелева В.О.</i> Вычислительные методы задач оптимизации современных СЭС.....	109
<i>Ивашкова О.В., Исаев А.С., Овсянников Д.С.</i> Математическое моделирование электротехнических комплексов.....	110
<i>Исаев А.С., Романенко Н.А., Соболев Н.Д.</i> Информационное обеспечение выбора ценовой категории в современных условиях.....	111
<i>Ильин А.И., Закиров Т.В.</i> Современные тенденции молниезащиты воздушных линий.....	112
<i>Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Губин М.А.</i> Область применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение ниже 1000 В.....	113
<i>Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Чирков Д.Ю.</i> Особенности электропитания предприятий мощностью меньше 5 МВт.....	114
<i>Ермаков П.И., Ошурков М.Г.</i> Оценка допустимой погрешности прогнозирования профиля мощности при переходе на двухставочный тариф.....	115
<i>Ошурков М.Г., Черницын Н.А.</i> Прогнозирование часов пиковой нагрузки.....	116
<i>Кольцов К.А., Лагуткин О.Е.</i> Отличия вариационного ряда от рангового распределения по параметру.....	117
<i>Лагуткин О.Е., Радищевский А.В.</i> «Скользющие» нормы электроэнергии энергоемких агрегатов.....	118
<i>Колесников Е.Б., Леонов А.А.</i> Измеритель частоты напряжения трехфазной сети.....	119
<i>Колесников Е.Б., Базлов Д.С.</i> Делитель частоты гармонического сигнала.....	122
<i>Колесников Е.Б., Свиридов А.А.</i> Измеритель частоты синусоидального напряжения.....	125
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Алиев Г.Э., Миляев В.П., Писарев М.А.</i> Многомассовый электропривод с упругими связями.....	128
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Ендин Е.А., Алиев Г.Э.О., Овсянников Д.С.</i> Разработка регулятора демпфирования колебаний в электроприводе с упругими связями.....	130
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Свиридов А.А., Лубошникова М.П.</i> Исследование колебательных процессов в частотно-регулируемом электроприводе с упругими связями.....	133

СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	136
<i>Брыков Б.А., Ковальчук А.В., Осокин П.К., Лопатин А.Г.</i> Об использовании робастно-адаптивного подхода для синтеза интеллектуальных систем управления слабодетерминированными объектами химической технологии.....	136
<i>Брыков Б.А., Камынин В.А., Мелешкина В.А., Маслова Н.В.</i> Особенности работы классической САР в номинальном и критическом режиме функционирования объекта управления.....	137
<i>Брыков Б.А., Федин Н.А., Антонович В.Ю., Маслова Н.В.</i> Имитационное моделирование кинетики процесса полимеризации стирола с учетом изменения температурного режима.....	138
<i>Брыков Б.А., Гаврилов В.А., Левишин А.С., Маслова Н.В.</i> Методы расчета каскадных систем автоматического регулирования.....	139
<i>Корольков П.В., Старкова В.К., Соболев А.В.</i> Математическое моделирование колонны синтеза аммиака в условиях неопределенности.....	140
<i>Корольков П.В., Фомин К.С., Соболев А.В.</i> Анализ работы колонны синтеза аммиака в условиях неопределенности.....	141
<i>Корольков П.В., Мосейчук Р.А., Соболев А.В.</i> Оптимизация работы колонны синтеза аммиака в условиях неопределенности.....	141
<i>Ковальчук А.В., Лопатина С.В.</i> Организация контроля качества и профилактика брака в производстве полистирола.....	142
<i>Азима Ю.И., Сидельников С.И., Шермет И.И.</i> Численное решение двумерных нестационарных задач теплопроводности в среде Mathcad.....	143
<i>Фомин К.С., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.</i> О «цифровом следе» студента в условиях дистанционного обучения.....	144
<i>Жирноклеев Н.К., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.</i> Об опыте дистанционного обучения в условиях самоизоляции.....	145
<i>Соколов И.С., Санаева Г.Н., Моисеева И.Д.</i> Об особенностях «периферийных вычислений».....	146
<i>Жирноклеев Н.К., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.</i> Платформа для дистанционного обучения Zoom.....	147
<i>Предместын В.Р., Мелешкина В.А.</i> Пути повышения качества систем управления.....	148
<i>Щербаков И.Г., Сидельников С.И.</i> Системы управления автомобиля и их диагностика.....	149
<i>Чупрова А.С., Лопатин А.Г.</i> Разработка программного обеспечения	

исследования теплообменных аппаратов.....	150
<i>Распопов А.Н., Лопатин А.Г.</i> Сравнительный анализ методов настройки пид регуляторов.....	151
<i>Комягин Д.И., Соболев А.В.</i> Оптимальное управление технологическими процессами в условиях неопределенности.....	152
<i>Шоричева А.И., Соболев А.В.</i> Использование полного факторного эксперимента для построения математической модели объекта управления.....	154
<i>Лисин В.М., Янцев С.В.</i> Перспективы развития детских технопарков в России.....	155
<i>Лисин В.М., Хабарова Е.Ю.</i> Современные технологии контентной фильтрации.....	156
<i>Шарапов А.Р., Силин А.В.</i> Опыт разработки информационной системы «Журнал дефектов» для производственного предприятия.....	157
<i>Шоричева А.И., Юров А.А., Силин А.В., Силина И.В.</i> Анализ технических средств защиты программного обеспечения.....	158
<i>Шоричева А.И., Юров А.А., Силин А.В., Силина И.В.</i> Оценка эффективности систем защиты программного обеспечения.....	159
<i>Гвоздев М.А., Молодилов А.Е., Силин А.В., Силина И.В.</i> Анализ уровня безопасности систем электронной почты.....	160
<i>Старкова В.К., Силин А.В., Силина И.В.</i> Восстановление информации к парольным кэшам Windows.....	161
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Янцев С.Д.</i> Способы технической реализации концепции Fog Computing.....	162
<i>Кострюкова Е.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Основные подходы к разработке алгоритмов, лежащих в основе FRT- систем.....	163
<i>Булатова Д.А., Бездомников А.В.</i> Непараметрические критерии однородности статистических данных.....	164
<i>Артюшина Т.В., Бездомников А. В.</i> Дисперсионный анализ.....	165
<i>Думчев А.К., Платонова О.Ю.</i> Виды средних и способы их вычисления.....	166
<i>Волков И.А., Платонова О.Ю.</i> Метод трапеций.....	168
<i>Бахлаев Л.А., Платонова О.Ю.</i> Дифференциальные уравнения Лагранжа и Клеро.....	169

СЕКЦИЯ ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 541.13

Васильев А.С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПОЛЯРИЗАЦИЯ МОЛИБДЕНОВОГО КАТОДА В РАСПЛАВЕ ХЛОРИДА ЛИТИЯ

Литий – редкий легкий щелочной металл обладает рядом особых физико-химических свойств, которые определяют его растущее применение в современной технике и технологиях, в первую очередь в производстве химических источников тока [1]. Как и другие щелочные металлы, литий получают электролизом расплаво́в его хлорида или смеси LiCl-KCl с твердым катодом [1]. По сравнению с другими более тугоплавкими солями например, NaCl, KCl, применение LiCl возможно в виде индивидуального фонового расплава, из-за относительно низкой температуры его плавления (878 К) а так же минимального комплексообразования для растворенных в нем хлоридов других металлов вида MeCl_n [2]. Поскольку большой объем исследований для щелочных и щелочноземельных металлов на различных катодах выполнен при температуре 973 К, то представляют интерес процессы при электролитическом выделении лития на индифферентном молибденовом катоде при этой температуре. Наиболее важной определяемой величиной в таких измерениях является значение стандартного потенциала лития в LiCl - $E_{Li^+/Li}^0$.

Надо отметить, что для большинства хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов при 973 К значения $E_{Me^{n+}/Me}^0$ получены из термодинамических расчетов, а не экспериментально [3]. При этом разность данных, в том числе по $E_{Li^+/Li}^0$ при 973 К, превышает 0,1 В.

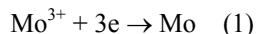
Ход катодной поляризационной кривой (КПК) молибдена в LiCl подобен наблюдаемому для других хлоридов щелочных металлов, например, NaCl при 1103 К [4]. При рассмотрении КПК в LiCl принимали во внимание накопленную информацию о взаимодействии в системе Li-LiCl [5], о перезаряде катионов щелочных и щелочноземельных металлов [2], о возможности металлотермических реакций между оксидом металла катода и щелочных металлов включая литий [6,7].

Поляризацию катода в интервале плотностей тока от 10^{-4} до $2,0 \text{ A/cm}^2$ импульсным гальваностатическим (коммутаторным) методом. Потенциал электрода после отключения импульса поляризации

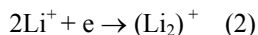
(15 с) измеряли относительно хлорного электрода сравнения. Измерения в ячейке проводились под атмосферой аргона. Подготовку (обезжелезивание) расплава проводили по традиционной методике. При исследованиях было снято пять КПК при температуре 973 ± 2 К. Потенциал молибденового катода на КПК изменяется от установившегося стационарного (-1,37 В) до практически равновесного (квазиравновесного) для выделившегося лития ($E_{Li^+/Li}^P$). После этого катод не поляризуется при увеличении плотности поляризующего тока.

При этом возможно последовательное протекание следующих процессов

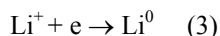
ток коррозии ($i_{кор}$)



ток перезаряда катионов Li^+ ($i_{пер}$)



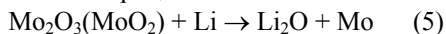
восстановление Li^+ до металла



или диспропорционирование $(Li_2)^+$



При потенциалах -1,8-2,0 В в области перезаряда -1,5-3,4 В термодинамически возможно протекание процессов



Очевидно, такая реакция реализуется при условии наличия оксидов на электроде.

Средний потенциал -3,421 В отвечает образованию Li на катоде. При изменении i_k он не изменяется, хотя и не является стандартным, т.к. при $a_{Li}=1$ a_{LiCl} меньше 1, из-за перезарядки части Li^+ до $(Li_2)^+$.

Долю Li^+ , пошедшую на перезаряд оценили на данным о растворимости лития в LiCl [5] интерполяцией зависимости на температуру на 973 К.

Далее для расчета $E_{Li^+/Li}^0$ по уравнению Нернста использовали данные об активности LiCl в приэлектродном слое и $E_{Li^+/Li}^P$. Стандартные потенциалы окислительно-восстановительной системы $Li^+/(Li_2)^+$ рассчитывали используя уравнение Нернста, учитывая что при $E=-3,421$ В устанавливаются равновесия по всем возможным в равновесиям в системе [5].

Величину $E_{(Li_2)^+/2Li^+}^0$ рассчитывали используя правило Лютера. С учетом известных погрешностей для $E_{Li^+/Li}^0$ ($\pm 0,003$ В)

$$2 E_{Li^+ / Li}^0 = E_{2Li^+ / (Li_2)^+}^0 + E_{(Li_2)^+ / 2Li^+}^0$$

Величина $E_{Li^+ / Li}^P$ составила $-3,421 \pm 0,003$ В, что удовлетворительно согласуется со значением $-3,430$ В приведенным в [3] и дает основания для её использования

Величина составила $-3,4210 \pm 0,003$ В, что удовлетворительно согласуется с $-3,430$ В приведенным в [1].

$E_{(Li_2)^+ / 2Li^+}^0$ гораздо меньше $E_{Li^+ / Li}^0$ из чего следует относительно малая доля субионов, даже в равновесии с литием в его чистом хлориде. Наличие процессов перезаряда катионов щелочных металлов приводит к потерям тока на целевой катодный процесс и придает солевому расплаву восстановительные свойства.

Литература

1. Дриц М.Е., Зусман Л.Л. Сплавы щелочных и щелочноземельных металлов. Справочник. – М.: Металлургия, 1986. – 248 с.
2. Волкович А.В., Журавлев В.И. Электрохимия кальция, стронция, бария. Галогенидные расплавы. Новомосковск. ФГБОУ во РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). 2017. – 285 с.
3. Лебедев В.А. Избирательность жидкокристаллических электродов в расплавленных галогенидах. – Челябинск.: Металлургия, Челябинское отделение. 1993. – 232 с.
4. Потенциалы осаждения натрия на жидкокристаллических электродах / А.В. Волкович, А.В. Кривопушкин, А.С. Чекалова, Б.А. Хоришко // Журнал физической химии. – 1975. – Т. 49. – № 9. – С. 2423-2424.
5. Смирнов М.В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. – М. Наука. 1973. – 247 с.
6. Темногорова Н.В., Демидов А.И., Морачевский А.Г. Исследование процесса выделения лития на жидких металлических катодах. // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. – 1979. – № 3. – С. 89-96.
7. Электродные процессы на окисленных цинковом и молибденовом катодах в хлоридных расплавах. / В.И. Журавлев, А.В. Волкович, И.Ф. Ничков, А.М. Виноградов // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. – 1982. – № 1. – С. 27-31.

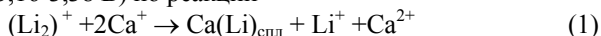
Максимов И. С., Журавлев В.И., Жиркова Ю.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРОЦЕССЫ НА МОЛИБДЕНОВОМ КАТОДЕ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ И КАЛЬЦИЯ

Двух- и многокомпонентные сплавы лития представляют практический интерес как раскислители – модификаторы, как функциональные материалы в разных отраслях. При этом получения сплавов как на твердых, так и жидких катодах проводят как правило электролизом смеси хлорида лития с хлоридом другого целевого металла, например, LiCl-CaCl_2 . Следует отметить, что при 973 К образуется сплав Ca(Li) , без интерметаллидов, с растворимостью кальция около 87 мол. % [1]. Исходя из строения диаграммы состояния есть основания ожидать [2], что оба компонента жидкого сплава Ca(Li) ведут себя идеально. Кроме того их относительные электроотрицательности близки. Это дает основания принять коэффициенты активности кальция и лития в сплаве близкими к единице.

Рассмотрены электродные процессы на твердом молибденовом катоде в расплаве $\text{LiCl-20 мол. \% CaCl}_2$ в интервале катодной плотности тока от 10^{-4} до 2 A/cm^2 . Катодные потенциалы электрода исследовались коммутаторным методом при времени импульса тока и паузы по 15 с. Потенциалы катода измеряли относительно хлорного электрода сравнения. Анод (графит) помещался за диафрагмой, над расплавом поддерживалась атмосфера из очищенного аргона. Очистка расплава от следов влаги обязательна из-за высокой гигроскопичности обоих компонентов расплава. Ход КПК в кальцийсодержащем расплаве для молибденового электрода в целом идентичен ходу КПК для него в LiCl . Однако есть различия в величине токов и потенциалов протекания процессов, которые очевидно связаны с наличием 20 мол. % CaCl_2 в расплаве. Изменение потенциала молибденового электрода от стационарного (-1,39 В) до значения -3,38 В в расплаве при увеличении тока поляризации связано с протеканием реакций как с участие катионов лития, так и катионов кальция. В первую очередь – это перезаряд стабильных катионов лития до димеров (субионов) $(\text{Li}_2)^+$, а так же и перезаряд Ca^+ . При потенциалах в интервале $-(1,8-2,0 \text{ В})$, если на молибдене есть следы оксидов MoO_3 и MoO_2 , то на катоде возможно протекание металлотермических реакций с участием лития и кальция. Возможно, что при катодном токе $0,05-0,08 \text{ A/cm}^2$ протекают процессы диспропорционирования субионов

с образованием сплава Ca(Li) в объеме приэлектродного слоя расплава при потенциалах $-(3,16-3,38 \text{ В})$ по реакции



На КПК при указанных параметрах проявляется полуволна предшествующая выделению металлов на поверхности катода. При более высоких плотностях тока - от 0,1 до 2,0 А/см² на поверхности молибдена образуется сплав Ca(Li) благодаря близости равновесных потенциалов $E_{\text{Li}^+/\text{Li}}^P$ и $E_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}}^P$, а также эффекту сплавообразования. На основании условий совместного разряда катионов с образованием идеального сплава оценен его поверхностный состав из соотношения

$$x_{\text{Ca}/\text{Li}} = \exp \left[\frac{F \left(2E_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}(\text{Li})}^P - E_{\text{Li}^+/\text{Li}(\text{Ca})}^P - E_{\text{сн}} \right)}{RT} \right] \quad (2)$$

Значения величин равновесных потенциалов лития и кальция $E_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}}^P$, $E_{\text{Li}^+/\text{Li}}^P$ при 973 К рассчитывали с учетом данных о стандартных потенциалах лития (полученных экспериментально) и кальция, принятых из работы [3], а так же принятых данных о коэффициентах активности их катионов в расплаве - 0.9 и 1, соответственно [2,3]. Потенциал образующегося сплава, около $-(3,39-3,40) \text{ В}$ при плотности тока поляризации от 0,1 до 2,0 А/см², и вероятно его состав, изменяются мало. Расчеты по (2) показывают, что при электролизе на 3 моля лития выделяется 1 моль кальция. При этом образуется сплав, содержащий около 65 масс. % кальция. Ориентировочно выход по току кальция при электролизе достигает 40 %.

Поскольку поляризация в области сплавообразования мала, при данных значениях катодной плотности тока, состав сплава практически постоянен. Основным фактором, влияющим на состав сплава, является концентрационное соотношение компонентов солевой смеси.

Литература

1. Дриц М.Е., Зусман Л.Л. Сплавы щелочных и щелочноземельных металлов. Справочник. – М.: Металлургия, 1986. – 248 с.
2. Лебедев В.А. Избирательность жидкокристаллических электродов в расплавленных галогенидах. – Челябинск.: Металлургия, Челябинское отделение. 1993. – 232 с.
3. Волкович А.В., Журавлев В.И. Электрохимия кальция, стронция, бария. Галогенидные расплавы. Новомосковск. ФГБОУ во РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). 2017. - 285 с.

Федулеев М.М., Филимонов В.Н.

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

ГАЗОВАЯ ЭКСТРАКЦИЯ, КАК МЕТОД ПРОБОПОДГОТОВКИ, ПРИ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОЛА В ВОДНЫХ СРЕДАХ

Количественный контроль содержания легколетучих ароматических углеводородов 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 хроматографии без предварительного извлечения органических токсикантов из исследуемого водного объекта и их концентрирование невозможно. Проблемную стадию анализа успешно решает газовая экстракция (стриппинг) 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 541.13

Рядов Д.Д., Давыдов В.В., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

СВОЙСТВА САМОСБОРНОГО МАТЕРИАЛА В ПЕРЕХОДНОМ СЛОЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТЬ / ЖИДКОСТЬ

При контакте двух несмешивающихся жидкостей, в каждой из которых содержится реагент, происходит формирование динамического межфазного слоя (переходного слоя), внутри которого образуются самосборные структуры в результате коагуляции и конденсации частиц, возникающих вследствие протекания химических реакций, в том числе и частичной полимеризации.

В настоящем сообщении представлены некоторые свойства материалов, формирующихся в переходном слое на основе ди-(2-этилгексил)фосфатов лантаноидов, формирующихся в переходном слое системы (далее – материал).

Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что материал на основе ди-(2-этилгексил)фосфата лантаноида является рентгеноаморфным материалом с кристаллическими включениями. Ди-(2-этилгексил)фосфат лантаноида изоструктурный и образует кристаллы триклинной сингонии. Основой конденсационной структуры являются линейные полимеры, в которых грани связаны между собой мостиковыми связями.

Материал имеет свойства, зависящие в основном от природы элемента и растворителя ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты. Материал на основе РЗЭ иттриевой подгруппы обладает более высокой плотностью, магнитной восприимчивостью, электропроводностью. Это обусловлено более высокой долей кристалличности материала и более низким содержанием воды. Свойства самосборных структур зависят от начальных условий проведения межфазного синтеза. Материал, будучи адгезированным к твердому носителю, модифицирует поверхность, придавая ей несмачиваемость водой. Алюминиевый провод, покрытый тонкой пленкой материала межфазных образований, характеризуется постоянством гидрофобности в морозное время, которая понижается в период дождей. На величину краевого угла смачивания оказывает влияние и число нанесенных слоев. Подбор условий синтеза позволил получить материал, при нанесении которого на стеклянную пластинку, поверхность становится супергидрофобной.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований проект № 19-03-00194 и грантом Правительства Тульской области ДС/160 от 27.11.2019 г.

УДК 541.13

Шеремет И.И., Давыдов В.В., Голубина Е.Н., Кизим Н.Ф.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КИНЕТИКА НАКОПЛЕНИЯ СОЛИ ЛАНТАНОИДА В ПЕРЕХОДНОМ СЛОЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТЬ / ЖИДКОСТЬ

Одним из методов получения наночастиц вещества является межфазный синтез, при котором в контакт приводят две несмешивающиеся жидкости, в одной из которых содержится реагент, растворимый только в этой жидкости, а в другой – реагент, растворимый только в другой жидкости. В результате гетерофазной реакции образуется новое вещество, молекулы которого способны накапливаться в переходном слое этой системы, образуя наночастицы.

Целью работы является изучение кинетики накопления лантаноида (РЗЭ) в динамическом межфазном слое (ДМС) системы водный раствор соли лантаноида – раствор ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты (Д2ЭГФК) в органическом разбавителе.

В ДМС может накапливаться до 25 % от первоначально взятого количества РЗЭ. На кинетических кривых накопления прослеживается участок с постоянной величиной накопления. Продолжительность этого участка и его положение зависят от природы и концентрации РЗЭ и растворителя Д2ЭГФК, кислотности среды. От этих же факторов зависит и количество РЗЭ, накапливающегося в ДМС.

При экстракции РЗЭ иттриевой подгруппы в системах с гептаном накопление происходит быстро. Участок с постоянной величиной накопления РЗЭ в ДМС непродолжителен, часто слабо выражен и наблюдается почти в самом начале опыта (~ 5-7 мин). В системах с толуолом этот участок хорошо выражен, продолжителен (15 ÷ 40 мин) и в меньшей степени зависит от концентрации Д2ЭГФК. Увеличение концентрации Д2ЭГФК в исходном растворе при прочих равных условиях приводит к снижению накопления РЗЭ в ДМС. В случае РЗЭ цериевой подгруппы (Pr(III), Nd(III)) дифференцирующее влияние органического растворителя менее выражено и начинает проявляться лишь при больших временах от начала опыта (свыше 40 мин). Влияние исходной концентрации извлекаемого элемента в водной фазе на процесс его накопления в ДМС зависит как от соотношения начальных концентраций элемента в водной фазе и экстракционного реагента в органической фазе, так и от абсолютного значения концентраций.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований проект № 19-03-00194 и грантом Правительства Тульской области ДС/160 от 27.11.2019 г.

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ
АММИАКАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И СОЛЕЙ НИКЕЛЯ (II)**

Способ получения ультрадисперсных оксидных материалов, в результате термического разложения основных солей металлов, является наиболее технологичным и легко реализуемым в промышленных условиях [1]. 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 [2].

Для изучения механизма растворения $\text{Ni}(\text{OH})_2$ в аммиачно-карбонатной смеси с содержанием NH_4HCO_3 1,05 М и $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ равной 1,32 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. 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 (спектрограмма 1). Для объяснения влияния природы аниона на положения максимумов полос поглощения в аммиачно-карбонатных комплексах никеля (II), были дополнительно измерены оптические плотности водных растворов сульфата, хлорида и нитрата никеля (II) с концентрациями 0,1 М, которые приведены на рис. 1 (спектрограммы 2-4).

Как видно из рис. 1 (спектрограмма 1) на спектрограмме присутствуют два максимума интенсивности светопоглощения, соответствующие интервалам длин волн 365-375 нм и 600-620 нм. Бьеррум установил [3], 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) смесь комплексных форм $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_3]^{2+}$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Традиционный количественный подход к анализу формы полос в спектрах поглощения, основанный на принципе Франка-Кондона и теории кристаллического поля, не объясняет наличие двойных пиков рис. 1 (спектрограммы 2-4). Авторы работы [4], расчетами октаэдрической модели никелевых комплексов, показали, что наличие двух пиков поглощения связано с электронными переходами, которые обуславливают наличие не только аммиакатного, но и аква-комплекса никеля (II). Это дает основание считать, что полоса поглощения рис. 1

(спектрограмма 1) также является результатом наложения двух полос. Из рис. 1 (спектрограммы 2-4) можно видеть, что для водных растворов сульфата, хлорида и нитрата никеля (II) с концентрациями 0,1 М, независимо от природы аниона, положение максимумов полос поглощения в спектрах, совпадает, а введение аммиака и образование более прочных аммиакатных комплексов приводит к смещению положения пиков в сторону ультрафиолетовой области рис. 1 (спектрограмма 1). Таким образом, растворение гидроксида никеля (II) в аммиачно-карбонатном растворе протекает в результате образования не только аммиакатных, но и аква-комплексов никеля (II).

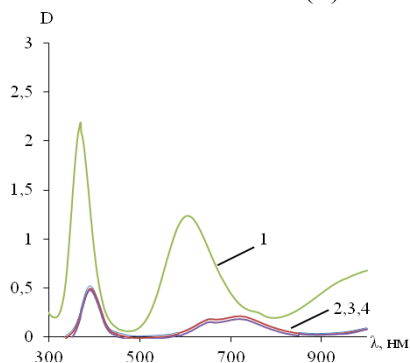


Рис. 1 Зависимость изменения оптической плотности от длины волны для водных растворов: 1 - $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_n]\text{CO}_3$ (0,34 М); 2 – NiSO_4 (0,1 М); 3 – NiCl_2 (0,1 М); 4 - $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ (0,1 М)

Анализ возможности образования комплексов в водных растворах никеля (II) с позиций теории кристаллического поля и применение временного подхода [4], к объяснению происхождения средней полосы в спектрах поглощения $\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ и $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+}$, дает более глубокое понимание и объяснение экспериментальных данных, полученных с помощью электронной спектроскопии.

Литература

1. Добрыднєв С. В., Александрова О. А. Получение ультрадисперсных частиц оксида никеля для анодов твердооксидных топливных элементов. Первая международная конференция по интеллектуальным технологиям в энергетике (Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов) 18-22 сентября 2017 г. Сборник докладов, Екатеринбург. 2017. С. 61.

2. Патент РФ № 2630956 . Способ получения оксидно-никелевого катализатора
3. Бьеррум Я. Образование амминов металлов в водном растворе / Пер. с англ. канд. хим. наук Г. Ф. Губской и Г. С. Терешина ; Под ред. акад. И. В. Тананаева. - Москва : Изд-во иностр. лит., 1961. - 308 с.
4. Triest M., Bussière G., Bélisle H., Reber C. Why does the middle band in the absorption spectrum of $\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ have two maxima? / Journal of chemical education. 2000. DOI: 10.1021/ed077p670.2

УДК 615.014

Елистратова А.О., Сухина О.А., Клейменова А.О.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КРЕМНИЙ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ

Кремний и его соединения в настоящее время активно используются в качестве основ для получения материалов биомедицинского назначения в технологии лекарственных форм. Кремний, как микроэлемент, жизненно важен для формирования и поддержания нормальной структуры кости - он необходим для формирования основного компонента хрящевой и костной ткани, для синтеза гликозамингликанов, а также важен для процесса минерализации костной ткани, так как требуется для адсорбции кальция, предотвращает остеопороз и многие другие заболевания.

Высокомолекулярные кремнийорганические соединения оказывают регенерирующее и адсорбирующее действие, обладают выраженным детоксикационным воздействием при отравлениях, быстро выводят шлаки, токсические соединения, продукты распада тканевых структур, патогенные микроорганизмы. Проникая в пищеварительный тракт, кремний не имеет способности к накоплению, не подвергается общей абсорбции. На местном уровне препятствует развитию некротических изменений мягких тканей, помогает ускорить заживление ран.

Полимерный диоксид кремния — лёгкий мелкий аморфный порошок белого цвета, без запаха, при взбалтывании с водой образует взвесь. В коллоидной форме применяется в медицине в качестве энтеросорбента и наружно при гнойно-воспалительных заболеваниях мягких тканей. Попадая в водную среду, формирует сложную пространственную структуру. Её особенностью является то, что сорбция молекул токсинов, избыточных продуктов обмена веществ,

антигенов, микроорганизмов происходит на поверхности частиц, в местах связи оксида кремния с гидроксильными группами. В водной суспензии таких частиц много и их суммарная сорбционная площадь достаточно велика (при внутреннем употреблении составляет 300- 400 м²/г), поэтому полимерный диоксида кремния может фиксировать и выводить вещества с любой, в том числе и с очень большой молекулярной массой (например, аллергены, микроорганизмы). По фармакологическому действию лекарственные формы на основе аморфного диоксида кремния относятся к препаратам, обладающими дезинтоксикационными и адсорбирующими свойствами.

УДК 615.014

Скоропупова Г.Г., Сухина О.А., Часовикова Е.Д.

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

СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ В ФАРМТЕХНОЛОГИИ

Сера является необходимым элементом в организме человека. Она содержится в эпидермисе, мышцах, поджелудочной железе, входит в состав некоторых аминокислот и пептидов. Сера способствует отложению гликогена в печени и снижает содержание сахара в крови.

Одними из наиболее известных, серосодержащих лекарственных веществ, используемых в фармацевтической технологии для создания лекарственных форм, являются осажденная сера и тиосульфат натрия.

В фармтехнологии для изготовления лекарственных препаратов, согласно Государственной фармакопее, используют серу осажденную Sulfur praecipitatum. Как индивидуальное лекарственное средство применяют наружно в виде мазей и присыпок: мазь серно-нафталанная, пасты серно-цинко-нафталанная, салицилово-серно-цинковая. Сера действует антисептически, антипаразитарно; в небольших концентрациях (до 10%) сера действует противовоспалительно и кератопластически, способствуя формированию клеток эпидермиса. В высоких концентрациях (более 10%) препараты серы растворяют клетки эпидермиса (кератолитическое действие, обусловленное образованием дисульфидов и сероводорода в глубоких слоях эпидермиса), что ведёт к поверхностному отшелушиванию кожи.

Тиосульфат натрия нашёл применение в медицине в качестве антитоксического и противовоспалительного средства. Он связывает токсины и действует как слабительное, усиливая перистальтику кишечника и одновременно препятствуя всасыванию вредных веществ через него, быстро выводит из организма шлаки и вредные вещества.

Тиосульфат натрия выпускают в кристаллическом виде и в виде 30%-ного раствора в ампулах по 5; 10 и 50 мл. Использование его в качестве антидота связано с тем, что тиосульфат-ион – сильный комплексообразователь, для многих тяжелых металлов комплексы с ионом $S_2O_3^{2-}$ являются чрезвычайно стойкими и с их помощью можно выводить тяжелые металлы из организма при отравлениях ими. Тиосульфат натрия освобождает органы также и от остатков лекарственных средств (антибиотиков в том числе) и ядов, что позволяет использовать его для лечения различного рода отравлений.

УДК 541.8: 532.14

Стародуб А.Н., Баканина А.К., Скорба В.Р., Новиков А.Н.
(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА НЕВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В СВЯЗИ С ПЕРИОДИЧЕСКИМ ЗАКОНОМ

Исследование физико-химических свойств растворов на основе неводных растворителей представляет как теоретический, так и прикладной интерес.

Плотность – свойство, широко используемое в различных физико-химических, аналитических, технологических расчетах и отражающее структурные изменения, происходящие при образовании растворов.

Для исследования плотности растворов использовали пикнометрический метод повышенной точности. Измерения проводили параллельно в двух пикнометрах из молибденового стекла с капиллярной шейкой, уровень жидкости в которой определяли при помощи катетометра. Зависимость объема жидкости в пикнометре от ее уровня в капилляре находили при калибровке пикнометров по дважды перегнанной воде и водным растворам хлорида калия. Погрешность измерения плотности составляла $1 \cdot 10^{-5}$ г·см⁻³. Растворители и растворенные вещества подвергали тщательной очистке и осушке по стандартным методам.

При 298,15 К были измерены плотности растворов иодидов натрия и калия в диметилформамиде (ДМФА) и N-метилпирролидоне (МП).

Ранее для водных растворов электролитов были установлены приближенные линейные зависимости плотности ρ изомолярных растворов родственных химических соединений от порядкового номера элемента Z , являющегося переменным фрагментом (катионом или анионом) в составе соединения:

$$\rho = aZ + b, \quad (1)$$

где a, b – коэффициенты, постоянные при данной концентрации.

Анализ полученных данных ρ растворов показал, что отмеченные закономерности соблюдаются и для исследованных систем в широком интервале концентраций, но отклонения зависимостей от линейности растут с увеличением концентрации растворов, достигая в среднем значений 0,5 % при концентрации 0,5 моль/(кг растворителя)¹.

Установленные зависимости использованы для оценки отсутствующих в литературе значений ρ растворов иодидов лития, рубидия и цезия в ДМФА и МП.

УДК 541.8:532.14

Ильина Т.А., Стародуб А.Н., Капитык В.Н., Новиков А.Н.
(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

ОБЪЕМНЫЙ ВКЛАД ФЕНИЛЬНОЙ ГРУППЫ НА ОСНОВАНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРОВ ДИФЕНИЛА В N-МЕТИЛПИРРОЛИДОНЕ ПРИ 298,15 К

Получение информации о термодинамических свойствах веществ является одной из важнейших задач физической химии и смежных наук. Общий подход к решению этой задачи предполагает использование как экспериментальных, так и расчетных методов. Интенсивность работ по синтезу новых веществ привела к тому, что существовавший всегда разрыв между числом известных соединений и числом соединений, термодинамические свойства которых исследованы, значительно увеличился. Один из возможных подходов к решению данной проблемы – разработка расчетных методов. В случае объемных свойств хорошо себя зарекомендовал метод аддитивного расчета. Для объемных характеристик ароматических соединений опорной величиной является объемный вклад фенильной группы, определение которого возможно несколькими способами, но наиболее удобно через исследование дифенила – симметричного соединения, содержащего две такие группы.

Для определения пикнометрическим методом повышенной точности с погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ г·см⁻³ при 298,15 К были исследованы плотности растворов в N-метилпирролидоне (МП) – растворителе с хорошей растворяющей способностью по отношению к дифенилу.

МП квалификации «ч» высушивали молекулярными ситами марки «4А» и подвергали двукратной перегонке под вакуумом. Содержание воды в образцах МП не превышало 0,02 масс.%. Дифенил квалификации «хч» с содержанием основного вещества не менее 99,5% масс. использовали без дополнительной очистки.

На основании экспериментальных данных о плотности растворов были вычислены кажущиеся мольные объемы Φ_v , экстраполяцией концентрационной зависимости которых к состоянию бесконечного разбавления был определен стандартный парциальный мольный объем $\bar{V}_2^o = 146,5 \text{ см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$ дифенила в МП, являющийся важной термодинамической константой. Делением пополам величины \bar{V}_2^o дифенила был найден объемный вклад фенильной группы $\delta_v = 73,25 \text{ см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$.

УДК 664.41

Иванов А.И., Дорохин С.В., Новиков А.Н.

(Центр детского научного и инженерно-технического творчества "Квант", Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЙОДА В ОБРАЗЦАХ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

Профилактика неблагоприятных последствий недостатка йода в организме имеет большое значение для развития человечества. В среднем потребление йода в России составляет 40 – 80 мкг в день, при рекомендуемой норме 150 мкг в день (а при беременности 200 мкг), то есть в 2 – 3 (2,5 – 5) раза ниже физиологических потребностей. Поэтому йоддефицитные заболевания актуальны для многих регионов РФ, особенно подвергшимся радиоактивному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС.

Введение в рацион йодированной соли – один из способов решения данной проблемы. Однако технология приготовления и хранение йодированной соли требуют строгого контроля, поскольку все формы йода характеризуются повышенной летучестью. В связи с этим даже при соблюдении технологии йодирования соль нужного состава может так и не дойти до потребителя в случае слабого контроля качества в процессе ее производства или потери йода при хранении.

Для исследования были отобраны следующие образцы соли, содержащие йод в виде йодата калия: соль поваренная пищевая выварочная экстра «Полесье» йодированная, изготовитель ОАО «Мозырь-соль», Беларусь (образец 1), соль экстра йодированная, изготовитель: ООО «ИНИН», Россия, Санкт-Петербург, (образец 2), соль поваренная пищевая выварочная йодированная, изготовитель: ООО «ТДС», Россия, Москва, (образец 3).

Количественное определение содержания йода в образцах йодированной соли проводили иодометрически по стандартной методике. Результаты анализа представлены в таблице.

Таблица

Содержания йода в исследованных образцах йодированной соли

	Образец		
	1	2	3
Содержание йода, мг/г	0,0411	0,0423	0,0402

Как следует из данных табл., во всех исследуемых образцах содержание йода соответствует норме 0,2- 0,4 мг на 1 г соли.

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.

УДК 54.057:54.04

Амелин Д.С., Костылева Е.И.

(Центр детского научного и инженерно-технического творчества
"Квант", Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)

СИНТЕЗ ПОЛИЛАКТИДА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Полилактид – биоразлагаемый полимерный материал, получаемый, как правило, переработкой растительного сырья. Установлено, что полилактид разрушается как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Экологический аспект производства полимерных материалов сейчас стоит довольно остро. Значение биodeградируемых полимеров в последнее время возросло еще и потому, что они могут быть получены на основе растительных ресурсов, возобновляемых как минимум раз в год. Для их производства можно использовать полисахариды, которые извлекают не только из растений, но и из других источников, в том числе из бытовых отходов. Его можно использовать в качестве материала для 3d-печати, биоразлагаемой упаковки, одноразовой посуды, изделий медицинского назначения.

Для получения полилактида предлагается множество способов. В некоторых требуется крайне низкое давление и инертная среда, в других – специальная аппаратура, в иных – высокотоксичные катализаторы. В предлагаемом способе синтеза процесс проводится при атмосферном давлении с использованием соединений редкоземельных элементов РЗЭ в качестве катализаторов.

Для полученных образцов полимера были определены плотность и средняя молекулярная масса. Плотность определяли пикнометрическим методом, среднюю молекулярную массу - с помощью уравнения Марка-Куна-Хаувинка на основе вискозиметрических измерений.

Полученные значения свойств согласуются с характеристиками промышленных образцов полилактида: плотность промышленного

полилактида около $1,2 \text{ г/см}^3$, средняя молекулярная масса 40000–60000 а.е.м.

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.

УДК 54.057:54.04

Шевченко Ю.Т., Костылева Е.И.

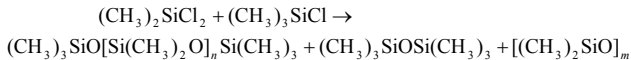
(Центр детского научного и инженерно-технического творчества "Квант", Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИЛИКОНОВЫХ ПЕНОГАСИТЕЛЕЙ

Среди многочисленных вспомогательных веществ, необходимых для управления процессом пенорегулирувания, важную роль играют кремнийорганические поверхностно-активные вещества (КО ПАВ).

Поэтому целью работы являлся синтез и исследование свойств силиконовых пеногасителей, изучение возможности получения на их основе водных эмульсий и определения их пеногасящих свойств.

В работе синтезирована полидиметилсилоксановая жидкость реакцией гидролитической соконденсации диметилдихлорсилана и триметилхлорсилана:



Реакцией гидросилилирования в присутствии катализатора Карстеда в работе был синтезирован сополимер полидиметилсилоксана и полиоксипропилена. Полученные соединения идентифицированы методом ИК-спектроскопии.

Полидиметилсилоксановые полимеры и сополимеры были изучены в качестве пенорегуляторов и пеногасителей. Пеногасящие свойства определялись по уменьшению высоты столба пены, полученной продуванием газа через пенообразующий раствор после добавления пеногасителя. Антивспенивающие свойства определялись по времени заполнения сосуда пеной, полученной после добавления определенного количества пеногасителя, одинакового для серии испытуемых пеногасителей, при продувании газа через раствор. Измерения проводились после заполнения сосуда пеной через каждые 100 см^3 .

Изучено поверхностное натяжение полученных полимеров и их водных растворов. Все изученные в водных растворах проявляют свойства поверхностно-активных веществ, приводя к уменьшению поверхностного натяжения. Выявлено, что кремнийорганический со-

полимер, содержащий гидрофобный полиоксипропиленовый блок показывает наилучшие результаты при повышенных температурах.

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.

УДК 54.052

Корзиенко Н.И., Костылева Е.И.

(Центр детского научного и инженерно-технического творчества "Квант", Новомосковский институт РХТУ имени Д.И.Менделеева)

ПИРОЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время утилизация полимерных бытовых отходов является острой экологической проблемой глобального масштаба. В работе изучены процессы пиролиза как отдельных полимеров полиэтилен-терефталата, полистирола, полиэтилена, полипропилена, бутадиенстирольного каучука, так и их смесей, в которых соотношение компонентов соответствует тоннажу их промышленного производства, а значит распространённостью в твердых бытовых отходах. Была проведена атмосферная перегонка продуктов пиролиза с последующей ректификацией конденсата и крекингем кубового остатка. На всех стадиях работы осуществлялся контроль состава фракций на основе данных ЯМР и ИК-спектроскопии, газовой хроматографии.

На основании экспериментальных данных разработаны основы процесса пиролиза смесей полимеров, получены фракции бензинового и дизельного типа, соответствующие промышленным аналогам.

Предложенный подход может быть полезен при решении важных экологических и экономических проблем, в частности при утилизации полимерных отходов, защиты окружающей среды, производства синтетического топлива.

Работа выполнена при поддержке благотворительного фонда Андрея Мельниченко.

Дороховская К.С., Горохова М.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕМДИГАЛОГЕНЦИКЛОПРОПАНОВ В УСЛОВИЯХ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗА

Межфазный катализ (катализ с межфазным переносом), увеличение скорости химической реакции в многофазных системах, связанное с использованием процессов переноса некоторых из участников превращения из одной фазы в другую. Межфазный катализ (МФК), или в английской терминологии Phase Transfer Catalysis (PTC), относится некоторыми экспертами к открытиям в области экспериментальной органической химии.

Как известно, в условиях межфазного катализа получают различные гемдигалогенциклопропаны, эта методика упростила синтез этих соединений, сделав их доступными. В свою очередь они являются важными полупродуктами при получении лекарственных препаратов, пестицидов, красителей и т.д. Таким образом, для химической промышленности они представляют наибольший интерес.

Целью данной работы является отработка методики синтеза 1,1-дихлор-2-фенилциклопропана в условиях межфазного катализа в системе жидкость/жидкость (ж/ж). Нагреваем реакционную колбу (термостат) до 35°C. Далее загружаем стирол и хлороформ в мольном соотношении 6:1 (4,91 г стирола и 31,64 г хлороформа). Добавляем раствор катализатора ТЭБА (триэтилбензиламмоний хлорид) (9,38 г). Включаем подачу охлаждающей воды в обратный холодильник. В рубашку реакционной колбы подают через термостат воду, включаем двигатель мешалки и нагреваем смесь до температуры термостатируемой воды. Загружаем в колбу 50% р-р NaOH (29,91 г), одновременно включая мешалку и секундомер. Отбор первой пробы проводим через 30 минут. Отбор последующих через 10 минут при включенной мешалке. Отбренные пробы резко замораживаем для прекращения реакции.

Анализ проводили на газо-жидкостном хроматографе "Кристаллюкс-4000М" с ионизационно-пламенным детектором (ДИП). Длина колонки составляет 30 м. Неподвижной фазой является 100% диметилполисилоксан, нанесенный на носителе (аргон). Выход 1,1-дихлор-2-фенилциклопропана составил 44,64%.

**ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ
ДИСПЕРГАТОРА НФ МАРКИ «А»**

Вещества, вводимые в полимерные материалы для придания (повышения) эластичности и пластичности при переработке и эксплуатации называются пластификаторами. Они облегчают диспергирования в полимерах сыпучих ингредиентов, снижают температуру текучести (переработки), хрупкости (морозостойкости) и стеклования полимерных материалов, обычно снижают теплостойкость; некоторые пластификаторы могут повышать огне-, свето-, и термостойкость полимеров.

Пластификаторы классифицируют обычно по химической природе и степени совместимости с полимером. Наиболее распространенные пластификаторы – сложные эфиры фталевой кислоты, алифатических дикарбоновых кислот, фосфорной кислоты и низкомолекулярные полиэфиры.

Пластификаторы, вводимые в бетонные и сырьевые смеси, строительные растворы (в количестве 0,1-3% от массы цемента или сухой сырьевой смеси) придают им пластичность, лучшую растекаемость или снижают водосодержание.

В качестве пластификатора используют поверхностно-активные вещества. Все шире стали применять суперпластификаторы – продукты сульфометилирования меламина, сульфирования нафталина, и других ароматических углеводородов и последующей их конденсации с формальдегидом.

Важнейшим промышленным нафталинсульфонатом является диспергатор НФ марки «А» ($\text{CH}_2(\text{C}_{10}\text{H}_6\text{SO}_3\text{Na})_2$).

Диспергатор «НФ» марки «А» относится к группе анионноактивных ПАВ. Он выпускается в виде водного раствора. Получаемое вещество относится к группе биологически труднорастворимых веществ.

В нашей работе была сделана предпроектная разработка производства диспергатора «НФ» марки А. Подобраны основные аппараты и вспомогательное оборудование цеха. Предложены мероприятия по БЖД и охране труда. Проведена более полная автоматизация технологической схемы цеха. Осуществлена модернизация стадии конденсации.

УДК 667.63:678.041.2

Алымов Д.С., Родионова Р.В.

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

ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННОГО МЕТОДА ПРОИЗВОДСТВА ЦИКЛОГЕКСАНОНА

Процессы дегидрирования имеют очень важное значение в промышленности. Дегидрированием получают ненасыщенные соединения, представляющие большую ценность в качестве мономеров для производства синтетического каучука и пластических масс.

Широкое распространение получил процесс дегидрирования циклогексанола с получением циклогексанона. Главный способ получения циклогексанона состоит в окислении циклогексана. Окисление проводят в жидкой фазе. Одновременно образующийся в процессе окисления циклогексана циклогексанол (анол) можно превратить в циклогексанон путем дегидрирования. Этот метод является ещё одним способом получения циклогексанона.

Так как циклогексанол является одним из основных продуктов окисления циклогексана, то дальнейшая стадия превращения циклогексанола в циклогексанон – необходимая стадия промышленного метода синтеза капролактама.

В данной работе произведен выбор метода производства циклогексанона. 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 циклогексанона путем дегидрирования играет катализатор. В качестве катализаторов можно использовать такие металлы, как никель, кобальт, железо, медь, цинк, рутений, родий, палладий и др. В качестве катализаторов дегидрирования циклогексанола изучались также рений, платина, 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.

**ПРЕДПРОЕКТНАЯ РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВА
СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА МАРКИ СКДН-Н**

За последние годы все большее значение приобретают жидкие углеводородные каучуки линейные полимеры на основе диенов, обладающие текучестью при комнатной температуре. Успехи синтеза полимеров сделали возможным получения жидких каучуков с заранее заданным составом, микроструктурой и молекулярной массой.

Большой интерес к жидким каучукам как к пленкообразователям объясняется следующими факторами: - олигодienes являются новым источником синтетических пленкообразующих веществ, которые подобно растительным маслам и линейным эфирам непредельных высших жирных кислот обладают способностью образовывать при комнатной температуре полимерные пленки с сетчатым строением после нанесения на подложку в результате взаимодействия с кислородом воздуха; - промышленное производство олигодienes основывается на нефтехимическом сырье, это является существенным достоинством жидких углеводородных каучуков, так как доступность растительного сырья постоянно сокращается.

Жидкие углеводородные каучуки используются для производства лаков, олиф, красок, эмалей и водоразбавляемых грунтов. В случае низковязких цис-олигобутадиенов типа СКДН-Н можно получать лаки с высоким содержанием сухого остатка и весьма малым содержанием растворителей. Отличительной особенностью покрытий на основе данного рода каучука является высокая химическая стойкость и малое набухание в различных средах.

Лакокрасочные материалы, на основе каучука СКДН-Н, могут применяться для защиты изделий из черных металлов, подвергающихся воздействию кислот, солей и других агрессивных сред.

В данной работе разработано производство получения низкомолекулярного каучука СКДН-Н в растворе толуола. Изложены теоретические основы получения каучука. Разработана схема с КИПиА. Предложено проведение промывки и отстаивания раствора полимера в одну стадию. Рассмотрены вопросы гражданской обороны и безопасности жизнедеятельности.

Аносова К.В., Будукин Н.В., Маклаков С.А.
(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)
**ОБЗОР ТЕРМОКАТАЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ**

В настоящее время общей тенденцией нефтяной отрасли является уменьшение разведанных запасов лёгкой нефти, практически весь прирост запасов происходит за счет тяжелой вязкой сернистой нефти.

Перспективным направлением является увеличение глубины переработки нефти и нефтяных остатков.

Известны два основных направления углубленной переработки – термические и термокаталитические процессы

Наиболее широко распространены каталитические процессы. К ним относятся: каталитический крекинг, гидрокрекинг, каталитический риформинг и каталитическая изомеризация.

Основное назначение процесса каталитического крекинга – получение высокооктанового бензина; кроме того, получают газ, богатый бутан-бутеновой фракцией (сырье для производства компонента высокооктановых бензинов) и газойлевые фракции.

В качестве катализаторов используют алюмосиликаты и цеолиты, последние в микросферическом виде. Такой катализатор затем отделяется от углеводородов. Углеводороды идут на ректификацию и в холодильники, а катализатор – на регенерацию.

По температурному режиму каталитический процесс аналогичен термическому крекингу (470-540 °С), но скорость реакций больше, а качество получаемого бензина гораздо выше за счет того, что протекает не только крекинг, но и изомеризация углеводородов, т.е. образуются разветвленные алканы, характеризующиеся более высоким октановым числом.

Разновидностью каталитического крекинга является гидрокрекинг высококипящих нефтяных фракций: вакуумных и атмосферных газойлей, газойлей термического и каталитического крекинга, мазутов, гудронов. Продуктами гидрокрекинга являются автомобильные бензины, реактивное и дизельное топливо, сырье для нефтехимического синтеза.

Катализаторами гидрокрекинга являются сульфиды кобальта, молибдена или никеля и оксид алюминия.

Основное назначение процесса каталитического риформинга – получение высокооктанового компонента товарных автомобильных бензинов из низкооктановых тяжелых. Сущность процесса состоит в ароматизация бензиновых фракций за счет дегидрирования циклоалканов и дегидролциклизации алканов в ароматические углеводороды, отли-

чающиеся высоким октановым числом. Другим назначением процесса каталитического риформинга является получение индивидуальных ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы).

Процесс осуществляют на алюмоплатиновых катализаторах (платформинг) при 480-540 °С и P=2-4 МПа. В более совершенной форме процесса используют платинорениевые катализаторы (рениформинг) при более низком давлении (0,7-1,5 МПа). Перспективным является использование цеолитных катализаторов (цеоформинг), которые отличаются более низкой стоимостью, не чувствительны к соединениям серы и позволяют проводить процесс при сравнительно низких температурах (340-450 °С) и давлениях (0,5-1,5 МПа).

Каталитическая изомеризация легких бензиновых углеводородов служит для повышения их октанового числа и использования в качестве компонентов высокооктановых бензинов. Подобно риформингу, процесс осуществляют на алюмоплатиновых катализаторах под давлением водорода.

Улучшение антидетонационных свойств происходит в результате превращения пентана и гексана в изопентан и изогексан.

Существуют два основных процесса изомеризации – изомеризация бутана и пентано-гексановой фракции.

Типичным катализатором изомеризации является высокоактивный хлорид алюминия.

Литература

1. Золотухин В.А. Глубокая переработка тяжелой нефти и нефтяных остатков. /URL: <https://neftegaz.ru/science/petrochemistry/331947-glubokaya-pererabotka-tyazheloy-nefti-i-neftyanykh-ostatkov>
2. Альтернативное топливо. – «Наука в Сибири». – № 4-5 (2340-2341). – 1.02.2002. /URL: <http://www.sibai.ru/alternativnoe-toplivo.html>
3. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Часть вторая. Физико-химические процессы. – М.: Химия, 2015. – 400 с.

УДК 678.0:699.81

Федулеев М.М., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

АНТИПИРЕНЫ ДЛЯ НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Создание негорючих и безопасных для человека полимерных материалов является в настоящее время актуальной проблемой. Решению этой проблемы посвящено огромное количество публикаций в мире.

Процесс горения полиэфирных связующих представляется как совокупность последовательно-параллельных свободно-радикальных экзотермических химических реакций. Определены условия инициирования и подавления этих реакций.

Сформулированы принципы выбора и «работы» добавок, вводимых в полимеры с целью снижения их горючести (антипиренов).

Представлена ситуация на мировом рынке антипиренов, сложившаяся в последние годы.

В плане снижения горючести полиэфирных связующих самым экономически выгодным и абсолютно безвредным для здоровья человека является введение в их состав наполнителей-антипиренов.

Рассмотрены основные пути достижения при этом положительного эффекта. Указаны и негативные последствия доведения кислородного индекса до уровня международного стандарта для строительных материалов.

Рассмотрен механизм действия галогенсодержащих антипиренов, как правило, совместно с оксидом сурьмы (III).

Указаны негативные последствия попытки повышения негорючести полиэфирных связующих данным способом.

Вспоминаются при этом ночной клуб «Хромая лошадь» (погибло 156 человек) и торгово-развлекательный центр «Зимняя вишня» (погибло 60 человек, в том числе 37 детей).

Рассмотрен механизм действия фосфорсодержащих антипиренов. Анализ литературных данных указывает на их малую эффективность в условиях реального пожара. Почему-то не обращается внимание на потенциальные опасные последствия для здоровья человека этого способа снижения горючести полимеров.

В категорию «другие антипирены» входят азотсодержащие и целый ряд других соединений. Принимая решение по их применению также следует учитывать реальные и возможные негативные последствия, например, выделение цианистого водорода.

УДК 678.0:699.81

Плешкевич Д.В., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ ПУТЕМ ИХ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

Анализ химических структур отвержденных ненасыщенных полиэфиров указывает на их повышенную горючесть.

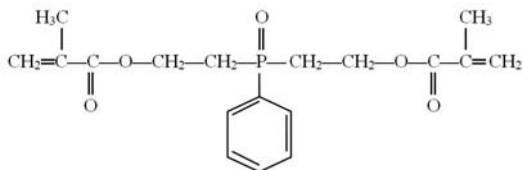
Обсуждаются пожароопасные характеристики отверженных полиэфирмалеинатов и полиэфиракрилатов с позиций возможного применения материалов на их основе в строительстве и в производстве тары (температуры воспламенения и самовоспламенения, кислородный индекс, тепловой эффект процесса горения, температуры пламени и поверхности пламени и поверхности при горении, токсичность продуктов горения). Например, тепловой эффект горения полиэфиров сравнивается с тепловыделением при горении березы и последующими негативными моментами, например: при температуре воздуха около 150°C происходит практически мгновенный ожог дыхательных путей и, как правило, с летальным исходом.

В ряду известных способов снижения горючести полимеров перспективным считается их химическая модификация.

Немало предложений по использованию полиэфирных связующих, содержащих в своей структуре атомы галогенов. Такие продукты могут быть получены с использованием трихлорфталевого, хлорэндикового ангидрида и других соединений подобного типа.

Однако недостатков у данного способа несколько, даже не принимая во внимание выделение галогеноводородов при их горении.

Более эффективным способом повышения огнестойкости полиэфирных связующих считается введение в их химическую структуру атомов фосфора, например, путем использования ди(метакрилоксиэтил)фенилфосфоната (фосфакрилата)



Однако это негативно сказывается свойствах получаемых стеклопластиков. Вопрос снижения горючести ненасыщенных полиэфиров остается открытым.

УДК 691.276

Сидяков С.А., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

АСБЕСТ: КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ДОБЫЧИ В РОССИИ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ПЛАСТМАСС

Асбест – термин, объединяющий группу волокнистых минералов класса силикатов. Различают два вида асбеста: хризотилвый, полу-

чаемый из минералов группы серпентина, и амфиболовый, получаемый из минералов группы амфибола.

Асбест является одним из древнейших полезных ископаемых, освоенных человеком.

Асбест – весьма распространенный минерал в природе. Однако крупных месторождений не так уж много. К их числу можно отнести залежи амфиболовых асбестов в Австралии, ЮАР, Финляндии, Италии, Франции и Японии. Залежи хризотилового асбеста сконцентрированы в России, Канаде, Бразилии, Казахстане, Китае, Зимбабве и США.

Геологической службой США (U.S. Geological Survey) в период 2004-2015 гг. мировые запасы асбеста оценивались в 200 млн. тонн.

Крупнейшими в мире запасами хризотилового асбеста обладает Россия. Государственным балансом РФ учтены 11 месторождений хризотилового асбеста с суммарными запасами более 100 млн. тонн.

Становление отечественной асбестовой промышленности связывают с именем Петра I. Началом систематической промышленной добычи асбеста в России является 1989 год.

История добычи асбеста в России представлена на примерах освоения Баженовского, Киембаевского и Ак-Довуракского месторождений, суммарные запасы которых составляют 77,8 млн. т. хризотила. История добычи асбеста в России во многом идентична истории его добычи в мире.

Резкое снижение объемов потребления асбеста в мире обусловлено несомненной опасностью для здоровья человека со стороны амфиболовых асбестов. Мнения об идентичном влиянии на здоровье человека и хризотилового асбеста противоположные.

Рассмотрены возможности применения хризотилового асбеста в технологии пластмасс специального назначения.

Обнаружена интересная информация: фильтр из хризотиловых волокон имеет около 200 миллионов отверстий на одном квадратном сантиметре и обладает способностью не только очищать воду и воздух от механических примесей, но и задерживать микроорганизмы.

УДК 66.022

Купцова Д.С., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТАРЫ, ОТВЕЧАЮЩЕЙ РЯДУ ТРЕБОВАНИЙ

Практическая значимость тары из пластмасс хорошо известна.

Общей целью работы является разработка технологии производства тары для упаковки, транспортирования и хранения штучных изделий общей массой 55 кг. Тара должна отвечать ряду требований.

Решаемые при этом задачи: выбор конструкции тары, выбор материала тары, выбор технологии ее производства.

При решении первой задачи учитывали требование №1: компактность, возможность погрузочно-разгрузочных работ силами не более двух человек, удобное транспортирование и хранение.

Предложенное решение: ящик с внутренними размерами длина*ширина*высота = 1000*500*200 мм, толщина стенки 10–20 мм.

При выборе материала были учтены требования №2 и №3: отсутствие повреждения (разрушения) тары при ее разовом падении с высоты 1,5 м; сохранение конструктивной целостности в условиях пожара в течение не менее 15 минут.

Предложенное решение: композит на основе термореактивной матрицы, содержащий дисперсный волокнистый наполнитель с длиной волокна не более 30 мм.

Определен круг реактопластов на основе эпоксидных, фенолоформальдегидных, кремнийорганических и полиэфирных связующих, потенциально способных к применению для формования ящика предложенной конструкции.

На примере фенопластов типа ДСВ (ДСВ-2-Р-2М, ДСВ-4-Р-2М) рассчитаны требуемые при этом усилия прессования.

Установлено, что прессовое оборудование, выпускаемое отечественной промышленностью (ОАО «Тамбовполимермаш» и ОАО «Южно-уральский механический завод»), не обеспечивает возможности создания требуемых при этом усилий прессования.

Определенный интерес представляют премиксы ДМС-20, выпускаемые например, ООО «ТехЭлектроСтандарт». Однако данные материалы требуют обсуждения с позиций других требований, предъявляемых к таре.

Определенные неудобства тары из полимерных материалов связаны и необходимостью назначения уклонов.

УДК 691.276

Грушелевский Д.С., Коробко Е.А., Алексеев А.А.

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АСБЕСТА В ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ ПРОСТЕЙШИМИ МЕТОДАМИ

Асбест и ряд других синтетических и искусственных неорганических материалов широко используются в производстве теплоизоляционных материалов. В некоторых случаях возникает необходимость в идентификации их химической природы.

Объектом исследования явилась средняя проба волокнистого теплоизоляционного материала, используемого на одном из промышленных предприятий Тульской области.

Визуальная зрительная идентификация по цвету. Средняя проба представляет собой смесь достаточно обособленных объемов волокон различной длины белого и коричневого цветов различных оттенков. Полученные результаты позволяют высказать текущее предположение о том, что материал представляет собой смесь хризотилового и амфиболовых асбестов (антофиллита, амозита, тремолита) за исключением, крокидолита («голубого асбеста»).

Оценка длин волокон точечных проб анализируемого материала согласуется с длинами волокон асбестов различных месторождений.

Идентификация точечных проб с привлечением тактильных рецепторов пальцев не подтверждает наличие хризотилового асбеста, но указывает на их принадлежность к группе амфиболов.

По результатам определения температур плавления точечных проб анализируемого материала можно сделать вывод о том, что волокнистые материалы белого и коричневого цветов не являются представителями семейства асбестов.

По результатам анализа потерь масс массы при нагревании следует однозначный вывод об отсутствии в пробах хризотилового асбеста и двух представителей амфиболовых асбестов (антофиллита и амозита), однако нельзя отрицать наличие тремолита и актинолита.

Точечные пробы анализируемого материала растворяются в 37-10%-ной соляной кислоте в течение 1-3 минут. В получаемых при этом растворах присутствуют ионы железа (III). Основанием для такого утверждения является окрашивание растворов в синий цвет при добавлении нескольких капель раствора желтой кровяной соли.

Вывод: теплоизоляционный материал не содержит асбеста.

Сформулированный вывод может быть дополнительно обоснован результатами рентгенофазового анализа.

УДК 633.854.434

Соловей И.О., Воропаев И.И., Алексеев А.А.

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

КОНОПЛЯ: КРАТКАЯ ИСТОРИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ В РОССИИ И ЕЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ПЛАСТМАСС

Конопля – слово, очень хорошо знакомое людям пожилого возраста и весьма почиталась на Руси на протяжении столетий. Значимость ее для отдельных регионов страны определена, в частности, в гербе уездного города Епифань Тульской губернии Высочайше утвержденного 8-

го марта 1778 г. Конопля присутствует и на гербе муниципального образования «Город Кимовск и Кимовский район» Тульской области, утвержденного решением Муниципального совета одноименного муниципального образования 23 мая 2002 г. Как и на Руси, в СССР коноплю считали одной из основных сельскохозяйственных культур. Статус конопли был увековечен (?) в 1954 г. в знаменитом фонтане «Дружба народов» на ВДНХ в Москве.

Конопля (*Cannabis*) представлена тремя видами: *Cannabis sativa* – конопля посевная; *Cannabis indica* – конопля индийская и *Cannabis ruderalis* – конопля сорная.

Представлены основные вехи развития, падения и возрождения производства конопли в нашей стране. История конопли во многом созвучна с еще незаконченной историей хризотилового асбеста.

В ряде стран мира установлено содержание основного психотропного соединения в конопле – δ -9-тетрагидроканнабинола (ТГК) от 0,1 до 0,3%. Содержание данного соединения в сортах конопли, выведенных в России, составляет от 0,12 до 0,04%.

Конопля – неиссякаемый и возобновляемый источник удовлетворения многих потребностей человека, включая его потребности в кислороде и пище.

Большой интерес для промышленности пластмасс представляет конопляное волокно, называемое на Руси пенькой. Оно выгодно отличается от льняного и хлопкового большей прочностью и устойчивостью к гниению. Видятся области применения жмыха – отхода производства конопляного масла.

Наличие непредельных жирных кислот в конопляном масле открывает возможности производства лакокрасочных материалов.

Реальным представляется производство импортируемого этилацетата (растворителя для лакокрасочных материалов), этанола и ряда продуктов из него или с его участием, включая биотопливо.

УДК 699.81:678.019.35

Шабалина Т.А., Лобанов А.В., Алексеев А.А.

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

ГОРЮЧИЕ И НЕГОРЮЧИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ

Понятия «горючий» и «негорючий» материал, в целом, знакомы всем: не горит пустой чайник на газовой плите и камни в костре, но горит дерево, газ, бензин, горят пластмассы, резины и т.д. Очевидно,

что горит и разлагается в костре, то будет гореть и разлагаться при пожаре в нашем доме.

Целью работы явился анализ нормативно-технической документации на предмет ее применения для оценки горючести тары конструкционного назначения, предназначенной для упаковки, транспортирования и хранения изделий, не допускающих нагрева до 170°C в течение 15 минут с момента развития реального пожара.

Понятия «негорючий материал» «горючий материал» определены ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть и ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Области применения стандартов в той или иной степени «покрывают» полимерные композиционные материалы (ПКМ), за исключением лакокрасочных материалов.

ГОСТ 30244 подразделяет ПКМ строительного назначения на две группы: негорючие и горючие. ГОСТ 12.1.044 подразделяет ПКМ на три группы: негорючие, трудногорючие и горючие.

Указанные стандарты не едины в трактовке понятий «негорючий материал», «горючий материал» и в подходе к экспериментальному отнесению материалов к той или иной группе.

Понятие «негорючий материал» в рамках указанных стандартов не следует воспринимать как возможность применения данного материала по целевому назначению.

В плане решения поставленной задачи следует руководствоваться необходимостью определения показателей пожароопасности по ГОСТ 12.1.044, а дополнительно и определением физико-механических свойств материала тары после огневых воздействий в условиях реального пожара.

Предварительный отбор материалов может быть произведен по ГОСТ 28157-2018, однако категория ПВ-0 не является критерием реальной пожарной безопасности пластмасс, что и отмечено в ГОСТ.

УДК 678.684

Чернышев И.Н., Коробко Е.А., Алексеев А.А.мл

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

ПОДВОДНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛИСТОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Металлические конструкции, эксплуатируемые под водой, широко применяются в гидротехнических сооружениях морских портов, при-

чалов и доков, в строительстве мостов, морских платформ по добычи нефти и газа, нефте- и газопроводов. С целью защиты от коррозии металлические конструкции перед погружением в воду подвергают обработке лакокрасочными материалами.

Однако вечного ничего не бывает и, спустя определенное время, создавались почти идеальные условия для интенсивного протекания процесса электрохимической коррозии. Поскольку далеко не все конструкции можно было изъять из воды на сушу для повторного окрашивания, они оставались и остаются сегодня ржаветь в воде до момента полной потери своей прочности.

Актуальность возникшей проблемы обозначилась введением в 2012 году национального стандарта ГОСТ Р 54523-2011 «Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга», принятым в 2016 году отраслевого стандарта ФГУП «Росморпорт» СТО 14649425-001-2016 «Положения о планово-предупредительном ремонте производственных зданий и сооружений морских портов». В этом же году ФГУП «Росморпорт» принял еще один отраслевой стандарт – СТО 146494425-002-2016 «Положение о порядке разработки и согласования ходатайства (декларации) о намерениях инвестирования в строительство и реконструкцию объектов инфраструктуры морского порта».

К настоящему времени разработан способ проведения подводных антикоррозионных работ гидроизоляцией металлических поверхностей листовыми материалами.

Способ в различных вариантах («Nitto Denko Corporation», «Denso», «International Protective Coating») начал практиковаться в нашей стране.

Обсуждаются достоинства и недостатки данного способа защиты гидротехнических сооружений портов и причалов от коррозии.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках программы УМНИК, договор №13925ГУ/2019 от 22.04.2019г.

УДК 678:66.08/19

Яранцева Н.В., Коробко Е.А., Алексеев П.А.

(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

В России образуется ежегодно от 4 до 5 млрд. тонн отходов. Сюда входят все отходы – как от промышленного производства, так и от населения, включая и полимерные отходы.

Источниками полимерных отходов являются производства самих полимерных материалов, производства изделий из полимерных материалов и сфера потребления изделий из полимерных материалов. Первые две группы отходов формируют понятие «промышленные полимерные отходы», вторая – «полимерные отходы в ТБО».

Промышленные полимерные отходы, образующиеся при синтезе полимеров, либо сжигаются, либо продаются на сторону как сырье второго-третьего сорта, причем, как условно чистое сырье.

Промышленные полимерные отходы, образующиеся при переработке пластмасс в изделия, измельчаются и возвращаются в производство или, когда это недопустимо, продаются на сторону как условно чистое сырье. Значительно реже отходы сжигаются, ли вывозятся на свалку, куда свозятся и ТБО.

При измельчении (дроблении) вторичного полимерного сырья также образуются отходы. Далеко не все предприятия могут позволить себе иметь индивидуальные дробилки по каждый конкретный пластик и пластик конкретного цвета. В лучшем случае образующиеся при этом отходы представляют собой смесь пластмасс одной химической природы с примесью металлических частей, в худшем – смесь пластмасс различной химической природы.

Обсуждаются недостатки используемых в мировой практике способов ликвидации «пластмассового мусора».

Перспективными направлениями в области переработки «пластмассового мусора» представляются следующие: разделение на составляющие компоненты, переработка в изделия без разделения на составные компоненты.

Общим для обоих направлений является наличие весьма затратной стадии мойки исходного сырья.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках программы УМНИК, договор №13119ГУ/2018 от 23.05.2018 г.

УДК 541.1

Королева Е.А., Макрушин Н.А.

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

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ
СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ И НИКЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
ТЕМПЕРАТУРАХ**

Термодинамические свойства являются одними из наиболее востребованных характеристик химических веществ. К сожалению, довольно часто необходимые сведения не всегда можно найти в соответ-

ствующих справочниках и информационных базах данных. Поэтому разработан ряд теоретических методов расчета, позволяющих получать расчетным путем указанные характеристики.

В процессе получения водорода и водородсодержащих газов в промышленности в ряде случаев может происходить дезактивация никелевого катализатора. Предположительно это может происходить в результате его отравления силицидами – соединениями состава Ni_xSi_y способными существенно снижать активность катализатора. Поведение силицидов может быть полностью описано только при наличии термодинамических характеристик газообразных силицидов, что позволило бы произвести различные термодинамические расчеты наиболее вероятно протекающих процессов в интервале температур 1000 – 1500 °С.

В работе получение указанной информации проведено с помощью квантовохимического моделирования структур силицидов никеля как на основе метода Хартри-Фока, так и в рамках теории функционала плотности. На первом этапе были выбраны расчетные методы и их параметры для описания геометрических характеристик молекул силицидов. Наиболее удовлетворительные результаты получены с помощью функционала РВЕ. После этого были проведены расчеты термодинамических характеристик силицидов для наиболее устойчивых систем.

Результаты проведенных расчетов подтверждают те факты, что при увеличении количества атомов кремния в силицидах наблюдается переход от одномерных к двумерным и трехмерным образованиям из атомов кремния, а наличие в системе атома Ni повышает стабильность кластеров кремния.

Полученные расчетным путем значения термодинамических характеристик силицидов находятся в хорошем соответствии со справочными данными.

УДК 541.1

Елистратова А.О., Шумицкая К.В., Лобанов А.В., Макрушин Н.А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА СМЕШАННЫХ УДОБРЕНИЙ

Одной из главных проблем производства фосфорных и сложных удобрений является образование в технологическом процессе получения фосфорной кислоты экстракционным методом фосфогипса, являющегося практически невозвратным отходом. Он существенным

образом ухудшает экологическую обстановку в регионе и требует дополнительных расходов на его хранение и утилизацию (создание и эксплуатация шламонакопителя).

С другой стороны, фосфогипс служит для растений источником таких элементов, как P, N, Ca и S (в виде легкоусваиваемого иона SO_4^{2-}) и может быть использован в качестве удобрения. К сожалению, его недостатком при этом является возможное закисление почвы вследствие протекания гидролиза по катиону Ca^{2+} , а также «засаливания» почвы по причине того, что сульфат кальция является одним из главных компонентов солей жесткости. Поэтому, фосфогипс в чистом виде в качестве удобрения использовать проблематично.

В настоящее время в продаже имеются торговые марки смесей карбамида с сульфатом аммония, содержащие от 5 до 15% серы и от 31 до 40% азота. Это соотноствует соотношению между карбамидом и сульфатом аммония от 2:3 до 4:1. Если заменить сульфат аммония на фосфогипс, то можно получить новое смешанное удобрение, дополнительно содержащее в своем составе питательные компоненты, указанные выше.

Для реализации поставленной задачи в работе предлагаются пути решения ряда технологических проблем:

- определение оптимального соотношения карбамид : фосфогипс;
- изменение технологической схемы производства фосфорной кислоты в дигидратном режиме;
- технологическая схема переработки фосфогипса мокрым способом.

Результаты работы направлены на переработку фосфогипса из отходов, что будет способствовать уменьшению отходов в шламонакопителе и улучшать экологическую обстановку в регионе.

УДК 541.1

*Халяпина О.Ю., Голубина Е.Н., Макрушин Н.А., Гартман В.Л.,
Дульнев А.В., Кизим Н.Ф.*

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ПРОПИТОЧНЫХ
РАСТВОРАХ ПРОИЗВОДСТВА КАТАЛИЗАТОРОВ
КОНВЕРСИИ МЕТАНА**

Технологические растворы для получения пропиточных катализаторов, в частности конверсии метана и других процессов, содержат в своем составе ионы металлов (Al^{3+} , Cr^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} и др.) и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Такие растворы обла-

дают свойствами, часто связанными с процессами структурообразования в самих растворах, а также возможным межмолекулярным взаимодействием указанных компонентов между собой.

Для оценки указанного взаимодействия в работе было проведено спектральное (в видимой и УФ областях спектра) и квантовохимическое (HF/6-31G**, PBE) исследования систем, содержащих указанные выше ионы металлов. В качестве ПАВ рассматривались синтанолы (оксиэтилированные спирты) марок АЛМ-2, АЛМ-7 и ДС-10, а также поливиниловый спирт, этиленгликоль, диэтиламин и др.

Полученные результаты сопоставлены с данными по вязкости и поверхностному натяжению для этих растворов. Они показывают наличие межмолекулярного взаимодействия в растворах между молекулами ПАВ и ионами металлов, приводящего к связыванию ионов в растворе. Величина такого взаимодействия зависит как от природы ПАВ, так и от поляризующего действия ионов металлов. Использование синтанола для снижения поверхностного натяжения пропиточного раствора оказалось значительно эффективнее других ПАВ.

На основании зависимости поверхностного натяжения раствора синтанола от концентрации, описываемой уравнением Шишковского, было рассчитано значение предельной адсорбции, равной $1,72 \cdot 10^{-6}$ моль/м². Площадь, приходящаяся на одну молекулу синтанола в насыщенном адсорбционном слое при этом, составила 0,965 нм². Эта величина находится в хорошем соответствии с результатами квантовохимического расчета геометрических параметров молекулы синтанола.

Полученные результаты позволяют скорректировать технологические параметры процессов, в которых используются указанные растворы. Это позволяет снизить вероятность зауглероживания поверхности катализатора и возможный унос части ионов металла с пропиточным раствором.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-03-00194.

СЕКЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

УДК 66-9

Сорсов К.И., Бегова А.В.

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

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СЕПАРАТОРА

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

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

Рассматриваемый сепаратор предназначен для очистки попутного газа от капельной жидкости и мехпримесей. Он представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат диаметром 2600 мм, изготовленный из листовой стали 09Г2С. В нем последовательно расположены две секции очистки попутного газа.

Первая секция предназначена для предварительной очистки газа от жидкости, представляющий собой эффективный узел входа, расположенный тангенциально и дополнительно снабженный коагулятором мелкодисперсного аэрозоля.

Вторая секция предназначена для окончательной очистки газа от жидкости, представляет собой тарелку со смонтированными на ней сепарационными элементами, в количестве 24 штук, обеспечивающими высокую степень очистки газа.

В нижней части аппарата находится сборник для жидкости и механических примесей, который сверху ограничен защитным листом, где предусмотрена съёмная крышка для возможности быстрого обслуживания (очистки от грязи, проведения ремонтных работ, и т.д.)

Особенность конструкции сепаратора заключается в том, что у входа газа в аппарат, установлен новый узел входа газа, обеспечивающий предварительный съём жидкости и последующую коагуляцию мелкодисперсного аэрозоля. Вместо сетчатого отбойника смонтирована тарелка с сепарационными элементами в количестве 24 штук. В результате

чего при эксплуатации в условиях постоянно снижающегося давления образуется поддержание достигнутого уровня добычи газа.

УДК 66.02

Матюшин Д.С., Сафонов Б.П.

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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ МНОГОХОДОВОГО КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Распределительная камера является важным конструктивным элементом кожухотрубчатого теплообменника (КТТ), обеспечивающего многоходовость технологической среды по трубному пространству аппарата.

Распределительная камера КТТ состоит из цилиндрической обечайки, эллиптического отбортованного днища, аппаратного фланца и ходовых перегородок. Ходовая перегородка представляют собой пластину, профилированную по эллипсу для обеспечения плотного прилегания к выпуклой части днища для получения качественного сварного соединения перегородки с днищем. Ходовые перегородки являются основным функциональным элементом распределительной камеры, они реализуют разделение поверхности трубной решётки на сектора, чем обеспечивается многоходовость технологической среды по трубам теплообменного аппарата.

В процессе разработке конструкции распределительной камеры КТТ выполнен конструктивный и прочностной расчёт обечайки и днища камеры, а также разработана методика профилирования ходовых перегородок для кожухотрубчатого теплообменника с произвольным числом ходов среды по трубам.

Толщина стенки обечайки и днища распределительной камеры КТТ определяются расчётом на прочность по формулам для тонкостенных оболочек. Аппаратный фланец (приварной встык) выбирается по ГОСТ по внутреннему диаметру КТТ и давлению в аппарате, затем выполняется проверочный расчёт крепёжных элементов и прокладок фланца. Толщина ходовых перегородок принимается конструктивно.

Основную трудность при разработке конструкции распределительной камеры представляет собой именно профилирование примыкания перегородки к выпуклой части эллиптического днища по кривой второго порядка, по эллипсу. В работе рассматривается пример определения уравнений эллипсов примыкания для КТТ следующих параметров ГОСТ 15118-79: кожух $D_B=1400$ мм; теплообменные трубы $d_H=25$

мм; число ходов по трубам $z=6$. Данный КТТ имеет 4-е ходовые перегородки в трубном пространстве: три продольные и одну поперечную.

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

УДК 66-5

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

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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Применение центробежных насосов объясняется следующими факторами: высокий КПД до 90%; простота их действия; несложность конструкции.

Центробежный насос условно состоит из 4 рабочих зон: всасывающий патрубок; рабочее колесо; спиральный отвод; нагнетательный патрубок; винтовое колесо (шнек) для уменьшения кавитации.

При пуске насоса и заполнении корпуса жидкой средой полностью, приходит во вращательное движение рабочее колесо, которое благодаря лопастям отбрасывает жидкость, находящуюся между ними к периферии колеса, из-за чего в центре образуется разрежение по краям, давление нарастает, перекачиваемая жидкость начинает поступать через патрубков в нагнетательный трубопровод.

Регулирование давления насоса зависит от скорости вращения вала колеса. Корпус: изготавливается из Стали 25Л, обладающей хорошими литейными свойствами, которая сопротивляется коррозионному и эрозионному износу и позволяет работать при высоких давлениях и температурах

В насосе применяется конструкция торцевого уплотнения, в которой плоские уплотняющие поверхности (торцовые поверхности втулок) расположены перпендикулярно оси вращения, а усилия, удерживающие эти поверхности в контакте, направлены параллельно оси вала.

В разрабатываемой конструкции центробежного насоса предусмотрено консольное расположение рабочего колеса – это значит, что у вала, на котором находится колесо, только одна опора.

Расчет основных параметров насоса производился на: определение потребляемого напора, потери местного сопротивления; мощность привода насоса и подбора электродвигателя по каталогу; допустимую

высоту всасывания жидкости; прочность корпуса; выбор стальных канатов для строп при максимальном разрывном усилии при монтаже; прочность деталей рабочего колеса центробежного насоса; изгибающий момент лопаток и момент сопротивления при прямоугольном сечении, прочность по пределу текучести стали; определение напряжений в переднем диске, окружную скорость при выходе жидкости из колеса и условие прочности; максимальное напряжение заднего диска и его толщину; определение площади сечения ступицы при прямоугольном сечении, а также длину ступицы и условие прочности допустимого напряжения.

Предлагаемый метод проектирования центробежного насоса позволяет разработать конструкцию с наиболее оптимизированными рабочими параметрами, снизить трудозатраты на проектирование, выбирать наиболее рациональные материалы для рабочих деталей, что повысит срок службы и благоприятно повлияет на долговечность самого насоса, а следовательно снизит количество ремонтов и затраты.

УДК 66.023

Сорокин В.С., Попов А.А., Лобанов Н.Ф.

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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ РЕАКТОРА ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА

Целью конструирования реактора окисления аммиака в производстве неразбавленной азотной кислоты является оптимальная организация процесса смешения сырьевых потоков и обеспечение оптимальной температуры смеси реагентов перед катализатором.

Аппарат состоит из двух частей: верхней - в виде усеченного конуса, и нижней цилиндрической части. Между конусообразной и цилиндрической частями в специальной кассете размещены 12 платиновых катализаторных сеток. Кассета с катализаторными сетками устанавливается на верхней решетке собранной из листового проката. Под ними на колосниковой решетке размещен слой керамических колец, уложенных правильными рядами высотой 200 мм. Этот слой колец, с одной стороны, частично улавливает платину, с другой - стабилизирует тепловой режим на катализаторных сетках.

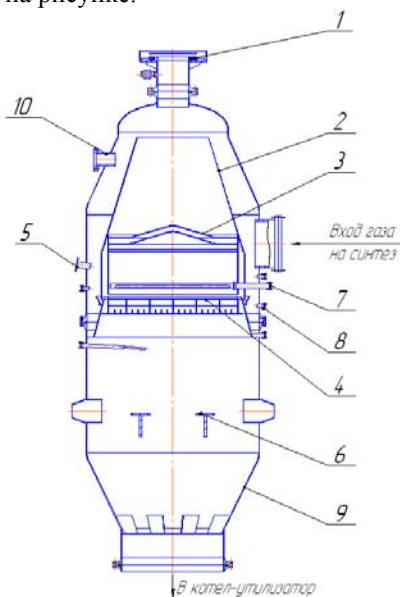
Аммиачно-воздушная смесь поступает в контактный аппарат сбоку, попадает на распределительную решетку, представляющую собой кольцо с секциями отверстий разного диаметра: одну секцию с отверстиями диаметром 5 мм, две секции с диаметром 10 мм и одну секцию с отверстиями диаметр 20 мм. Такая система отверстий позволяет газу

равномерно распределяются по рубашке. Далее газ огибает внутренний конус аппарата и попадает на две распределительные решетки, проходя через них газ дополнительно перемешивается и сверху поступает на катализаторные сетки, где происходит каталитическое окисление аммиака кислородом воздуха.

Вывод синтезированного газа в котел-утилизатор выполняется через нижний фланец аппарата.

Контактный аппарат представляет собой вертикальную цилиндрическую конструкцию диаметром 2020мм и высотой порядка 7м, корпус которой выполнен из стали 12Х18Н10Т.

Схематичный эскиз аппарата с основными элементами конструкции (за исключением узла охлаждения нитрозных газов) представлена на рисунке.



- 1 - предохранительное устройство,
- 2 - внутренний конус;
- 3 - распределительная решетка;
- 4 - катализаторные сетки;
- 5 - смотровое окно;
- 6 - опоры под пароперегреватели;
- 7 - ввод азотоводородной смеси;
- 8 - термомпара;
- 9 - переходной конус;
- 10 - монтажный штуцер

В настоящее время разработаны и опробованы массы на основе оксида кальция, которые химически связывают пары платины. В данном аппарате сорбент устанавливается непосредственно в контактном аппарате за катализаторными сетками и работает в условиях процесса окисления аммиака.

Для сокращения потерь платины предусмотрено ее улавливание и возвращение на изготовление катализаторов. Наиболее распространено улавливание частиц платины фильтрованием нитрозных газов. Для этого используют разнообразные конструкции механических фильтров

и фильтрующие материалы. В основном для набивки фильтров применяют специальное стекловолокно.

В результате была обосновано выбрана конструкция контактного аппарата.

УДК 62-774.3

Калугин И.А.¹, Сафонов Б.П.²

(¹ООО «Газпром добыча Ямбург»,

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

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ МОНТАЖНОГО ОКНА ДЛЯ РЕВИЗИИ (ЗАМЕНЫ) ПЛУНЖЕРА НА НАСОСЕ 2,3ПТ-1/40 НА УСТАНОВКЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

При плановых ремонтах насоса существует необходимость извлечение плунжеров насосов для проверки их геометрии и износа. Для этого с обратной стороны гидроблока существует специальное окно. Уплотнение от протечек состоит из конусной пробки с резиновым кольцом, зажимаемой пятой через шпильки гайками. Из-за конусной острой части пробки уплотнительное резиновое кольцо быстро выходит из строя и появляется утечка перекачиваемой среды. Приходится останавливать насос и менять резиновые уплотнения.

Мы предлагаем усовершенствовать данное уплотнение за счет конструкции пробки, но уже с плоским уплотнением торца, а уплотняющим материалом использовать прокладку из материала Юнивест Л 232.



Данное усовершенствование герметичности монтажного окна позволяет практически исключить всякого рода утечки. А замена про-

кладок можно производить при необходимости, при проведении СР или КР.

Новизна предложения - применено впервые для усовершенствования герметичности монтажного окна для замены плунжеров на насосе 2,3ПТ-1/40 на УПМТ ГП-1С ЗНГКМ.

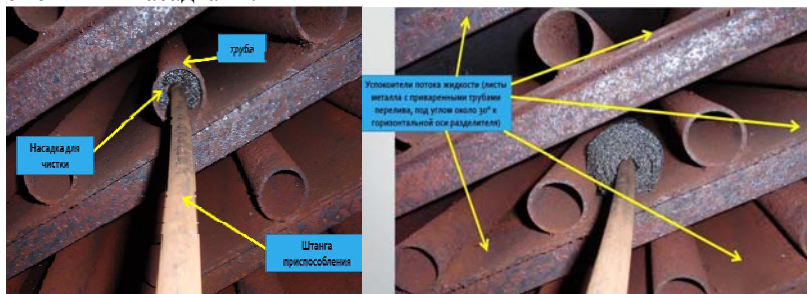
УДК 62-776.6

Калугин И.А.¹, Сафонов Б.П.²
(¹ООО «Газпром добыча Ямбург»,

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

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ЧИСТКИ ВНУТРЕННИХ УСТРОЙСТВ РАЗДЕЛИТЕЛЕЙ ДЭГА НА УСТАНОВКЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

При плановых ремонтах разделителей ДЭГа 30Р, возникает необходимость очистки внутренних элементов последнего (успокоителя, трубки перелива). Мы предлагаем следующее приспособление со сменными насадками.



Работу приспособлением производит один слесарь по ремонту технологических установок. Он устанавливает штангу приспособления насадкой во внутреннее устройство, которое необходимо очистить от шлама через люк с торца емкости, находясь в это время на площадке обслуживания и поступательными горизонтальными движениями производит чистку.

Данное приспособление позволяет очищать наружные и внутренние поверхности успокоителей и труб перелива дегазаторов не находясь внутри емкости, качественно, быстро и оперативно. Новизна предложения - применено впервые для чистки внутренних устройств в труднодоступных местах, внутри разделителей ДЭГа на ГП-1С ЗНГКМ, при этом слесарь по ремонту технологических установок находится вне емкости, а значит, отсутствует проведение работы повышенной опасности – газоопасная работа.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «AutoCAD» В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТММ

При выполнении курсового проекта по теории механизмов и машин студенты должны строить большое количество планов положений механизмов, профилировать эвольвентное зацепление в зубчатой передаче, строить профиль кулачка в кулачковом механизме и т.д. Эти графические работы весьма трудоемки и отнимают очень много времени и сил. Использование программы «AutoCAD» значительно облегчит эту работу. Эту программу можно бесплатно скачать на официальном сайте разработчика «AUTODESK» без всякого пиратства, вполне официально. Это «Студенческая версия», она дается бесплатно сроком на 3 года.

В качестве примера использования этой программы опишем построение некоторых чертежей для курсового проекта по ТММ.

Построение эвольвенты.

Вызываем на компьютере программу AutoCAD, в настройках открываем раздел «Рисование и аннотации», затем делаем несколько простых шагов:

1) На вкладке «Рисование» выбираем значок «круг», отмечаем его нажатием левой кнопкой мыши (ЛКМ), задаем диаметр, например 1000 (Рис. 1).

2) Под вкладкой «Рисование» открывается панель команд, выбираем команду «поделить», задаем 24 части. Наша окружность разделится на 24 части.

3) На вкладке «Рисование» выбираем значок «отрезок», отмечаем его нажатием ЛКМ, мы будем строить 6 отрезков.

4) Длины отрезков вычисляем по формуле:

$$L_i = \frac{\pi \cdot 1000}{n}, \text{ где } n = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$$

5) Углы наклона отрезков к горизонту вычислим по формуле:

$$6) \quad \varphi_i = -\frac{360}{24} \cdot n \quad \text{знак } (-) \text{ показывает, что отрезки будут поворачи-}$$

ваться по часовой стрелке относительно горизонтали.

7) На окружности (Рис. 1) из точек 1 – 6 откладываем отрезки длиной L_i под углами φ_i .

8) Концы отложенных отрезков соединяем отрезками, получим ломаную линию, под вкладкой «Рисование» находим команду «сплайн

по точкам», запускаем ее нажатием ЛКМ и мы получаем построенную эвольвенту.

Все построение заняло не более 15 минут.

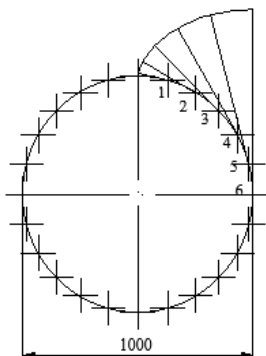


Рис. 1. Построение эвольвенты окружности

Построение планов положений механизмов.

Для примера возьмем простейший центральный кривошипно-шатунный механизм. Задаем размеры: длина кривошипа 200, длина шатуна 501. Единицы длины произвольные, т.е. это могут быть миллиметры, сантиметры и др. На Рис. 2 построены планы положений этого механизма. Алгоритм построения:

Вызываем на компьютере программу AutoCAD, в настройках открываем раздел «Рисование и аннотации», затем делаем несколько простых шагов:

1) На вкладке «Рисование» выбираем значок «круг», отмечаем его нажатием левой кнопкой мыши (ЛКМ), задаем диаметр 400 (Рис. 2).

2) Под вкладкой «Рисование» открывается панель команд, выбираем команду «поделить», задаем 12 частей. Наша окружность разделилась на 12 частей.

3) На вкладке «Рисование» выбираем значок «отрезок», отмечаем его нажатием ЛКМ, мы будем строить 12 отрезков длиной 501. Начала отрезков помещаем в точки 0 – 12, делящие окружность, концы отрезков совмещаем с горизонтальной осевой линией, проходящей через центр вращения кривошипа.

После построения каждого отрезка нажимаем на клавиатуре клавишу «пробел» для повторения команды построения отрезка.

4) На вкладке «Аннотации» выбираем команду «линейный размер» и размечаем размеры перемещений ползуна от начального поло-

жения. Таким образом, мы получаем значения длин хода ползуна для 12 положений механизма. Построение закончено.

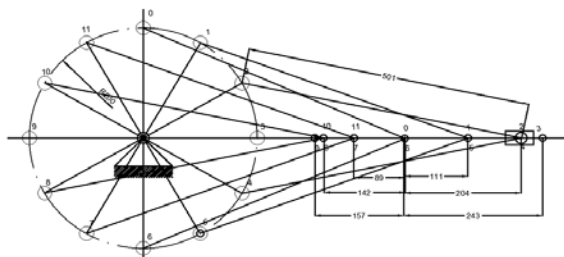


Рис. 2. Планы положений механизма.

По времени весь процесс создания чертежа в «AutoCAD» занимает гораздо меньше времени, чем его выполнение карандашом на листе, кроме того, чертеж из «AutoCAD» можно легко масштабировать и вставить его на лист формата А1 и в пояснительную записку в формате А4.

Создание 3Д моделей в «AutoCAD»

В программе «AutoCAD» можно создавать пространственные модели различных звеньев механизмов, кинематических пар и механизмов целиком. Эти возможности могут быть использованы для наглядной демонстрации примеров работы реальных механизмов, их отдельных частей.

На рисунке 3 в качестве примера приведена модель вращательной кинематической пары – шарнирного соединения двух звеньев. Эта кинематическая пара относится к 5 классу и является низшей кинематической парой. Единственным возможным относительным движением звеньев этой пары является вращение. Звенья в этой паре соединены «шарнирным пальцем», контакт звеньев происходит по поверхностям, значит, кинематическая пара относится к «низшим» парам.

На рисунке 4 изображена модель карданного шарнира. Этот механизм был впервые описан в 16 веке Джероламо Карданом, поэтому носит его имя. Он передает крутящий момент между валами, имеющими возможность взаимного углового перемещения. Геометрические оси валов должны пересекаться в центре шарнира.

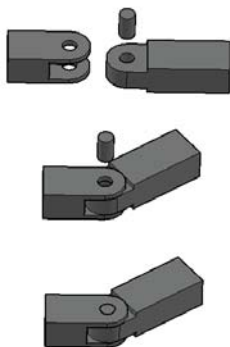


Рис. 3. Модель вращательной кинематической пары (простой шарнир).

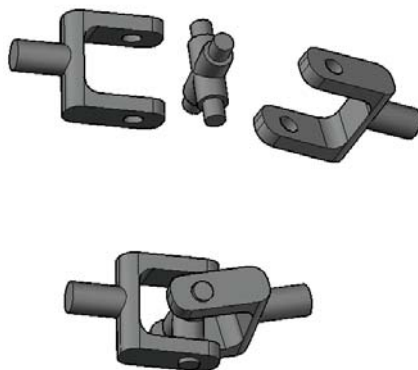


Рис. 4. Модель карданного шарнира.

Такой шарнир широко используется в различных механизмах, когда невозможно обеспечить соосность вращающихся звеньев. Самое известное применение он нашел в заднеприводных автомобилях с двигателем, расположенным спереди, при передаче вращения от двигателя через коробку скоростей задним колесам с помощью «карданного вала». Но это далеко не единственное его применение, например, насадка для торцовых гаечных ключей, особенность которой в том, что оси условной крестовины её карданного шарнира перекрещиваются, но не пересекаются.

УДК 66.023

Катрич О.В., Врагов И.С., Лобанов Н.Ф.

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

РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА КАК ОБЪЕКТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Котел-утилизатор предназначен для использования в производстве тепла, которое извлекается из газов, получаемых путем работы различных промышленных агрегатов и двигателей внутреннего сгорания. Такие устройства не подключены к какой-либо топке и получают температуру исключительно из отходящего газа.

Большинство технологических процессов в промышленности проходит с выделением тепла – это могут быть отработанные горячие га-

зы, пар или дым, выбрасывать которые в атмосферу не только наносит вред окружающей среде, но и нерационально. Технологические отходы в виде газообразной среды можно использовать для производственных нужд, и сделать это с максимальной эффективностью позволит котел-утилизатор. Принцип действия котла-утилизатора основан на использовании тепла, которое образуется в процессе различных производственных процессов, что снижает выбросы углерода в атмосферу и тепловое загрязнение окружающей среды. Сегодня аспект защиты окружающей среды приобретает все большее значение, требования к условиям эксплуатации, стали все более жесткими, поэтому выработка вторичных энергоресурсов, стала неотъемлемой частью любого нового или реконструированного проекта.

В данной работе принят в разработку жаротрубный котел-утилизатор, т.к. он имеет более высокий КПД. Котел-утилизатор представляет собой вертикальный аппарат высотой 7148 мм и диаметром Ø 1450 мм, состоящий из следующих основных частей: корпус котла, трубный пучок, трубная доска, футеровка, внутренний металлический короб, катковая опора. Конвертируемый газ входит в металлический короб снизу через штуцера из параллельно работающих котлов первой ступени реформинга и движется вверх по трубам. Охлаждающая вода поступает в штуцер и движется вверх, охлаждая газ в трубах. Конвертированный газ с температурой 371°C выходит через штуцер и поступает в реактор высокотемпературной конверсии оксида углерода. Охлаждающая вода, превращаясь в пар выходит через штуцер.

Для обечаек корпуса и штуцеров используется сталь 09Г2С толщиной 83 мм. Для верхнего фланца корпуса принята сталь 15ХМ, с тем расчетом, чтобы размеры фланцевой части трубной доски были по возможности минимальными.

Поверхность нагрева набрана из труб в количестве 1100 штук, изготовленных из стали 15ХМ диаметром трубок Ø 25×5 и длиной 4 м.

Трубная доска изготовлена из стали 30ХМА. Верхняя трубная доска (решетка) имеет толщину 166 мм, а нижняя решетка толщину 240 мм.

Соединение труб с трубной решеткой осуществляется при помощи сварки и после термообработки, развальцовкой.

При техническом обслуживании котла-утилизатора необходимо восстанавливать целостность футеровки из высокотемпературного бетона толщиной 138 мм.

Целью энерготехнологической схемы производства (ХТС) является:

- Минимизации потребления «свежей» эксэргии (электроэнергии и топлива) от внешних источников;
- Максимальная утилизация вторичных энергоресурсов (в виде тепла и работы внутри данной ХТС);
- Комплексная энергетическая и экологическая оптимизация процесса внутри ХТС.

УДК.66.02.

Коробка И.А., Думчев А.К., Клочков В.И.
 (Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
АППАРАТ ДЛЯ СУШКИ И ГРАНУЛЯЦИИ
В «КИПЯЩЕМ» СЛОЕ

В производствах комплексных удобрений часто применяется совмещение процессов сушки и грануляции. Эти процессы проводят в аппаратах, представляющие собой вращающиеся барабаны с внутренней приемной и подъемно-лопастной насадками, установленные с наклоном к горизонту в $1-3^{\circ}$ и опирающиеся на две роликовые опорные станции.

В результате модернизации действующего барабанного гранулятора – сушилки (БГС) в нем установили систему псевдоожиженного («кипящего») слоя и распыляющее форсуночное устройство. В модернизированных грануляторах происходит увеличение гранул в размере за счет кристаллизации на их поверхности распыляемого плава кальций-аммиачной селитры и их дальнейшее охлаждение.

«Кипящий» слой в грануляторе создается атмосферным воздухом, который подается вентилятором. Достижение необходимых размеров гранул осуществляется серией циклов, происходящих в грануляторе:

- в гранулятор поступают частицы ретура и подаются на перфорированную решетку «кипящего» слоя;
- в «кипящем» слое происходит охлаждение продукта и за счет уклона «стекание» по слою и падение в нижнюю часть барабана. Во время падения на ретур напыляется слой плава кальций – аммиачной селитры.
- подъемно-лопастная насадка переносит полученные гранулы с новым слоем продукта на последующие секции «кипящего» слоя для его охлаждения и кристаллизации.

Модернизация аппарата БГС позволила интенсифицировать процесс сушки и грануляции и повысить качество готовой продукции.

Савкина Н.Е., Козлов А.М
 (Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РЕМОНТА КОРПУСА
 КЛИНОВОЙ ЗАДВИЖКИ**

На химических предприятиях широко применяется трубопроводный транспорт, предусматривающий наличие запорной арматуры, позволяющей перекрывать прохождение потока среды.

Виды трубопроводной арматуры: всего выделяют 7 видов таких изделий по назначению: запорная, регулирующая, предохранительная, защитная, фазоразделительная, смесительно-распределительная, контрольная.

Наиболее распространённым видом запорной трубопроводной арматуры являются задвижки, поскольку создают незначительное гидравлическое сопротивление транспортируемой среде, сравнительно просты по конструкции и неприхотливы в обслуживании. Однако ремонт их несколько затруднителен, хотя экономически целесообразен, чем покупка новых образцов арматуры. Общий принцип работы задвижек сходный – затвор, отсекающий поток среды, движется перпендикулярно этому потоку.

Но существует несколько типов арматуры, которые отличаются конструкцией запирающего элемента и расположением резьбовой пары.

Различают такие типы задвижек: клиновые (с жестким, двухдисковым или упругим клином); параллельные; шиберные; шланговые.

Запорные элементы клиновых задвижек различаются по конструктивным особенностям и степени обеспечения герметичности затвора и имеют следующие виды:

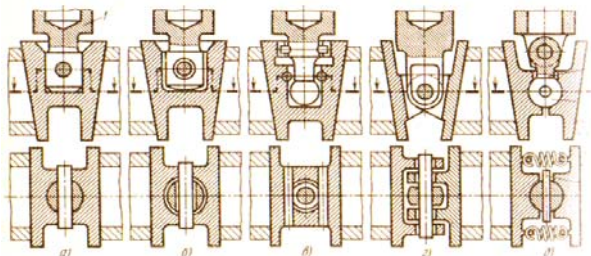


Рис.1. Конструкция запорных элементов клиновых задвижек:
 а) с жёстким креплением клиновой задвижки к приводному штоку;
 б,в) с шарнирным креплением; г) независимая заслонка;
 д) пружинная стяжка на сферическом шарнире.

Данная запорная арматура наиболее распространена на сегодняшний день. Она может быть смонтирована на трубопроводах с внутренним диаметром от 15 до 2000 мм. Чугунные задвижки отличаются невысокой стоимостью, обеспечивают надежное перекрытие потока. Еще одно немаловажное преимущество запорной арматуры данного типа – отличная ремонтпригодность. Чугунные задвижки могут применяться на магистралях, работающих под давлением до 160 атмосфер. К недостаткам стоит отнести хрупкость чугуна, из которого сделан корпус устройства, кроме того, не рекомендуется эксплуатация таких задвижек в условиях отрицательных температур.

Стальные задвижки, в число которых входит и нержавеющая запорная арматура, применяются чаще других модификаций. Изделия из нержавеющей стали имеют большую устойчивость к коррозии, могут работать при огромном давлении (до 1000 МПа). В последнее время на рынке стали появляться модификации с полимерным покрытием, которые обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Детали арматуры могут подвергаться различным видам изнашивания: механическому; эрозионному; тепловому; химическому и др.

Механический износ арматуры – результат взаимного трения деталей. Степень изменения параметров деталей зависит от числа циклов срабатывания арматуры, прочности и твердости металла, износостойкости трущихся поверхностей. Решающую роль в интенсивности механического износа могут играть окислительные процессы, происходящие в поверхностном слое металла (окислительное изнашивание), микрорезание абразивными частицами (абразивное изнашивание), схватывания металла и др.

Полный отказ работы клиновой задвижки может быть следующего характера: протекание жидкости через неплотности соединения или свищи в корпусе, негерметичность уплотнения как в соединениях с крышкой или фланцами трубопровода, так и самого затвора. В данном случае значительно повышается износ оборудования и появляется опасность травмирования сотрудников обслуживающего персонала.

Пропуск среды при закрытой задвижке. Нарушение герметичности в связи с износом, повреждением или загрязнением поверхностей уплотнительных колец корпуса и клина или диска. Недостаточное усилие на маховике (меньше расчетного). Недостаточный крутящий момент, развиваемый электроприводом. Образование осадка твердых частиц или смолы в нижней части корпуса.

В самых тяжелых случаях приходится прибегать к демонтажу запорной арматуры, для выполнения ремонта в заводских условиях. Ра-

зобрать задвижку, очистить, притереть или заменить уплотнительные кольца. Увеличить усилие на маховике до расчетного. Проверить настройку муфты крутящего момента. Проверить напряжение на вводе. Проверить техническое состояние электродвигателя. Снять люк или разобрать задвижку и удалить осадок.

Капитальный ремонт включает в себя объем работ стоимостью до 75 % от цены нового изделия. Арматура демонтируется с трубопровода, промывается и направляется на ремонтный участок, где ее разбирают и диагностируют. Разборка предполагает снятие крышки, извлечение маховика вместе со штоком и запорным клином.

Ремонт позволяет выявить и устранить следующие неисправности запорной арматуры: потеря герметичности из-за утечки среды между уплотнительными поверхностями крышки и корпуса, фланцами корпуса и трубопровода, а также кольцами седла корпуса и клином, последнее является наиболее часто встречающейся неисправностью. При обнаружении на уплотнительных поверхностях запорного узла участков и раковин глубиной более 0,5 мм их удаляют протачиванием на токарном станке с последующим шлифованием и притиркой. При разрушениях менее 0,5 мм их шлифуют на специальном оборудовании; износ глубиной до 0,1 мм ликвидируется в процессе притирки абразивным материалом (наждачным, корундовым или кварцевым порошком, карбидом кремния или бора и пр.).

Снизить механический износ деталей можно путем повышения твердости материала, из которого они изготовлены. Для этой цели применяются различные методы: поверхностная закалка токами высокой частоты, химико-термическая обработка (цементация), азотирование, диффузионное хромирование и др.

УДК 66.02

Мишин С.А., Врагов И.С., Клочков В.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КОНСТРУКЦИЯ ЭКСТРАКТОРА С ВИБРИРУЮЩИМИ ТАРЕЛКАМИ

Экстракция из растворов эффективно используется для выделения различных продуктов в химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других отраслях промышленности. Экстракция в системах жидкость-жидкость представляет собой диффузионный массообменный процесс, протекающий с участием двух взаимно нерастворимых жидких фаз, между которыми распределяется экстрагируемое вещество.

Особенностью процесса экстракции является то, что одна из жидких фаз в аппарате является сплошной, а другая – дисперсной. Конструктивно все аппараты, осуществляющие процесс экстракции, называемые экстракторами, конструктивно отличаются друг от друга способами диспергирования (дробления) одной из жидких фаз. Диспергирование необходимо для создания возможно большей поверхности контакта фаз и, соответственно, для увеличения скорости массопередачи. В процессе экстракции одна из жидкостей (дисперсная фаза) распределяется в другой жидкости (сплошная фаза) в виде капель.

Экстракторы с вибрирующими тарелками относятся к группе аппаратов с дополнительным сообщением энергии потокам. Диспергирование одной из фаз в таком экстракторе происходит вследствие дробления жидкости в результате её взаимодействия с поверхностью ситчатой (просечной) тарелки, которая совершает возвратно-поступательное движение.

Экстрактор с вибрирующими тарелками представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат диаметром 1.2м и высотой 21м, внутри которого расположен пакет ситчатых (просечных) тарелок, подвешенных вертикально в виде гирлянд и совершающих возвратно-поступательное движение внутри аппарата. В верхней части экстракционной колонны размещен электропривод с эксцентриковым валом. При вращении вала эксцентрик передает возвратно-поступательное движение штоку, на котором закреплен пакет перфорированных массообменных тарелок. В верхней и нижней частях экстрактора имеются отстойные зоны.

УДК 621.762

Думчев А.К., Суменков А.Л., Зимин А.И.

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

О ТРЕНИИ НАНОПОРОШКОВ

Благодаря бурному развитию нанотехнологий в последние годы появилось значительное количество новых наноматериалов. Это и наноструктурные порошки, и наноплёнки, и нанопокрyтия и т.д. Особенности таких современных материалов определяются малыми размерами их «частиц», т.е. «наноразмерами».

Наноматериалы отличаются от «обычных» материалов изменением механических свойств (твёрдость, пределы текучести и пределы прочности у них в 3-8 раз выше, обнаруживается пластичность у неметаллических, в том числе керамических материалов, и сверхпластичность

у металлических), физико-химических свойств (температуры спекания, плавления, полиморфных превращений у них существенно ниже, а скорость осуществления многих реакций и процессов значительно выше, появляются неравновесные фазы) и других свойств и характеристик. Покрyтия из наноматериалов обладают более высокой плотностью и однородностью.

Такой материал как оксид алюминия широко распространён практически во всех отраслях народного хозяйства страны. Из него получают пигменты, он служит основой для производства большого количества абразивных, режущих инструментов, огнеупорных конструкций, катализаторов и т.д. Оксид алюминия применяют в том числе в виде нанопорошков.

При синтезе и дальнейшем использовании нанопорошков могут осуществляться процессы, для эффективного проведения которых обязательно знание их структурно-механических характеристик (СМХ). К основным характеристикам таких порошков относятся коэффициенты трения. Коэффициенты трения, как и другие СМХ могут зависеть от гранулометрического и фазового состава порошков, параметров окружающей атмосферы, иных факторов. Знание такого рода зависимостей позволит управлять свойствами получаемых нанопорошков, «улучшать» их свойства и характеристики.

В работе исследовалось влияние влагосодержания нанопорошков оксида алюминия на коэффициенты трения. Использовались приборы плоскостного сдвига и известная методика определения коэффициентов трения и характеристик сдвига.

Выяснено влияние влагосодержания порошков на величины коэффициентов трения с учётом среднего размера частиц.

УДК 534.23

Краснолобов А.С., Подольский В.А., Сивкова О.Д.

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

О ВЛИЯНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ СОСЕДНИМИ УЧАСТКАМИ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ЕГО АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Для возбуждения ультразвука в твердых телах обычно используют пьезопреобразователи простой геометрической формы (квадратные, круглые, прямоугольные). Технология их изготовления хорошо разработана, а акустическое поле (АП) достаточно изучено [1]. Труднее сделать преобразователь сложной формы (звезда, трапеция и т.п.), которые используют в современных акустоэлектронных устройствах. Один

из способов получения таких преобразователей – нанесение металлических электродов нужной формы на пьезопластину большого размера. Например, электроды в виде трапеции напыляют на квадратную пьезопластину (рис.1). В настоящей работе экспериментально изучено влияние механической и электрической связи между преобразователем и соседними нерабочими участками пьезопластины на его АП.

С этой целью на пьезопластину из ниобата лития рабочей частотой 5МГц и размером 15х15мм были нанесены металлические электроды размером 7,5х7,5мм (рис.2). Затем пластину наклеили на звукопровод из стекла толщиной 20мм, по противоположной стороне которого мог перемещаться акустический зонд [2]. Последний позволял измерять амплитуду звукового сигнала в различных точках на поверхности стекла. Принцип работы электрической части установки приведен в [3]. На рис. 3 приведена экспериментальная зависимость звукового давления P (в относительных единицах) от координаты X . Асимметрия АП относительно центра преобразователя ($X=0$) может быть объяснена излучением соседних с преобразователем неметаллизированных участков пьезопластины за счет механической связи между ними. Следует отметить, что для преобразователя в виде полностью металлизированной пьезопластины распределение звукового давления симметрично относительно центра преобразователя. Незначительное излучение ультразвука нерабочей части пьезопластины приводит к увеличению звукового давления в левой части кривой на рис. 3.

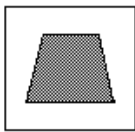


Рис. 1

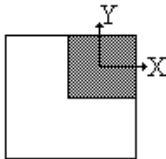


Рис. 2

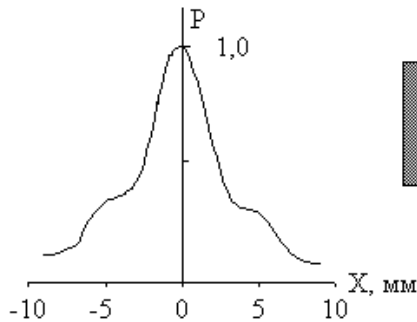


Рис. 3

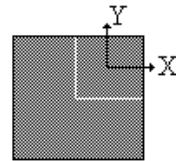


Рис. 4

Для изучения электрической связи между соседними участками были сначала металлизированы обе поверхности пьезопластины, а затем убрана часть металлизации, чтобы преобразователь не имел элек-

трического контакта с остальной частью пластины (рис. 4). В этом случае при подаче такого же сигнала на преобразователь наблюдалось увеличение звукового давления по всему исследуемому срезу АП, причем в центре ($X=0$) увеличение составило 20%. Асимметрия акустического поля при этом еще больше увеличилась. Это может быть обусловлено электромагнитной наводкой той же частоты, испускаемой генератором и улавливаемой нерабочей металлизированной поверхностью пьезопластины, которая дополнительно испускает ультразвук.

Таким образом, результаты работы показывают, что, если преобразователь занимает часть поверхности пьезопластины, то за счет влияния ее соседних нерабочих участков АП преобразователя несколько изменяется и имеет несимметричный относительно центра вид.

Литература

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В 2-х книгах. Кн. 2/ Под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 1986. 352с.
2. Краснолобов А.С., Подольский В.А., Резвов Ю.Г., Сивкова О.Д. Исследование особенностей акустического поля упругой волны в анизотропной среде. Тезисы докл. XXI науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов. Технические науки. Новомосковск, 2019. С. 20-21.
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.

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621

Глазков К.В., Макрушин В.В.

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

ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ. ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА В ПИКОВОМ РЕЖИМЕ

Газотурбинная установка - это агрегат, состоящий из газотурбинного двигателя, редуктора, генератора и вспомогательных систем. Поток газа, образованный в результате сгорания топлива, воздействуя на лопатки турбины, создает крутящий момент и вращает ротор, который в свою очередь соединен с генератором. Генератор вырабатывает электроэнергию.

В основу устройства газотурбинного агрегата положен принцип модульности: ГТУ состоят из отдельных блоков, включая блок автоматики. Модульная конструкция позволяет в кратчайшие сроки производить сервисное обслуживание и ремонт, наращивать мощность, а также экономить средства за счет того, что все работы могут производиться быстро на месте эксплуатации.

В энергетике газотурбинные установки (ГТУ) работают в основном в то время, когда резко увеличивается потребление электроэнергии, т. е. во время пиков нагрузки. Хотя КПД ГТУ ниже КПД паротурбинных установок (при мощности 20—100 МВт КПД ГТУ достигает 20—30%), использование их в пиковом режиме оказывается выгодным, так как пуск занимает гораздо меньше времени.

ГТУ служат приводом нагнетателей природного газа резервных электрогенераторов пожарных насосов и являются двигателями, используемыми в авиации.

УДК 621

Горянский Д.А., Макрушин В.В., Курило Н.А.

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

ОБЗОР ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Пластинчатые теплообменники нашли широкое применение в системах вентиляции и кондиционирования, химической и фармацевтическом производстве, пищевой промышленности, системах рекуперации, отопительных системах, системах ГВС.

Пластины теплообменника имеют канавки расположенные под определённым углом, который влияет на площадь поверхности и интенсивность теплообмена (60° – минимальная турбулизация потока, 30° – максимальная турбулизация потока). Увеличение турбулизации потока приводит так же к увеличению гидравлического сопротивления, которое должно учитываться работающими насосами.

ПТО бывают: разборные, паяные, полусварные и сварные. Все ПТО отличаются компактностью, простотой обслуживания, высокой мощностью и КПД.

Для корректной работы теплообменника требуется хорошая система очистки теплоносителей от накипиобразователей и крупнодисперсной взвеси. В зависимости от свойств жидкостей циркулирующих между пластинами, они могут быть изготовлены из стали или цветных металлов, что влияет на конечную стоимость теплообменного оборудования.

Основным способом очистки от накипи и загрязнений внутри аппарата является реагентный. Такой метод не требует разборки и может осуществляться слабыми растворами различных кислот (фосфорная, азотная, лимонная или минеральная).

УДК 621

Самсонов К.С., Макрушин В.В.

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

ВЛИЯНИЕ «БЕЗОПАСНОГО» ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РАБОТЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Наиболее безопасным для экологии топливом является природный газ. При его сгорании отсутствуют зола и копоть.

Сжигая газ, единственным существенным загрязнителем атмосферы будут окислы азота. Однако выброс окислов азота при сжигании на ТЭС природного газа в среднем на 20 % ниже, чем при сжигании угля. Это объясняется особенностями процессов их сжигания. Коэффициент избытка воздуха при сжигании угля ниже, чем при сжигании природного газа. Таким образом, природный газ – наиболее экологически чистый вид энергетического топлива и по выделению оксидов азота в процессе горения. При практическом применении газ оказывается значительно более выгодным, чем уголь. Во-первых, мы уменьшаем вредное влияние на окружающую среду. Во-вторых, при сгорании газ отдает больше тепла.

Изменения в окружающей среде могут происходить и при транспортировке газа. Современный магистральный трубопровод представляет собой сложное инженерное оборудование, которое помимо линейной части (собственно трубопровода) включает в себя установки для подготовки нефти или газа к перекачке, насосные и компрессорные станции, резервуарные парки, линии связи, систему электрохимической защиты. Существенному загрязнению подвергается атмосферный воздух вследствие утечек газа. Загрязнение атмосферы возможно и в результате аварийного выброса газа или сжигания нефти и нефтепродуктов, различных на поверхности при аварии. Атмосферный воздух загрязняется также в результате утечки газа через негерметичные соединения трубопровода, утечки и испарения в процессе хранения и выполнения сливно-наливных операций и т.д. В результате может наблюдаться рост растительности и повышаться предельно допустимые концентрации в воздухе.

УДК 621

Маликова С.А., Макрушин В.В.

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

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

К нетрадиционным возобновляемым источникам энергии (НВИЭ) относятся солнечная, ветровая и геотермальная энергия, энергия морских приливов и волн, биомассы (растения, различные виды органических отходов), низкопотенциальная энергия окружающей среды.

К положительным свойствам данных источников энергии относятся повсеместная распространенность большинства их видов, экологическая чистота. Эксплуатационные затраты по использованию нетрадиционных намного ниже чем традиционных источников.

Отрицательные качества - это малая удельная мощность и изменчивость во времени большинства НВИЭ. Это приводит к необходимости создания больших площадей энергоустановок, что так же приводит к большой материалоемкости подобных устройств и к увеличению удельных капиталовложений в данные установки.

Больше неприятностей доставляет изменчивость во времени таких источников энергии, как солнечное излучение, ветер, приливы, сток малых рек, тепло окружающей среды. Еще более изменчива и непредсказуема энергия ветра. Зато геотермальные установки при неизменном дебите геотермального флюида в скважинах гарантируют постоянную выработку энергии (электрической или тепловой). Кроме того,

стабильное производство энергии могут обеспечить установки, использующие биомассу, если они снабжаются требуемым количеством этого «энергетического сырья».

Различные виды НВИЭ находятся на разных стадиях освоения. Наибольшее применение получил самый изменчивый и непостоянный вид энергии - ветер. Суммарная мировая установленная мощность крупных ВЭУ и ВЭС, по разным оценкам, составляет от 10 до 20 ГВт. Кажущийся парадокс объясняется тем, что удельные капиталовложения в ВЭУ ниже, чем при использовании большинства других видов НВИЭ. Растет не только суммарная мощность ветряных установок, но и их единичная мощность, превысившая 1 МВт.

Так же большое распространение получила геотермальная энергетика. Суммарная мировая мощность ГеоТЭС составляет не менее 6 ГВт. Они вполне конкурентоспособны по сравнению с традиционными топливными электростанциями. Однако ГеоТЭС географически привязаны к месторождениям парогидротерм или к термоаномалиям. Наряду с ГеоТЭС, широкое распространение получили системы геотермального теплоснабжения.

Солнечная энергия используется в основном для производства низкопотенциального тепла для коммунально-бытового горячего водоснабжения и теплоснабжения.

Гораздо меньше развито практическое применение приливной энергии. Еще менее развито использование энергии морских волн. Этот способ использования НВИЭ находится на стадии начального экспериментирования.

Таково в настоящее время положение с использованием НВИЭ в мире. В России же практическое их применение значительно отстает от масштабов, достигнутых в других странах. И это несмотря на такие благоприятные предпосылки, как практически неограниченные ресурсы НВИЭ, достаточно высокий научно-технический и промышленный потенциал в данной области.

УДК 621

Маликова С.А., Макрушин В.В.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Продукты сгорания топлива оказывают огромное влияние на энергетические и экологические показатели различных теплотехнических установок. Так же при сгорании образуется и ряд других веществ, которые определяют экологические показатели топок, печей, тепловых двигателей и других устройств современной теплотехники.

В первую очередь к числу экологически вредных продуктов сгорания относятся токсичные вещества, оказывающие негативные воздействия на организм человека и окружающую среду. Основными токсичными веществами являются оксиды азота (NO_x), оксид углерода (CO), различные углеводороды (CH), сажа и соединения, содержащие свинец серу.

При сгорании топлив образуется главным образом оксид азота NO , который затем в атмосфере окисляется до NO_2 . Находящийся в атмосфере NO_2 представляет собой газ красновато-бурого цвета, обладающий в больших концентрациях удушливым запахом, вредно воздействующим на слизистые оболочки глаз.

Оксид углерода (CO) образуется во время сгорания при недостатке кислорода. Оксид углерода - бесцветный и не имеющий запаха газ. При вдыхании вместе с воздухом он интенсивно соединяется с гемоглобином крови, что уменьшает ее способность к снабжению организма кислородом. Симптомы отравления организма оксидом углерода: головная боль, сердцебиение, затруднение дыхания и тошнота.

Углеводороды (CH) состоят из исходных или распавшихся молекул топлива, которые не принимали участия в сгорании. Углеводороды появляются в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания вследствие гашения пламени вблизи относительно холодных стенок пламени сгорания. В дизелях углеводороды образуются в переобогащенных зонах смеси, где происходит пиролиз молекул топлива. Углеводороды под действием солнечных лучей могут взаимодействовать с NO_x , образуя биологически активные вещества, которые раздражающе действуют на органы дыхательных путей и вызывают появление так называемого смога.

Особое влияние оказывают выбросы бензола, толуола, полициклических автоматических углеводородов (ПАУ) и в первую очередь бензпирена. ПАУ относится к так называемым канцерогенным веществам, они не выводятся из организма человека, а со временем накапливаются в нем, способствуя образованию злокачественных опухолей.

Сажа представляет собой твердый продукт, состоящий в основном из углерода, является механическим загрязнителем носоглотки и легких. Большая опасность связана со свойством сажи накапливаться на поверхности своих частиц канцерогенные вещества и служить их переносчиком.

Сера, содержащаяся в дизельном топливе, в мазуте и каменном угле выбрасывается в атмосферу после сгорания этого топлива в форме диоксида SO_2 , который очень вреден для растений и способствует возникновению «кислотных» дождей.

Выполнение предписываемых соответствующими законами норм разрешенного нормального выброса стало одной из центральных задач теплотехники. Во многих случаях управление работой объектов про-

мышленной теплотехники осуществляется таким образом, чтобы обеспечить требуемый компромисс между их энергетическими, экономическими и экологическими показателями. Поэтому большое значение приобрела нейтрализация и очистка продуктов сгорания перед их выходом в атмосферу. С этой целью используются различные нейтрализаторы и фильтры. Одновременно улучшается состав углеводородных топлив (уменьшение содержания сферы, свинца, ароматических углеводородов), расширяется использование газовых топлив. В перспективе применение в качестве топлива водорода полностью исключит содержание в продуктах сгорания CO, CH и других токсичных углеродосодержащих компонентов.

УДК 697.331

Конов П.А., Шлей Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.
 (Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА НУЖДЫ
 ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ «НОВОЙ» ПЛОЩАДКИ
 НОВОМОСКОВСКОГО ИНСТИТУТА
 РХТУ ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

Выполнен расчет расхода воды на нужды горячего водоснабжения для корпусов №4, №5, общежития №3 и столовой при исходных данных: число людей, пользующихся горячей водой; количество и виды водоразборных точек (мойки, раковины, душевые сетки). Принята расчетная температура горячей воды +55°C, температура холодной воды в зимний период +5°C.

Расчет проводился в соответствии с нормативным документом СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий». Методика расчетов расходов горячей воды (максимального секундного, максимального часового, и среднего часового) основывается на расчете соответствующих расходов через водоразборные приборы и определении вероятности их одновременного использования.

Вероятность действия санитарно-технических приборов горячей воды P^h при одинаковых водопотребителях вычислялась по формуле (1):

$$P^h = \frac{q_{\text{г.г}}^h \cdot U}{N \cdot q_{\text{с}}^h \cdot 3600}, \quad (1)$$

где $q_{\text{с}}^h$ - секунднй расход горячей воды водоразборным прибором [1]: для учебных заведений с душевыми при гимнастических залах и

столовых $q_{\text{с}}^h = 0,1 \frac{\text{л}}{\text{с}}$, для общежития с общими душевыми кабинами $q_{\text{с}}^h = 0,14 \frac{\text{л}}{\text{с}}$;

$q_{гр,к}^h$ - норма расхода горячей воды в час наибольшего водопотребления [1]: $q_{гр,к}^h = 1,2$ м - для учебных заведений с душевыми при гимнастических залах и столовых, $q_{гр,к}^h = 5,4$ м - для общежития с общими душевыми кабинами;

U – численность пользователей;

N – число водоразборных точек.

Дальнейший расчет состоял из определения вероятности использования санитарно-технических приборов для системы в целом $q_{гр}^h$; максимального секундного расхода горячей воды на расчетном участке q^h , л/с, в зависимости от общего числа приборов N и вероятности их действия P ; максимального часового расхода горячей воды $q_{гр}^h$, м³/ч; суточного расхода воды со средним за год водопотреблением горячей воды $Q_{max,г}$, м³/сут.

В результате расчета определен средний часовой расход воды за сутки водопотребления $q_{гр}$, м³/час:

- корпус №4 и столовая $q_{гр} = 0,42$, м³/час;

- корпус №5 $q_{гр} = 0,14$, м³/час;

- общежитие №3 $q_{гр} = 0,3$, м³/час при фактическом заполнении; $q_{гр} = 0,62$, м³/час при плановом заполнении.

Расчет выполнялся по заданию руководства Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Литература

1. СП 30.13330.2016 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий»

УДК 697.331

Шлей Е.В., Конов П.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ГВС «НОВОЙ» ПЛОЩАДКИ НОВОМОСКОВСКОГО ИНСТИТУТА РХТУ ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Выполнен расчет тепловой нагрузки системы горячего водоснабжения (ГВС) для корпусов №4, №5, общежития №3 и столовой. Принята расчетная температура горячей воды +55°С, температура холодной воды в зимний период +5°С.

Расход тепла для нагрева горячей воды на нужды ГВС с учетом теплопотерь подающих и циркуляционных трубопроводов и оборудо-

вания в течение часа максимального потребления горячей воды определялся по формуле (1) [1]:

$$Q_{\text{гр}} = 1,163 \cdot q_{\text{гр}}^{\text{ч}} \cdot (t^{\text{г}} - t^{\text{х}}) + Q_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $t^{\text{г}}$ - температура горячей воды в местах водоразбора, $t^{\text{г}} = 55$ °C;

$t^{\text{х}}$ - температура холодной воды на входе в водонагреватель, при отсутствии данных по месту следует принимать $t^{\text{х}} = 5$ °C;

$q_{\text{гр}}^{\text{ч}}$ - максимальный часовой расход горячей воды, м³/час;

$Q_{\text{п}}$ - потери теплоты подающим трубопроводом и оборудованием систем горячего водоснабжения, кВт, принято 5% от расчетной нагрузки.

В результате расчета определено:

- корпус №4 и столовая $Q_{\text{гр}} = 165,5$ кВт;

- корпус №5 $Q_{\text{гр}} = 58$ кВт;

- общежитие №3 $Q_{\text{гр}} = 78,2$ кВт при фактическом заполнении;

$Q_{\text{гр}} = 120,9$ кВт при плановом заполнении.

Общая максимальная тепловая нагрузка ГВС: по факту 301,67 кВт (0,259 Гкал/ч); по плану 344,37 кВт (0,296 Гкал/час).

Расход тепла для нагрева горячей воды на нужды ГВС с учетом теплотерь подающих и циркуляционных трубопроводов и оборудования в течение среднего часа производился по формуле (2) [1]:

$$Q_{\text{гр}} = 1,163 \cdot q_{\text{гр}}^{\text{с}} \cdot (t^{\text{г}} - t^{\text{х}}) + Q_{\text{п}}, \quad (2)$$

где $q_{\text{гр}}^{\text{с}}$ - средний часовой расход воды за сутки водопотребления, м³/час.

В результате расчета определено:

- корпус №4 и столовая $Q_{\text{гр}} = 25,6$ кВт;

- корпус №5 $Q_{\text{гр}} = 3,55$ кВт;

- общежитие №3 $Q_{\text{гр}} = 18,3$ кВт при фактическом заполнении;

$Q_{\text{гр}} = 37,05$ кВт при плановом заполнении.

Общая среднечасовая тепловая нагрузка ГВС: по факту 52,45 кВт (0,045 Гкал/ч); по плану 72 кВт (0,062 Гкал/час).

Расчет выполнялся по заданию руководства Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Литература

1. СП 30.13330.2016 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий»

УДК 628.16

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

ПОДГОТОВКА ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

К условиям работы и качеству воды в системах горячего водоснабжения (ГВС) предъявляются иные, более жесткие требования, чем в холодном питьевом водоснабжении [1-3]. Поэтому при проектировании системы ГВС в Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева надо учесть ряд факторов.

Горячая вода в водоразборной точке должна иметь температуру порядка $50\pm 60^\circ\text{C}$, в противном случае увеличатся потери воды, т.к. потребитель будет «спускать» воду, пока её температура не станет нужной. Надо использовать схему, обеспечивающую постоянную циркуляцию воды через теплообменники, установленные на площадке новой котельной.

Кроме того, по карте [4] видно, что г. Новомосковск входит в состав территорий с очень жесткой водой. Водоснабжение города осуществляется из артезианских скважин, вода в которых омывает залежи гипса. Также местные условия прокладки системы ГВС могут привести к образованию застойных зон, способствующих образованию отложений, протеканию коррозионных процессов, и к размножению болезнетворных организмов (в том числе легионелл).

С целью снижения вероятности протекания этих «неприятных» процессов при подготовке воды к использованию в системах ГВС применяются методы [5, 6]:

- нехимическая обработка (деаэрация, установка ультразвуковых излучателей или электрохимических антинакипных аппаратов, магнитная обработка);

- фильтры механической очистки и гидроциклоны: фильтр грубой очистки с размером ячейки сетки 400–500 мкм; фильтры со сменными картриджами с размером пор в диапазоне 1–20 мкм (для удаления мельчайших механических примесей);

- биологическая безопасность: термическая обработка воды: нагрев воды до температуры 70–80°C, что мгновенно приводит к полной дезинфекции воды от легионелл (накопительные бойлеры с функцией автоматического периодического нагрева воды до указанной температуры); дезинфекция УФ-излучением; обработка хлор-содержащими реагентами;

- реагентная обработка, заключающаяся в дозировании непосредственно в воду химических реагентов: комплексонон оксиэтилиден-

дифосфоновой кислоты (ОЭДФК) (<5,0 мг/л), оксиэтилендифосфоновой кислоты (<0,6 мг/л), цинковый комплексонат ОЭДФК, реагенты на основе силиката натрия. Для воды с высокой коррозионной активностью применение силикатной обработки имеет ограничения.

Для оценки вероятности протекания коррозии и образования отложений карбоната кальция (наиболее характерно в Новомосковском районе) необходимо использовать индекс стабильности Ланжелье (LSI) [7]. Индексы стабильности Ланжелье и Ризнера позволяют выбрать из выше указанных наиболее подходящую для Новомосковских условий обработку воды в системе ГВС.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
2. СанПиН 4723-88 «Санитарные правила устройства и эксплуатации систем централизованного горячего водоснабжения».
3. РД 34.37.506-88 «Методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей».
4. Жесткость воды. Соли жесткости. - <https://rapresol.ru/hardness/>
5. Иванов М. Водоподготовка в системах ГВС//Аква-Терм.–2008.– №2(42). - https://aqua-therm.ru/articles/articles_75.html
6. Зайцев Н.А., Золотарева В.Е. Водные режимы при работе энергетических установок. Курс лекций / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2018. – 68 с.
7. Индекс стабильности Ланжелье (LSI) и индекс стабильности Ризнера. Практическое применение. - <https://antiskalanty.ru/index.php/materialy-po-vodopodgotovke/indeks-stabilnosti-lanzhele-lsi-i-indeks-stabilnosti-riznera-prakticheskoe-primeneni>

УДК 697.326

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

ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОНДЕНСАЦИОННЫЕ КОТЛЫ: ЭРГОНОМИЧНО И ЭКОНОМИЧНО

На европейском рынке энергетики все большее значение приобретают технологии, позволяющие экономить топливо и беречь окружающую среду. Такой технологией в отоплении по праву признается конденсация. Конденсационные котлы для систем отопления активно

занимают рынок, имея с каждым днем все большее количество последователей среди проектировщиков, строительных компаний и монтажников. В Западной Европе установка традиционных котлов мощностью до 400 кВт запрещена законодательно, из-за низкой энергоэффективности.

Конденсационные котлы сегодня набирают популярность и в России. Однако на данный момент самыми востребованными остаются традиционные отопительные котлы. Всем понятно, что по уровню комфорта, экономичности, технологичности – это два разных мира [1].

Конденсационные котлы разрабатывались:

- для работы в низкотемпературном режиме для получения максимальной эффективности и КПД (к примеру, КПД в температурном режиме 50/30 достигнет 100%);

- для работы в высокотемпературных режимах по аналогии с традиционными котлами (только КПД конденсационного котла в температурном режиме 80/60 будет достигать 98%, а лучшей показатель для традиционного 93%).

Столь высокий показатель обусловлен целым рядом факторов: это и низкая температура дымовых газов, и широкая модуляция мощности котла, и энергоэффективные насосы с изменяемой производительностью. Материал, из которого изготовлены конденсационные котлы – высокотехнологичный сплав, обладающий коррозионной стойкостью, высокой теплопроводностью и малым весом [2].

В конденсационных котлах теплообменник и горелка принципиально отличаются от традиционных. Теплообменник такого котла имеет очень развитую поверхность теплообмена, которая обеспечивает глубокое охлаждение дымовых газов вплоть до выделения (конденсации) из них воды. Инновация состоит в том, что теплообменник имеет более сложную форму, большую площадь теплообмена при своих меньших габаритах в сравнении с аналогичным элементом традиционного котла. При этом теплообменник способен работать в широком диапазоне нагрузок и в самых низкотемпературных режимах без риска коррозии.

Инновационность горелки состоит в том, что горение происходит с полным предварительным смешиванием газа и воздуха внутри неё. При этом достигается более широкая модуляция мощности благодаря вентилятору с переменной частотой вращения [3].

В заключение перечислим достоинства и недостатки конденсационного котла, сравнив его с традиционным. Перечень достоинств конденсационного котла внушительен, что в конечном итоге и объясняет его растущую популярность:

- экономия топлива по сравнению с обычным конвекционным котлом может достигать 35%;
- сокращение вредных выбросов при переходе от традиционных газовых моделей к конденсационным оценивается в среднем в 70%.

Конденсационный котел при всех его достоинствах нельзя назвать идеальным, ведь он не лишен и недостатков:

- высокая цена;
- высокая стоимость теплообменника;
- сложность утилизации конденсата.

Литература

1. Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. Электростанции и когенерация.- 2020. - №1.
https://aqua-therm.ru/magazines/atp/atp_620.html
2. Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ.- 2019. - №3
https://aqua-therm.ru/magazines/atp/atp_594.html
3. Александр Гудко. Отопительные котлы: современные решения и рыночные тенденции. Журнал «Сантехника, отопление, кондиционирование»//С.О.К.-2018.-№9.-С. 26-41.

УДК 621.311.22; 621.311.23

Лазарев А.Ю., Бежикина П.А., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА МИНИ-ТЭЦ

В настоящее время одним из наиболее востребованных направлений по-прежнему остается распределенная генерация электрической и тепловой энергии. «Энергетическая стратегия России на период до 2020года» предусматривает сохранение доминирующей роли теплофикационных электростанций и централизованного теплоснабжения. Однако они не обеспечивают расчетной экономии топлива на ТЭЦ и общей эффективности централизованного обеспечения потребителей электроэнергией и теплотой. Это связано, в основном, с тем, что КПД новых современных котлоагрегатов для промышленных и отопительных котельных повышен до уровня КПД энергетических котлов ТЭЦ. При этом, потери теплоты при транспортировке теплоносителя на дальние расстояния в среднем по России составляют от 15 до 25 %. Кроме того, значительный физический и моральный износ, как теплоэнергетического оборудования ТЭЦ, так и распределительных и внут-

риквартильных тепловых сетей, приводит к нарушению качества теплоснабжения от ТЭЦ и способствует сокращению экономии топлива от комбинированной выработки электрической и тепловой энергии [1].

Из-за этих и многих других факторов (структура собственности, стоимость тепловой энергии), возрастает доля децентрализованного обеспечения потребителей электрической и тепловой энергией.

Энергетическая авария в 2005 году в Москве всколыхнула проблему надежности энергоснабжения. Многие социально значимые объекты здравоохранения, транспорта, ЖКХ оказались не готовыми к перебоим централизованного энергоснабжения. Промышленные предприятия также понесли значительные убытки. Не удалось избежать и серьезного экологического ущерба. В этой связи резко возрос интерес к мини-ТЭЦ, и в первую очередь на базе газопоршневых двигателей [2].

Основными достоинствами мини-ТЭЦ являются:

- 1) невысокие потери при транспортировке энергоносителей;
- 2) автономность функционирования и возможность продажи в энергосистему излишков электрической и тепловой энергии;
- 3) низкая себестоимость энергии (в 2÷2,3 раза меньше, чем при централизованных);
- 4) повышение надежности энергоснабжения;
- 5) невысокий расход топлива; большой моторесурс и долговечность; мобильность.

В настоящее время на мини-ТЭЦ широко применяется следующее оборудование:

- газотурбинные установки (ГТУ-ТЭЦ);
- установки на базе двигателей внутреннего сгорания: дизельные, газодизельные и газопоршневые мини-ТЭЦ;
- малые паротурбинные установки (ПТУ-ТЭЦ), а также установки на базе паровых роторных объёмных машин (ПРОМ) и паровинтовых машин (ПВМ):
- газовые микротурбины для комбинированного производства электроэнергии и теплоты (микро-ТЭЦ) [1].

По оценкам специалистов в стране функционирует более 200 современных когенерационных мини-ТЭЦ. Приходится признать, что предпочтение отдаётся высокотехнологичной западной технике, по ряду характеристик превосходящей отечественные разработки, однако отечественная техника значительно дешевле, и, самое главное, неприхотлива в техническом обслуживании.

Мини-ТЭЦ – продукт интеграции технологий нескольких десятков производителей (двигатели, генераторы, теплообменники, насосы,

котлы, горелки, электрооборудование, автоматика и т.п.). Сборочные производства в стране с использованием импортных и отечественных комплектующих могут обеспечить мировой уровень качества при существенно меньших издержках на производство и техническое обслуживание установок [2].

Литература

1. Приложение №3 к программе «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020 года» Анализ мирового опыта развития передовых технологий в теплоэнергетике.
<http://www.lib.knigi-x.ru/23raznoe/409203-1-prilozhenie-programme-modernizaciya-elektroenergetiki-rossii-period-2020-goda-analiz-mirovogo-opita-razvit.php>
2. Наумов А.Л. МИНИ-ТЭЦ - очередной бум или объективная потребность отечественной энергетики //АВОК.-2005.-№7.-С.22-29.
https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3015

УДК 621.311.238

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ГАЗОТУРБИННЫЕ МИНИ-ТЭЦ (ГТУ-ТЭЦ)

Газотурбинные мини-ТЭЦ выпускаются в виде модулей полной заводской готовности для стационарного размещения или в блочно-контейнерном исполнении. Спектр ГТУ-ТЭЦ достаточно широк и лежит в диапазоне от 2,5 до 25 МВт по электрической мощности и от 1,5 до 27 Гкал/час по тепловой мощности (при температуре уходящих дымовых газов 100÷115°C). Установка газотурбинных мини-ТЭЦ наиболее выгодна на промышленных предприятиях, которые имеют электрические и тепловые нагрузки более 10÷15 МВт и подвод газа высокого давления [1].

На рис. 1 показана принципиальная тепловая схема газотурбинной мини-ТЭЦ. Воздух, сжатый в компрессоре (1), и газ из дожимающего компрессора (5) под давлением 1,5÷2,5 МПа подаются в камеру сгорания (4), где осуществляется сжигание газа.

В процессе сжигания газа образуются продукты сгорания (дымовые газы), которые направляются в газовую турбину (2). Проходя через турбину, дымовые газы расширяются и передают свою энергию генератору (3). Генератор газовой турбины вырабатывает электроэнергию. После газовой турбины, для теплоснабжения потребителей предусматривается установка газоводяного теплообменника-утилизатора

или парового котла-утилизатора (6). Температура дымовых газов на входе в теплообменник $420\div 500^{\circ}\text{C}$. Примерно 40% энергии от сгорания газа приходится на выработку электроэнергии, остальные 60% на производство теплоты. Общий коэффициент использования теплоты достигает $75\div 85\%$ [2].

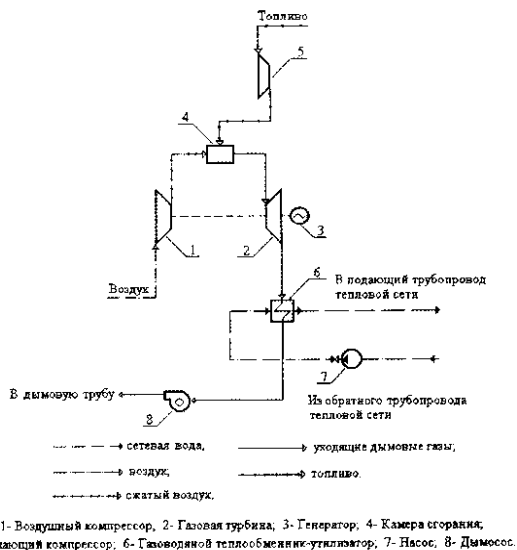


Рис.1 Принципиальная тепловая схема газотурбинной мини-ТЭЦ.

Существуют три режима работы ГТУ-ТЭЦ:

- автономный;
- параллельный с внешней электрической сетью, где пиковые электрические нагрузки покрываются за счет отбора электроэнергии из внешней сети;
- синхронный с внешней электрической сетью (избыточное количество электроэнергии передается во внешнюю электрическую сеть).

К достоинствам ПГУ-ТЭЦ относятся: способность работать на различных видах топлива; длительность эксплуатации оборудования; малые выбросы вредных веществ в окружающую среду ($\text{NO}_x=25\div 50\text{ppm}$, $\text{CO}=60\div 75\text{ppm}$); высокое значение отношения отпущенной теплоты к производимой электроэнергии $1,7\div 2,1$; возможность производства пара в котлах-утилизаторах [2].

Литература

1. Приложение №3 к программе «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020 года» Анализ мирового опыта развития передовых технологий в теплоэнергетике.
<http://www.lib.knigi-x.ru/23raznoe/409203-1-prilozhenie-programme-modernizaciya-elektroenergetiki-rossii-period-2020-goda-analiz-mirovogo-opita-razvit.php>
2. Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. Электростанции и когенерация.- 2020. №1.
https://aqua-therm.ru/magazines/atp/atp_620.html

УДК 621.311.23

Лазарев А.Ю., Рыжих С.М., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МИНИ-ТЭЦ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (ДВС)

На российском рынке представлены мини-ТЭЦ на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) электрической мощностью от 9 кВт до 3,9 МВт и тепловой мощностью 0,02 до 3,6 Гкал/час. Основными производителями оборудования в России являются: ОАО «Звезда-Энергетика», ОАО «РУМО» ОАО ХК «Барнаултрансмаш» ОАО «Волжский дизель им. Маминых», ОАО «Эконепфтегаз» [1].

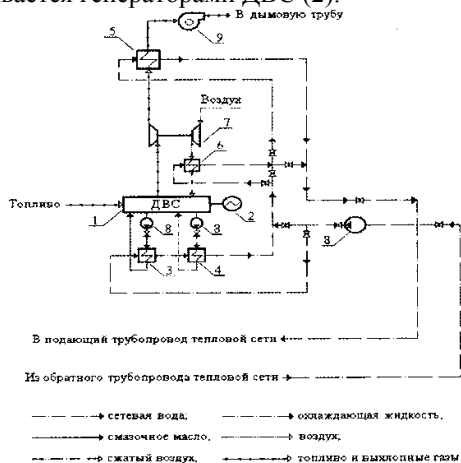
Применяют мини-ТЭЦ на базе ДВС в качестве основного источника электроэнергии и теплоты на объектах жилищно-коммунального хозяйства (с суммарными нагрузками 0,3÷15 МВт). Кроме того, их целесообразно использовать в качестве пикового или резервного источника энергоснабжения на промышленных предприятиях с переменными электрическими нагрузками.

Кроме дизельных двигателей внутреннего сгорания часто используют газовые или газопоршневые (работают только на одном газовом топливе) и газодизельные ДВС (работают на смеси газа и 3-10% дизельного топлива) [1].

По капитальным затратам самыми дешёвыми являются дизельные мини-ТЭЦ, однако из-за дороговизны дизельного топлива и большого расхода масла себестоимость вырабатываемой ими электроэнергии в несколько раз выше, чем у газовых.

На рис. 1 показана принципиальная тепловая схема мини-ТЭЦ на базе ДВС, работающая по циклу Отто. В ней по ходу движения выхлопных газов после ДВС, устанавливаются теплообменники утилиза-

торы (3, 4, 6). В этих аппаратах, для теплоснабжения потребителей используется теплота выхлопных газов после ДВС, теплота охлаждающей воды из «рубашки» корпуса ДВС, теплота смазочного масла, а для мини-ТЭЦ с турбонаддувом – теплота сжатого воздуха. Электроэнергия вырабатывается генераторами ДВС (2).



1- Двигатель внутреннего сгорания (ДВС); 2- Генератор; 3- Теплообменник-утилизатор теплоты смазочного масла; 4- Теплообменник-утилизатор теплоты охлаждающей жидкости после ДВС; 5- Теплообменник-утилизатор теплоты выхлопных газов после ДВС; 6- Теплообменник для охлаждения сжатого воздуха; 7- Турбонаддувка; 8- Насос; 9- Дымосос

Рис.1 Принципиальная тепловая схема мини-ТЭЦ на базе ДВС.

Электрическая энергия от генераторов ДВС может производиться с напряжением 0,4 или 6 (10) кВ. Тепловая энергия от мини-ТЭЦ отпускается в виде нагретой воды с температурой $90 \div 105^{\circ}\text{C}$ [2].

Расчеты показывают, что с 1 МВт электрической мощности получается до 1,5 МВт тепловой мощности, из них:

- 45÷50% от утилизации теплоты уходящих газов;
- 44÷34% от использования теплоты охлаждающей воды из «рубашки» корпуса ДВС;
- 6÷8% от утилизации теплоты наддувного (сжатого) воздуха;
- 3÷5% от использования теплоты смазочного масла.

Общий коэффициент полезного действия для этих мини-ТЭЦ достигает $82 \div 89\%$ [2].

Литература

1. Приложение №3 к программе «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020 года» Анализ мирового опыта развития передовых технологий в теплоэнергетике.

<http://www.lib.knigi-x.ru/23raznoe/409203-1-prilozhenie-programme-modernizaciya-elektroenergetiki-rossii-period-2020-goda-analiz-mirovogo-opita-razvit.php>

2. Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. Электростанции и когенерация.- 2020. №1.

https://aqua-therm.ru/magazines/atp/atp_620.html

УДК 621.14.351

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

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АППАРАТА В СИСТЕМЕ ГВС

В теплоэнергетике остаётся актуальной проблема повышения надёжности и экономичности работы теплообменного оборудования. Это приводит к необходимости разработки и внедрению методов и устройств по очистке поверхностей теплообмена и предотвращению образования отложений минеральных солей. Безреагентные способы 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 результате магнитной обработки воды вместо прикипевшего котельного шлама образуется мелкокристаллический легко удаляемый шлам. Обычно вода сохраняет свои свойства от 10 часов до 4 суток после магнитной обработки. 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 621.18:543.06

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

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

РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОГО ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

Электродеионизация – процесс, совмещающий в себе преимущества электродиализа и ионного обмена. Этот процесс разработан для проведения глубокого обессоливания воды и использования как альтернативы ионообменным фильтрам смешанного действия. Сущность процесса заключается в том, что в ячейки электродиализного аппарата с очищаемой исходной водой помещают смесь зёрен катионита и анионита для увеличения глубины обессоливания. Катионы и анионы солей будут сорбироваться зёрнами ионитов, обмениваясь на ионы H^+ и OH^- , которые и обеспечивают электрический ток.

В электрическом поле происходит диссоциация молекул воды на ионы H^+ и OH^- . Присутствие в воде этих ионов вызывает на катионите обмен ионов H^+ на катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , а на анионите ионы OH^- обмениваются на анионы Cl^- и SO_4^{2-} . Переходящие в раствор ионы солей, двигаясь в электрическом поле, переходят в камеры рассола, как в случае «классического» электродиализа. Таким образом, при электродеионизации эффект обессоливания достигается благодаря ионному обмену, происходящему в камерах электродиализного аппарата. Благодаря процессу электродиализа происходит и регенерация ионитов образующимися за счёт диссоциации воды ионами H^+ и OH^- . Диссоциация воды происходит при недостатке ионов в растворе (при низкой концентрации ионов солей в дилуате).

Из-за недостатка ионов солей, переносящих заряд, ток переносится ионами H^+ и OH^- , что вызывает дополнительную диссоциацию молекул воды. При глубоком обессоливании в аппаратах электродеионизации ток переносится с помощью ионов солей, содержащихся в воде, и ионов H^+ и OH^- , образующихся при диссоциации воды. Ионы H^+ и OH^- , переносимые под действием приложенного напряжения, вызывают электрохимическую регенерацию ионитов. Таким образом, электроэнергия лишь частично используется на перенос солей (обессоливание воды), а в основном – на перенос ионов H^+ и OH^- .

Процесс непрерывной электродеионизации включает три составляющие, протекающие одновременно:

- ионный обмен, при котором растворенные в исходной воде ионы, проходя через слои ионообменных смол, сорбируются на зернах катионита и анионита;
- непрерывный отвод ионов через слои ионитов и ионселективные мембраны в зону концентрата;
- непрерывная регенерация ионита ионами водорода и гидроксид-иона, полученными в результате электролиза молекул воды под воздействием постоянного тока.

Таким образом, процесс электродеионизации базируется на ионообменных реакциях обессоливания воды с применением ионитов, электрохимических реакциях регенерации и выводе удалённых примесей из воды через селективные мембраны.

УДК 621.18:543.06

Герасимов В.Ю., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.

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

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МЕМБРАННОЙ ДЕГАЗАЦИИ ВОДЫ

Основным профилактическим мероприятием, предотвращающим коррозию внутренних поверхностей теплоэнергетического оборудования и трубопроводов, является дегазация. Процесс глубокой дегазации воды довольно сложно организуем технологически.

Для дегазации жидкостей в последние годы всё шире используются мембранные технологии. *Мембраны с полыми волокнами* обеспечивают очень большую поверхность раздела фаз для массопереноса и играют роль барьера для воды. Особенностью использования таких полволоконных мембран является их *гидрофобность*, что позволяет проникать через их поверхность только газовой фазе, так как вода не смачивает поверхность пор мембраны и не проходит через них. Дегазируемая вода омывает мембранные волокна снаружи противотоком к подаче газа-носителя (например, воздуха) внутри волокон.

Существуют три способа организации процесса мембранной дегазации воды: с воздухом, подающимся внутрь мембранных волокон, при удалении неравновесной углекислоты; создание вакуума внутри волокон при удалении всех растворённых газов; смешанный (комбинированный) способ при необходимости снижения концентраций CO_2 и O_2 , при котором с одной стороны в волокна подаётся инертный газ-

носитель или воздух, а с другой - поддерживается вакуум с помощью водокольцевого вакуум-насоса.

Для наибольшей плотности упаковки мембран используются *модули* с полволоконными микропористыми мембранами. Процесс дегазации реализуется в *мембранном контакторе* с конструкцией в виде модуля с полыми волокнами. Установки мембранной дегазации собираются из мембранных модулей (контакторов), имеющих площадь мембран от 0,18 до 220 м². Производительность единичных модулей варьирует в пределах 30 л/ч – 90 м³/ч. Изменяя проток воды через модули и глубину вакуума (или скорость продува инертным газом или воздухом) можно регулировать остаточную концентрацию растворённых газов в воде. Преимущества мембранных дегазаторов: использование модулей позволяет изменять производительность установки и степень извлечения газа; небольшие эксплуатационные затраты; компактность и небольшой вес; простота монтажа и эксплуатации; отсутствие прямого контакта фаз; экологичность.

Технология мембранной дегазации воды широко применяется за рубежом. В нашей стране она также начинает быстро развиваться в энергетике, электронной, медицинской и химической промышленности.

УДК 536.1

Рыжих С.М., Бежикина П.А., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Сам термин «энергия» в современном понимании появился лишь в начале XIX века; он был введен в механику взамен понятия «живая сила» Томасом Юнгом. Превращения энергии и ее сохранение были открыты не физиком, а врачом Робертом Майером. [1]

В 1840 г. Р. Майер в качестве корабельного врача отправился на остров Ява. В его дневнике сохранились две записи. В одной он записал, что во время бури вода в океане нагревается. Вторая запись относится к тому, что венозная кровь у матросов не была темной, как это привык видеть европейский врач, кровь была ярко-красной. Майер придумал этому неожиданное объяснение [1]: человек похож на тепловую машину. Тепло, которое выделяется в его теле, возникает в результате сгорания пищевых продуктов. Животное тепло, о котором говорили и писали ученые, по сути дела, ничем не отличается от любого другого тепла: его производство требует топлива. Сгоревшие остатки - углекислый газ - кровь «отвозит» обратно в легкие. Кровь, напол-

няясь «дымом», сгоревшими продуктами, темнеет. В жарком климате тепла требуется мало, топлива расходуется меньше, сгорание происходит не столь интенсивно и кровь почти не темнеет. [1]

Современное понимание глубокой связи биологии и физики имеет свое начало в открытии Р. Майера. Судьба Р. Майера была тяжелой. Лишь в последние несколько лет перед смертью (1878 г.) он получил признание. В те же годы, когда Майер тщетно пытался убедить ученый мир в правильности своих идей о превращении энергии в тепло, в Англии похожие мысли развивал Джеймс Прескотт Джоуль. Первая работа Д.П. Джоуля относится к 1841 г. [2]

Она была посвящена исследованию выделения тепла в проводниках с током. Свою уверенность в природе теплоты Д.П. Джоуль подкрепил опытами и так же, как и Р. Майер, определил механический эквивалент теплоты. Такие опыты Д.П. Джоуль производил в течении многих лет. Все опыты доказали, что теплота возникает в результате работы. Тем самым было показано, что теория неуничтожаемого теплорода не верна и должна быть забыта. В 1847 г. идеи «о сохранении силы» (т.е. энергии) получили своё развитие в работах Германа Людвига Фердинанда Гельмгольца [2].

Так в сороковых годах XIX века в результате работ многих естествоиспытателей был сформулирован самый «главный закон природы» - закон сохранения энергии, который называют ещё и первым началом термодинамики. В утверждение, что энергия не возникает из ничего, что нельзя построить вечный двигатель, можно было поверить. Трудно было понять, что энергия не может исчезать [1].

Объяснение закона сохранения энергии и принципа Сади Карно было завершено Рудольфом Клаузиусом. Его работа была опубликована в 1850 г. Поггендорфом. Р. Клаузиус первый заговорил об эквивалентности тепла и работы как о первом начале теории тепла и написал уравнение, которого не хватало С. Карно. Для этого надо было, прежде всего, сказать простую вещь: *всякое тело имеет внутреннюю энергию, которую можно увеличивать двумя путями – производя над телом работу и подводя к телу теплоту*. Энергия тела увеличивается, когда какие-либо внешние силы производят над этим телом работу. Это утверждение можно записать так: $\Delta U = \Delta A$, понимая под ΔA работу сжатия пружины, а под ΔU – увеличение её потенциальной энергии. Но энергию пружины можно увеличить не только сжатием, но и нагреванием. Подводя к какой-либо системе тепло, мы также увеличиваем её энергию. Сам Р. Клаузиус называл U «теплом, содержащимся в теле», противопоставляя ему Q – «тепло, сообщённое телу». Сейчас U называют внутренней энергией, а ΔU есть её приращение [2].



Рис. 1 – Т. Юнг, Р. Майер, Д.П. Джоуль, Г. Гельмгольц, Р. Клаузиус.

Внутреннюю энергию тела U можно изменить, как подводя теплоту, так совершая работу, но эти вклады обезличиваются, превратившись в единую физическую величину – энергию U . Не существует величины, которую можно было бы назвать теплотой тела Q , как нет внутри тела величины, которую можно назвать работой A [2].

Литература

1. Смородинский Я. А. Температура. - М.: ТЕРРА-Книжный клуб, 2008. - 224 с.
2. Великие люди: Со статьей проф. Э.Бауэра - Перевел со 2-го немецкого издания Г. Кваша. Вятка. 1910.

УДК 536.7

Конов П.А., Шлей Е.В., Золотарева В.Е., Зайцев Н.А., Головина З.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им Д.И.Менделеева)

ЦИКЛ КАРНО

18 век запомнился человечеству, как век паровых машин. Развитие фундаментальных наук (математика, физика) способствовали открытиям новых законов и пересмотру существующих. Настоящий переворот совершил паровой двигатель. В 1769 году француз Никола Жозеф Кюньо испытал первый образец полноценной машины с паровым двигателем. Паровой двигатель положил начало промышленной революции. Всем стало ясно, что будущее за паровой тягой. Активно изучалось явление теплоты. В конце 17 века, во Франции, почти перед началом промышленной революции, родился человек, благодаря которому, работает большинство двигателей, известных сегодня. Его звали Никола Леонар Сади Карно [1,3].

С. Карно родился 1 июня 1796 года в Париже в семье крупного учёного, политического деятеля и военачальника. Детство и юность Сади и его брата Ипполита совпали с периодом активных французских революций, что отложило отпечаток на их будущее. Отец очень сильно влиял на сыновей. Начальное образование Сади получил благодаря

отцу, а также посещая лицей Карла Великого. После окончания лицея юноша поступил в Политехническую школу, которую окончил 12 октября 1814 года и был направлен в Мец, где он и продолжил своё образование, завершившееся в 1816 году. Получив звание лейтенанта, С. Карно приступает к службе в инженерном полку. Спустя 3 года, в 1819 году Сади Карно успешно сдал вступительный конкурсный экзамен и был зачислен в Главный штаб Инженерного корпуса В Париже. Сади Никола Леонар Карно умер в возрасте 36 лет 4 августа 1832 года в Париже от эпидемии холеры. В соответствии с тогдашними законами все его личные вещи и наработки были уничтожены. Особенной потерей стало уничтожение личного дневника Сади. [3,5]

12 июня 1824 года был издан главный труд молодого военного инженера, дошедший до нас, «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развить эту силу». Эта работа, официально представленная Академии наук, получила положительную рецензию, в которой рассматривалась возможность применять наработки С.К. Карно на практическом уровне. В этой книге автор, исходя из невозможности создания вечного двигателя, впервые предположил, что причиной преобразования теплоты в работу тепловой машины является разница температур нагревателя и холодильника. При этом природа рабочего тела не играет никакой роли. Таким образом, полезную работу можно получить только в случае передачи теплоты от более нагретого тела к более холодному. [2,3,5]

Возьмём идеальную тепловую машину с температурой T_n , холодильник с температурой T_x и рабочее тело. Цикл Карно делится на четыре обратимые стадии, две из которых выполняются при постоянной температуре (изотермически), а две — при постоянной энтропии (адиабатически). В связи с этим удобнее представить данный цикл в координатах T (температура) и s (энтропия). Он будет прямоугольником, стороны которого перпендикулярны координатным осям.

1 Изотермическое расширение. Сначала, рабочее тело имеет температуру T_n . Затем тело контактирует с нагревателем, который изотермически, т.е. при постоянной температуре передаёт ему количество теплоты Q_n . Объём рабочего тела начинает увеличиваться, оно совершает механическую работу и возрастает его энтропия.

2. Адиабатическое расширение. Рабочее тело больше не контактирует с нагревателем, но также расширяется, не обмениваясь теплом с окружающей средой. Температура тела падает до T_x , совершается механическая работа, а энтропия остаётся неизменной.

3. Изотермическое сжатие. Рабочее тело, имеющее температуру T_x , контактирует с холодильником и изотермически сжимается под дейст-

вием внешней силы. Холодильнику передаётся количество теплоты Q_x . Над телом совершается работа, его энтропия уменьшается.

4. Адиабатическое сжатие Рабочее тело не контактирует с холодильником и сжимается под действием внешней силы без теплообмена с окружающей средой. При этом его температура увеличивается до T_n нагревателя, над телом совершается работа, его энтропия остаётся постоянной. [1,2,4]

Количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя при изотермическом расширении, равняется произведению температуры нагревателя на изменение энтропии рабочего тела. Аналогично, при изотермическом сжатии, количество теплоты, отданное холодильнику, равняется произведению температуры холодильника на изменение энтропии рабочего тела. Из этих уравнений следует, что коэффициент полезного действия тепловой машины Карно равен, разности количества теплоты нагревателя и холодильника, деленное на количество теплоты нагревателя или разности температур нагревателя и холодильника, деленных на температуру нагревателя. [1-4]

Цикл Карно – идеальный тепловой процесс. В современных условиях он является эталонным, хотя и не достижимым. Т.е., идеальный цикл Карно - это перпетум мобиле или же вечный двигатель второго рода. Вечным двигателем первого рода считается устройство, нарушающее первый закон термодинамики, или же закон сохранения энергии, второго рода – устройство, нарушающее второй закон термодинамики. Основным смыслом цикла Карно сводится к тому, что благодаря ему можно приемлемо точно определить КПД машины как прямого, так и обратного действия. [1,4,5]

С. Карно является одним из немногих людей, про которых говорят «обогнал своё время». Он один из первых начал опровергать теорию о теплороде и изучать термодинамические процессы с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Эта теория не могла объяснить всех аспектов термодинамики на тот момент, но она стала прорывной, и благодаря ей термодинамика стала такой, какой мы знаем её сейчас.

Литература

1. Техническая термодинамика и теплотехника / Под ред. А. А. Захаровой. — М.: Академия, 2008. — 272 с
2. Бэр Г. Д. Техническая термодинамика. — М.: Мир, 1977. — 519 с.
3. Кинан Дж. Термодинамика / под ред. М. П. Вукаловича. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 280 с.
4. Николаев Г. П., Лойко А. Э. Техническая термодинамика. — Екатеринбург: УрФУ, 2013. — 227 с.

5. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, т.2. - 544 с.

УДК 536.7

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Золотарева В.Е., Головина З.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ЦИКЛ РЕНКИНА

Несмотря на то, что технологический прогресс идет очень быстро, часто можно увидеть ситуации, когда на современных установках используются принципы, которые были открыты еще в прошлых столетиях. Например, цикл Ренкина, который был изобретен в 19-м веке, применяется при работе паровых турбин и сейчас.

Цикл Ренкина был открыт шотландским физиком и инженером Ренкиным Уильямом Джоном, жившим и работавшим в позапрошлом столетии. Изобретение назвали в честь этого великого ученого, который также был одним из основателей технической термодинамики. Ренкин У.Дж. родился в 1820 году в городе Эдинбург, где проучился три года в институте. Однако закончить это заведение ученому не удалось из-за трудного материального положения. Но это не помешало одаренному физическому осуществить ряд важных открытий, среди которых построение теории паровой машины и разработка основных принципов, которые легли в основу работы данного агрегата. Эти положения и составляют процесс, которому дали название в честь ученого, – цикл Ренкина [1].

Цикл Ренкина состоит из четырех основных процессов:

- 4-1 - испарения жидкости при высоком давлении;
- 1-2 - расширения пара;
- 2-3 - конденсации пара;
- 3-4 - увеличения давления жидкости до начального значения.

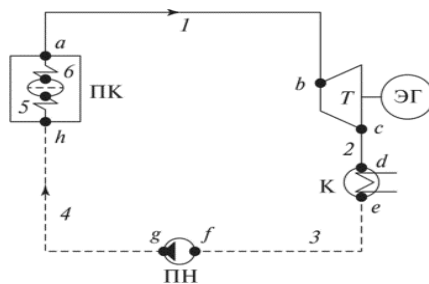


Рисунок 1 - Технологическая схема паросиловой установки

На рис.1 представлена технологическая схема паросиловой установки для производства электроэнергии. Пар высоких параметров подается в сопловые аппараты турбины, где происходит превращение потенциальной энергии пара в кинетическую энергию потока пара (скорость потока – сверхзвуковая). Кинетическая энергия сверхзвукового потока превращается на лопатках турбины в механическую энергию вращения ротора турбины с производством электроэнергии.

Рассмотрим цикл Ренкина на трех термодинамических диаграммах $p-v$, $T-s$, $h-s$.

Нумерация точек совпадает с нумерацией на рис.1. Процесс 1-2 – расширение пара в соплах турбины; 2-3 – процесс конденсации пара в конденсаторе; 3-4 – процесс повышения давления воды питательным насосом; 4-5 – процесс нагрева воды и начало ее кипения; 5-6 – процесс парообразования; 6-1 – процесс перегрева пара. Процессы 4-1 происходят в элементах парового котла.

Заштрихованы те области диаграмм, площадь которых численно равна теплоте и работе за цикл, причем теплота равна работе [2].

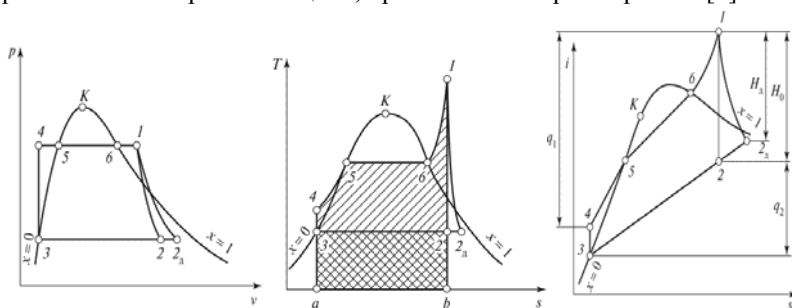


Рисунок 2 - Цикл Ренкина на термодинамических диаграммах.

Из технологической схемы на рис.1 и диаграммы $T-s$ на рис.2 следует, что теплота подводится к рабочему телу в процессах 4-5-6-1 у которых $ds > 0$. Эти процессы характеризуются постоянством давления $p_1 = \text{const}$. Поэтому подводимая в цикле Ренкина теплота равна $q_{подв} = q_1 = h_1 - h_4$, кДж/кг. Теплота, отводится от рабочего тела в процессе 2-3 ($ds < 0$), который характеризуется постоянством давления $p_2 = \text{const}$. Поэтому $q_{отв} = q_2 = h_2 - h_3$, кДж/кг. Разность между подведенной и отведенной теплотой представляет собой теплоту цикла, преобразованную в работу.

Термический коэффициент полезного действия цикла Ренкина равен $\eta_i = (q_1 - q_2)/q_1$. Он имеет значение, меньшее по сравнению с циклом Карно при аналогичных параметрах. Однако в реальных условиях осуществления цикла Ренкина его экономичность выше экономичности соответствующего цикла Карно.

Литература

1. Физики: Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера. - М.: Наука, 1983. - 400 с.
2. Мазур Л.С. Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник. - М.: ГЭОТАР - МЕД, 2003. – 352 с.

УДК 379.8

Лазарев А.Ю., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОДНОГО ИЗ ОСНОВАТЕЛЕЙ
КАФЕДРЫ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»,
ДОЦЕНТА, КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
КОНСТАНТИНА ЛЕОНИДОВИЧА НАРКЕВИЧА**

23 декабря 2019 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Наркевича Константина Леонидовича, к.т.н., доцент, одного из основателей кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Новомосковского института (филиала) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

В 1939 г. К.Л. Наркевич поступил в Ленинградское Высшее военно-морское ордена Ленина инженерное училище. С началом Великой Отечественной Войны и до снятия блокады входил в состав истребительского батальона курсантов. В 1944 году перед выпуском из училища проходил практику на Черноморском флоте, участвовал в боевом походе на подводной лодке, награждён орденом Красной Звезды. После окончания училища в 1944 г. до окончания войны служил механиком в бригаде тральщиков Краснознаменного Балтийского флота.

После окончания войны Константин Леонидович продолжил службу на Тихоокеанском флоте, исполнял обязанности зам. коменданта г. Порт–Артура, а затем - на Северном флоте механиком бригады подводных лодок, базировавшихся на Новой Земле. Принимал участие в испытании первой в СССР водородной бомбы на о. Новая Земля. Имеет 14 боевых наград.



Затем К.Д. Наркевич закончил Военно–морскую академию в г. Ленинграде, где и защитил кандидатскую диссертацию по тематике, связанной с оптимизацией работы дизельных двигателей надводных и подводных судов.



После увольнения в запас в звании «Капитан второго ранга», с 1964 г. - доцент кафедры «Процессы и аппараты химических производств» Новомосковского филиала Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева (НФ МХТИ). С 1976 г. (со дня основания) - доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», бессменно читал курсы «Техническая термодинамика» для студентов специальности «Промышленная теплоэнергетика» и «Теплотехника» для студентов - механиков. Более десяти лет являлся председателем Совета ветеранов труда и Великой Отечественной войны нашего вуза.

Наркевич Константин Леонидович ушёл из жизни в ноябре 1997 г., оставшись в нашей памяти примером настоящего офицера и Человека с большой буквы.

УДК 379.8

Глазков К.В., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**75 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОСНОВАТЕЛЯ И ПЕРВОГО ЗА-
ВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛО-
ЭНЕРГЕТИКА», ДОЦЕНТА, КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК АНДРОСОВА ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА**

Первый заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» (ПТЭ) Андросов Владимир Иванович родился 7 декабря 1944 г.

После окончания Новомосковского филиала Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева (НФ МХТИ) по специальности «Технология основного органического синтеза» В.И. Андросов был принят на работу ассистентом на кафедру «Аналитическая химия». В годы студенчества его привлекали научные исследования Д.И. Менделеева, М.С Вревского по теории растворов. Талантливого юношу заметил заведующий кафедрой физической и коллоидной химии доц. Кондратьев В.П., научные интересы которого были связаны со свойствами растворов при высоких температурах и давлениях. Приступив к преподавательской работе, Андросов В.И. закончил аспирантуру МХТИ им Д.И. Менделеева, успешно защитил кандидатскую диссертацию. В 1975 г. решением Ученого Совета НФ МХТИ Владимир Иванович возглавил предметную комиссию «Общая химическая технология».



В 1976 году в связи с организацией подготовки инженеров по специальности 0308 «Промышленная теплоэнергетика» в НФ МХТИ им Д.И. Менделеева решением Ученого Совета была создана предметная комиссия «Промышленная теплоэнергетика», а В.И. Андросов назначен её председателем.

В 1978 г. ему присвоено ученое звание доцента.

В 1980 г. ПК ПТЭ была преобразована в кафедру ПТЭ, которую и возглавил Андросов В.И. В 1982 г. в связи с необходимостью работы по завершению Андросовым В.И. докторской диссертации он ушел в отпуск. На должность зав. кафедрой ПТЭ был назначен, а затем избран доц., к.т.н. Воспенников В.В. В дальнейшем, до последних дней своей жизни (1998 г.) Андросов В.И. работал доцентом на кафедре ПТЭ.

В память о большой работе по становлению кафедры: учебно-методической, научно-исследовательской деятельности - учебной лаборатории «Технология воды и топлива» присвоено имя основателя кафедры доцента Андросова В.И.

УДК 379.8

Маликова С.А., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Курило Н.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
22 ДЕКАБРЯ - ДЕНЬ ЭНЕРГЕТИКА!

В нашей стране ежегодно вот уже 99 лет 22 декабря отмечается День Энергетика. В этот день в 1920 году в молодой Советской республике на Съезде Советов был принят Государственный план электрификации России – план ГОЭЛРО. Это фактически первый единый государственный план развития народного хозяйства страны. С этого плана началось развитие советской энергетики.

План предусматривал строительство 30 электростанций (2/3 общей мощности на тепловых и 1/3 на - гидроэлектростанциях). Он был рассчитан на 10÷15 лет.

Задания плана ГОЭЛРО по электрификации были успешно выполнены в 10-летний срок - к первой половине 1931 г. А к конечному, 15-летнему сроку - к 1935 г. - план ГОЭЛРО был перевыполнен. Вместо 30 электростанций было построено 43.

В 1935 г. Советский Союз по производству электроэнергии вышел на 3 место в мире!

Новомосковская (Бобриковская, Сталиногорская) ГРЭС была задумана и построена на базе Подмосковского угольного бассейна.

Первая шахта Подмосковского угольного бассейна была заложена в Богородицком районе в первой половине XIX века (в 1844 г.). Перед Октябрьской революцией действовало уже 57 шахт.

По плану ГОЭЛРО намечалось увеличение добычи подмосковского угля за 10 лет в 6÷7 раз, а также строительство трёх электростанций – Каширской, Епифанской и Тульской.

В результате научных исследований использования ископаемых Подмосковского бассейна, было принято решение вместо Епифанской и

Тулской электростанций построить в Бобриках одну крупную ГРЭС, а также было предусмотрено строительство химкомбината, кирпичного, огнеупорного, гипсового, фенольного и других заводов.

Место строительства было выбрано не случайно. Здесь наилучшее залегание углей для их разработки, мощность пластов составляла 2,5÷3,0 м, также сосредоточены залежи красных и огнеупорных глин, большие пласты гипса, необходимые источники воды – Иван-озеро, реки Дон, Шат и его приток р. Любовка.

Комплекс строительства в Бобриках был одним из 18 сверхударных строек первой пятилетки (1928-1933 г.). По капиталовложениям он уступал только Магнитке, а по сложности, размаху и значению для страны превосходил ДнепрогЭС.

В 1928 году был разработан эскизный проект Бобриковской ГРЭС мощностью 300 МВт, а весной 1930 года началось её строительство. Особенность станции состояла в том, что впервые на ней предполагалось установить новое турбинное и электрооборудование оборудование, изготовленное на отечественных предприятиях.

24 августа 1934 года была включена в работу первая паровая турбина мощностью 50 МВт среднего давления. Этот день считается днём рождения Новомосковской ГРЭС.

В 1936 году на станции уже работали 4 турбоагрегата суммарной мощностью 200 МВт.

В январе 1939 года была введена в промышленную эксплуатацию самая мощная в мире паровая турбина на 100 МВт среднего давления пара и 3000 об./мин.

28 марта 1940 года в сеть была включена паровая турбина №6 мощностью 50 МВт. Особенность этой турбины состояла в том, что она кроме электроэнергии отпускала технологический пар и горячую воду для химкомбината.

В 1941 году Сталиногорская ГРЭС достигла проектной мощности 350 МВт, став самой мощной тепловой электростанцией (ТЭС) в СССР и в Европе.

После восстановления станции (январь 1942 г. - 1946 г.) мощность ГРЭС достигла 300 МВт.

26 ноября 1948 года пущена в работу первая в мире паровая турбина высокого давления мощностью 100 МВт на 3000 об./мин.

Мощность Сталиногорской ГРЭС превысила довоенную на 50 МВт и составила 400 МВт.

Станция стала самой крупной ТЭС Советского Союза!

На этой исторической станции студенты нашей кафедры имеют возможность проходить обучение.

НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Эпоха расточительного подхода к энергоресурсам заканчивается в силу их ограниченности и экологических последствий Человечеству все чаще приходится задумываться над развитием и использованием возобновляемых источников энергии, экономном подходе к энергопользованию. В рамках этих тенденций развилось целое направление низкопотенциальной энергетики с большим количеством решений.

Основная идея энергосберегающих решений на базе тепловых насосов заключается том, что на каждый киловатт электрической мощности затраченной на работу установка производит от 3 до 6 киловатт тепловой мощности в зависимости от типа и условий работы.

Тепловой насос представляет собой экономически оправданный и экономичный отопительный прибор, работающий на основе парокомпрессионного цикла. Тепловой насос не генерирует тепло. Принцип работы теплового насоса заключается в переносе тепла и этим он существенно отличается от других видов отопительных приборов. Существует несколько разновидностей тепловых насосов. Они отличаются друг от друга функциональностью и используемым источником тепловой энергии.

Источником низкопотенциальной тепловой энергии может быть тепло как естественного, так и искусственного происхождения. В качестве естественных источников низкопотенциального тепла могут быть использованы: тепло земли (тепло грунта); подземные воды (грунтовые, артезианские, термальные); наружный воздух. В качестве искусственных источников низкопотенциального тепла могут выступать: удаляемый вентиляционный воздух; канализационные стоки (сточные воды); промышленные сбросы; тепло технологических процессов; бытовые тепловыделения.

Тепловые насосы могут быть использованы для различных целей: автономного обогрева и горячего водоснабжения жилых, офисных и производственных помещений, теплоснабжения и горячего водоснабжения индивидуального жилья (коттеджи, дома, дачи), охлаждения, нагрева и поддержания постоянной температуры воды в технологических целях: на заводах, производствах и т.д.

Используя тепловые насосы, Вы не только обеспечите себя теплом зимой и прохладой в летнее время года, но и кардинально сократите

свои затраты на электроэнергию и сделаете серьёзный вклад в сохранение окружающей среды.

УДК 621.311

Писарев М.А., Чернецов Н.А., Логачева В.М.

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

КИНЕТИЧЕСКИЕ НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Одним из эффективных накопителей энергии представляется использование кинетических (в движении) накопителей энергии на базе высокоэнергоемких маховиков. Области их применения могут простираться от небольших автономных источников бесперебойного питания для частных хозяйств до крупных промышленных установок.

Достоинство агрегатов в том, что массивный маховик способен мгновенно преобразовать накопленную кинетическую энергию в электрическую, обеспечивая таким образом оборудование потребителя необходимой мощностью. Система автоматизированного регулирования с датчиками контроля параметров сделает процесс набора скорости безопасным, и в критической ситуации среагирует как на достижение опасной частоты вращения маховика, так и на необходимость мгновенного перехода в режим отдачи накопленной энергии.

Кинетические накопители позволяют решать задачи накопления, временного хранения и последующего преобразования энергии для обеспечения оптимальных режимов питания оборудования даже с крайне нестандартными параметрами. Электромеханический преобразователь такого рода отличается рядом преимуществ. Удельная энергоемкость кинетических накопителей выше чем у конденсаторов, а по удельной отдаваемой в нагрузку мощности (токовой) они опережают как кислотные аккумуляторы, так и топливные элементы.

Кинетические накопители компактны, экологически безопасны, обладают КПД порядка 90%, имеют длительный срок эксплуатации (более 10 лет), просты в обслуживании, а рабочий ресурс практически неограничен, к тому же система охлаждения получается намного дешевле, чем, например, у сверхпроводящих индукционных накопителей. Такой накопитель способен запасать энергию до 100 кВт·ч и обеспечивать кратковременно мощность до 300 кВт.

В условиях российского рынка, кластер из нескольких таких накопителей способен обеспечивать выравнивание суточной неоднородности электрической нагрузки целого региона.

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА И ЕЁ ПРЕИМУЩЕСТВО

Для сварки лазерное излучение фокусируется на поверхности обрабатываемой детали. Сконцентрированная в фокальном пятне световая энергия поглощается материалом и преобразуется в тепловую энергию. Заготовка начинает плавиться в локальной зоне. Мощность лазерного луча при этом должна поддерживаться на таком уровне, чтобы температура материала заготовки была бы ниже температуры испарения. Когда подача лазерной энергии прекращается, расплав застывает, образуя сварное соединение, или сварной шов. Лазерная сварка является типом сварки, который можно использовать для получения точечной сварки или непрерывного шва.

Используются два типа лазерных сварочных процессов: теплопроводности и глубокого проплавления. В случае сварки методом теплопроводности, свариваемые поверхности материалов состыковывают друг с другом. Лазерный луч фокусируется на определенном месте, на стыке поверхностей заготовок. Тепловая энергия, выделившаяся в результате поглощения лазерной энергии, прогревает обе присоединенные части в силу их близости. Оба материала изменяют свое состояние от твердой фазы к жидкой, образуя общий расплав. Когда подача лазерной энергии прекращается, общий расплав затвердевает, образуя сварной шов. Глубина сварки в этом случае, как правило, менее 2 мм. Метод глубокого проплавления характерен для плотностей мощности 106 Вт/см^2 и выше. Высокая плотность мощности приводит к локальному нагреву поверхности материала со скоростью, существенно превышающей скорость отвода теплоты за счет теплопроводности. Начинается локальное испарение материала, а на поверхности сначала формируется лунка, которая при достаточной мощности источника развивается вглубь материала и приводит к образованию глубокого канала, заполненного парами материала. Давление паров материала не дает полости закрыться под действием гидростатических сил окружающего жидкого металла и сил поверхностного натяжения. При этом на передней стенке канала происходит плавление материала, а затем его затвердевание. Наличие канала дает возможность лазерному излучению проникать в материал на некоторую глубину. При этом образуется узкий шов с большим отношением глубины к ширине. Метод глубокого проникновения позволяет достичь глубины сварки более 25 мм.



Рис. 1. Сварочные процессы методом теплопроводности

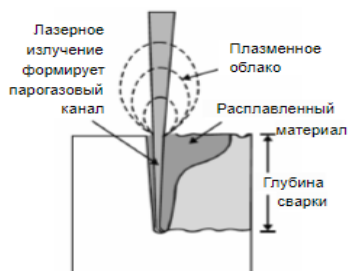


Рис. 2. Сварочные процессы глубокого плавления

Основными преимуществами лазерной сварки по сравнению с традиционными методами, такими как дуговая сварка, дуговая сварка под флюсом, контактная сварка и сварка электронным пучком, являются:

1. Бесконтактный процесс, который устраняет проблемы износа инструмента и избавления от производственных отходов.
2. Может использоваться для широкого диапазона материалов, в том числе металлов, сплавов и пластиков.
3. Легко автоматизируется.
4. Высокая скорость производства, более высокая скорость сварки и высокое качество, что исключает необходимость обработки после сварки.
5. Регулируемая мощность для лучшего соответствия различным материалам.
6. Более высокая безопасность эксплуатации с проверенными системами доставки луча.
7. Возможность одновременной точечной сварки, либо используя раз-

- ные станки, либо станки с системой разделения луча.
8. Более высокая надежность и повторяемость.
 9. Низкое тепловое влияние на материал.
 10. Возможность односторонней двухсторонней сварки.
 11. Облегчает доступ к труднодоступным местам.
 12. Не требует вакуума или магнитного экранирования (как для электроннолучевой сварки) и может использоваться для сварки магнитных материалов [1].

Литература

1. Лазеры: применения и приложения: Учебное пособие / Под ред. А. С. Борейшо/ — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 520 с.

УДК 621.311

Никитин А.П., Логачева В.М.

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

ПЕРЕДАЧА И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ ТРАНСФОРМАТОРА

Трансформатор был изобретён русским учёным Павлом Николаевичем Яблочковым в 1876 году.

Трансформатор – это статическое электромагнитное изделие, предназначенное для трансформирования переменного электрического тока одного напряжения и частоты, в электрический ток другого напряжения и той же частоты.

Трансформатор состоит из расширительного бака, изолятора, сердечника, крышки бака, радиаторов, обмотки низкого и высокого напряжения. Но основные его части – это обмотка и сердечник.

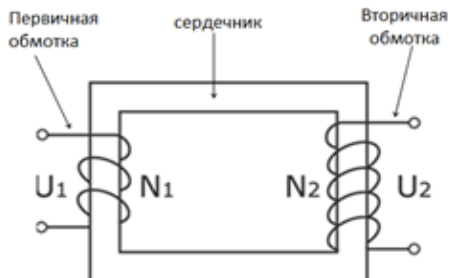


Рис 1. Однофазный трансформатор

Трансформаторы бывают повышающие и понижающие, так как напряжение U_2 определяется по формуле:

$$U_1 / U_2 = N_1 / N_2 \text{ или } U_2 = (N_2 / N_1) * U_1 \quad (1)$$

То:

если $N_2 > N_1$, то $U_2 > U_1$ - значит трансформатор повышающий.

если $N_2 < N_1$, то $U_2 < U_1$ - значит трансформатор понижающий.

Мы уже разобрались, что трансформаторы бывают понижающими и повышающими.

А теперь использование трансформатора.

Используют трансформаторы для того, чтобы передавать электроэнергию с меньшими потерями.

По формулам можно понять, как уменьшить потери Q , уходящие на нагрев проводников.

$$E(\text{потребляемая}) = E(\text{генерируемая}) - Q \quad (2)$$

Из закона Джоуля-Ленца: $Q = I^2 R t$ следует, что уменьшить потери можно при понижении сопротивления R и силы тока I , что более эффективно и легче, так как $R = \check{S} L / S$ (где \check{S} - удельное сопротивление) следовательно, уменьшить R можно при увеличении поперечного сечения S . Но так как медь и алюминий не из дешёвых металлов, это становится экономически невыгодно. Поэтому уменьшение потери Q , надо добиться за счёт уменьшения силы тока I , и при этом надо увеличить во столько же раз напряжение U , (так как $P = UI$).

Передача электроэнергии от электростанции к месту её потребления.

Генераторы вырабатывают напряжения в основном не превышающее 25 киловольт. А такое напряжение просто невозможно передать на дальние расстояния без значительных потерь. Для этого рядом с электростанциями ставят повышающие трансформаторные подстанции, которые увеличивают напряжение до нескольких сотен киловольт, изредка они превышают 750 кв. Такое напряжение передаётся на ЛЭП, а после на понижающие трансформаторные подстанции, где напряжение понижается до 380 или 220 вольт, а потом распределяется по потребителям.

Благодаря созданию трансформатора улучшились экономические факторы, ведь уже не надо делать провода толще и энергии стало теряться меньше и из-за этого электричество стало доступнее и теперь его можно передавать на дальние расстояния, практически без потерь.

Литература

1. Справочник по проектированию подстанций 35-500 кВ. Под общей редакцией С.С. Рокотяна и Я.С. Самойлова 1982 г.

2. Электрические трансформаторы -
<https://eltechbook.ru/transformatory.html>

УДК 621.311

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Логачева В.М
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ИЗЛУЧАТЕЛИ И ПРИЕМНИКИ УЛЬТРАЗВУКА

Ультразвук (УЗ) - это механические колебания и упругие волны высокой частоты. Человеческое ухо воспринимает распространяющиеся в среде упругие волны частотой приблизительно до 16 кГц; колебания с более высокой частотой представляют собой ультразвук (за пределом слышимости). Обычно ультразвуковым диапазоном считают полосу частот от 20 кГц. Верхний предел ультразвуковых частот условно считают равным 10^9 Гц [1].

В разных средах ультразвук ведет себя по-разному. В газах и, в частности, в воздухе распространяется с большим затуханием. Жидкости и твёрдые тела (в особенности монокристаллы) представляют собой, как правило, хорошие проводники ультразвука, затухание в которых значительно меньше. Так, например, в воде затухание ультразвука при прочих равных условиях приблизительно в 1000 раз меньше, чем в воздухе. Поэтому области использования ультразвука относятся почти исключительно к жидкостям и твёрдым телам [2].

В наше время ультразвук широко применяется в медицине, в военных целях, в физике, в обработке металлов и т.д.

Для генерирования ультразвуков применяются механические и электромеханические излучатели. Наибольшее распространение получили электромеханические излучатели, которые могут быть разбиты на две группы: магнестрикционные и пьезоэлектрические. Эти группы различаются не только по принципу действия, но и тем диапазоном частот, в которых они могут применяться.

Магнестрикционные излучатели применяются для генерирования низкочастотных ультразвуков (до 80 кГц). Их действие основано на явлении магнестрикции (Магнестрикция (от магнит и лат. strictio — сжатие, натягивание), изменение формы и размеров тела при намагничивании) в переменном магнитном поле. Простейший излучатель такого типа представляет собой ферромагнитный стержень, являющийся сердечником соленоида, по которому пропускается высокочастотный переменный ток [3].

Пьезоэлектрические излучатели применяются для генерирования ультразвуков с частотами (до 50 МГц). Основным элементом пьезоэлек-

трического излучателя является пластинка из пьезоэлектрика, совершающая вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта вынужденные механические колебания в переменном электрическом поле.

Для регистрации и анализа ультразвуков применяются пьезоэлектрические и магнитоотрицательные датчики - *приёмники ультразвука* [3].

В пьезоэлектрическом датчике используется прямой пьезоэлектрический эффект. Прямой пьезоэффект состоит в том, что при механической деформации указанных выше кристаллов в определенных направлениях на их границах появляются электрические заряды противоположных знаков, что приводит к генерации электрического поля. Это явление обусловлено деформацией элементарных кристаллических ячеек и сдвигом подрешеток относительно друг друга при механическом воздействии на кристалл. В пьезодатчиках под действием регистрируемых ультразвуковых волн в пластинке возникают вынужденные механические колебания (переменная деформация), которые и приводят к генерации переменного электрического поля, соответствующее электрическое напряжение может быть измерено [1].

Магнитоотрицательные датчики основаны на явлении изменения индукции магнитного поля ферромагнитного стержня при его механической деформации. Переменная деформация ферромагнитного стержня, на торец которого действует ультразвуковая волна, вызывает возникновение переменной электродвижущей силы электромагнитной индукции в обмотке катушки, надетой на сердечник.

Литература

1. Справочник по физике для инженерных и студенческих ВУЗов /Б.М. Яворский, А.А. Детлаф / Государственное издательство физико-математической литературы, Москва 1963 г. 847 с
2. Излучатели и приемники ультразвука - <https://refdb.ru/look/1510418.html>
3. Электромеханический излучатель / Большая Энциклопедия Нефти и Газа - <https://www.ngpedia.ru/id47044p1.html>

УДК 621.311

Иванов А.А., Толстых И.В., Логачева В.М.

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

ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ И ЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Самоиндукцией называется явление появления в проводнике электродвижущей силы (ЭДС), направленной в противоположную сторону отно-

сительно напряжения источника питания при протекании тока. При этом оно возникает в момент, когда сила тока в цепи изменяется. Изменяющийся электрический ток порождает изменяющееся магнитное поле, оно в свою очередь наводит ЭДС в проводнике. Самоиндукция присуща индуктивным цепям, поэтому будем рассматривать явление самоиндукции на примере катушки индуктивности. Катушка индуктивности – это элемент, который представляет собой катушку из изолированного проводника. Для увеличения индуктивности увеличивают число витков или внутрь катушки помещают сердечник из магнитомягкого или другого материала. Индуктивность характеризует то, насколько сильно проводник противодействует электрическому току. Так как вокруг каждого проводника, по которому протекает ток, образуется магнитное поле, и, если поместить проводник в переменное поле – в нем возникнет ток. В свою очередь магнитные поля каждого витка катушки складываются. Тогда вокруг катушки, по которой протекает ток, возникнет сильное магнитное поле. При изменении его силы в катушке будет изменяться и магнитный поток вокруг неё. Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, если катушку будет пронизывать переменный магнитный поток, то в ней возникнет ток и ЭДС самоиндукции. Они будут препятствовать току, который протекал в индуктивности от источника питания к нагрузке. Их еще называют экстратоки ЭДС самоиндукции.

Формула ЭДС самоиндукции на индуктивности имеет вид:

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

То есть чем больше индуктивность, и чем больше и быстрее изменился ток – тем сильнее будет всплеск ЭДС.

При возрастании тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции, которая направлена против напряжения источника питания, соответственно возрастание тока замедлится. То же самое происходит при убывании – самоиндукция приведет к появлению ЭДС, которое будет поддерживать ток в катушке в том же направлении, что и до этого. Отсюда следует, что напряжение на выводах катушки будет противоположным полярности источника питания.

На рисунке 1 видно, что при включении/отключении индуктивной цепи ток не резко возникает, а изменяется постепенно. Об этом говорят и законы коммутации.

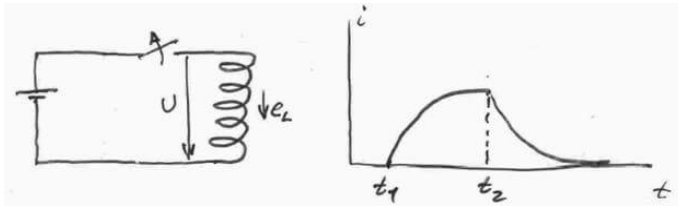


Рис. 1 Возникновение тока в цепи

Сейчас встречаются все реже, но ранее ежедневно использовались люминесцентные трубчатые лампы в светильниках (рис.2). Принцип их работы основан на явлении самоиндукции.

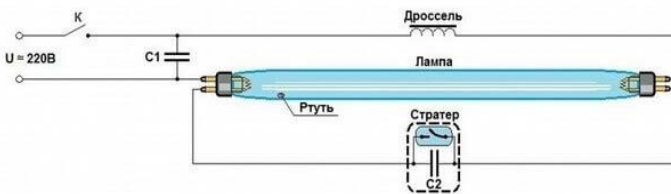


Рис.2 Люминесцентная трубчатая лампа

Аналогично это явление применяется в цепи зажигания автомобиля или мотоцикла, которые работают на бензине. В них в разрыв между катушкой индуктивности и минусом (массой) устанавливают механический (прерыватель) или полупроводниковый ключ (транзистор в ЭБУ). Этот ключ в момент, когда в цилиндре должна образоваться искра для зажигания топлива, разрывает цепь питания катушки. Тогда энергия, запасенная в сердечнике катушки, вызывает рост ЭДС самоиндукции и напряжение на электроде свечи возрастает до тех пор, пока не наступит пробой искрового промежутка, или пока не сгорит катушка [1].

Вред ЭДС самоиндукции приносит контактам выключателей, рубильников, розеток, автоматов и прочего. Можно заметить, что когда мы вытаскиваем вилку работающего пылесоса из розетки, очень часто заметна вспышка внутри неё. Это и есть сопротивление изменению тока в катушке (обмотке двигателя в данном случае) [2].

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. 2-е изд.-М.: Наука, 1982.-496с.
2. Калашников С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. 6-е изд.-М.: Физматлит, 2003.-624с.

**ПРОЯВЛЕНИЕ КВАНТОВОЙ ПРИРОДЫ ИЗЛУЧЕНИЯ:
ФОТОЭФФЕКТ**

Внешний фотоэффект был открыт в 1887 году Генрихом Герцем. [2] Фотоэффект - испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. [1]

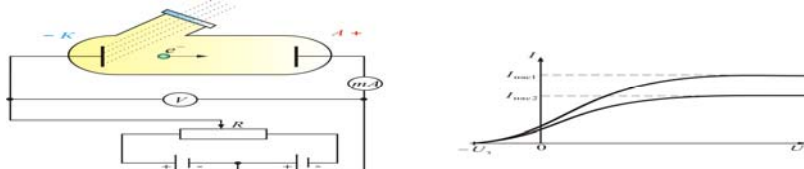


Рис. 1 Фотоэффект

$$\frac{m_e \cdot v_{\max}^2}{2} = eU_0 \tag{1}$$

e – заряд электрона; U_0 – запирающее напряжение; m_e – масса электрона; v_{\max} – максимальная скорость электрона

Законы фотоэффекта.

1-й закон фотоэффекта: при фиксированной частоте падающего света сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения ($I_{\text{max}} \sim E_k$).

2-й закон фотоэффекта: максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой излучения и не зависит от его интенсивности.

3-й закон фотоэффекта: если частота излучения меньше некоторой минимальной (для данного вещества) частоты, то фотоэффект отсутствует (красная граница фотоэффекта).

Уравнение Эйнштейна.

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e \cdot v_{\max}^2}{2} \tag{2}$$

$h\nu$ – энергия фотона; $E_k = \frac{m_e \cdot v_{\max}^2}{2}$ – кинетическая энергия электрона

$A_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона – наименьшая энергия, которую нужно затратить для удаления электрона с поверхности тела.

$$A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}} \quad (3)$$

$\nu_{\text{кр}}$ – красная граница [1]

Явления фотоэффекта служит доказательством квантовых (корпускулярных) представлений о свете как о потоке фотонов.

Литература

1. Мовчан Д. А. Физика в таблицах
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фотоэффект>

УДК 621.311.001.57

Ионова Л.Г., Исаев А.С., Кошелева В.О.

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

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ СЭС

Оптимизация в задачах систем электроснабжения (СЭС) впервые для отечественной электроэнергетики был применена в 80-е годы прошлого века. Тогда это было принципиально новым подходом, таким образом осуществлялся переход от качественных (экспертных) методов принятия решения к количественным, использующих количественные критерии. Так стало возможным инвариантное проектирование с построением различных САПР.

В настоящее время развитие IT-сферы позволяет отойти от устаревших инженерных методик, которые обладают объективными недостатками ввиду своей ориентированности на устаревшие вычислительные процедуры, в основе которых лежит «ручной» поиск оптимального решения. Некоторые из них полностью утратили свою актуальность. В частности, поисковый метод золотого сечения (деление отрезка неопределенности золотым сечением дважды) имеет преимущество в том, что одно опорное решение берется с предыдущей итерации. Но для современного программного обеспечения это не имеет определяющего значения – при построении вычислительного процесса в MS Excel количество итераций непринципально.

Наблюдается сближение алгоритмических процедур с методами оптимизации (как в учебных, так и в реальных задачах построения оптимальной СЭС). Так симплекс-метод линейного программирования реализован в программе Matlab в виде законченной процедуры (пользователю достаточно подготовить исходные данные и проанализировать итоговый результат – навыки программиста не требуются). Остальные вычислительные методы разработаны алгоритмически и реализованы программно в MS Excel и MathCAD. В первом случае для

задач оптимизации используется метод сопряженных градиентов (градиентный метод с оптимальным) шагом (настройка «*Solver*»), во втором – метод Ньютона (функции «*MinErr*» и «*Minimize*»/«*Maximize*»).

Таким образом, современное программное обеспечение создает информационную основу принятия решения в задачах оптимизации СЭС. Проектировщику необходимо лишь грамотно построить оптимизационную задачу. При этом можно избежать трудоемких рутинных расчетов, уделив гораздо большее внимание анализу полученных результатов.

УДК 621.311.001.57

Ивашкова О.В., Исаев А.С., Овсянников Д.С.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Современные СЭС характеризуются большим количеством взаимодействующих элементов и высокой скоростью переходных процессов. Ввиду одновременности процессов выработки, передачи и потребления электроэнергии электротехнический комплекс представляют собой сложную в кибернетическом смысле систему.

Современные методы расчета базируются на свойствах упрощения рассматриваемых процессов (линеаризация зависимостей) и искусственности (переход к системе координат, связанной с движущимся ротором синхронной машины). При этом нет возможности построения более точных вычислительных процедур, т.к. основное уравнение движение ротора (неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка) не имеет решения в виде разделяющихся переменных.

Уйти от подобных недостатков моделей можно при их построении в Matlab (библиотека электротехнических устройств Simulink, предназначенная для моделирования сложных технических систем). Таким образом, создается инструмент для модельно-ориентированного проектирования СЭС. Нами построена на основе SimPowerSystems модель, реализующая СЭС на всех ее уровнях.

Таким образом моделируются различные режимы (как установившиеся, так и переходные) СЭС при вариативности исходных данных и состояния системы. Получены модельные зависимости параметров режима для коротких замыканий (включая несимметричные), простых замыканий на землю и неполнофазных режимов.

Особенно актуальным представляется моделирование самозапуска (автоматический пуск после восстановления напряжения) двигательной нагрузки. Инженерные методики расчета используют упрощение

модели – постоянство сопротивлений двигателя или асинхронного момента на его валу. Модель в Matlab этих недостатков лишена. В частности, удалось получить зависимость для напряжения на шинах источника при удаленном самозапуске или пуске нагрузки (аналитически рассчитать подобное, на наш взгляд, не представляется возможным).

Следовательно, Matlab создает инструмент для моделирования СЭС при широком спектре задач проектирования и эксплуатации. При этом возможно построение качественно новых и, как следствие, более точных моделей.

УДК 621.311

Исаев А.С., Романенко Н.А., Соболев Н.Д.

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

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫБОРА ЦЕНОВОЙ КАТЕГОРИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В условиях розничного рынка электроэнергии потребителю предлагается шесть ценовых категорий (ЦК) электроэнергии. Выбор оптимальной ценовой категории зависит от индивидуальных особенностей потребителя, технологического процесса, режима работы.

Целью проведенного исследования является оптимизация (уменьшение) платы за электроэнергию выбором ЦК. Для этого разработан алгоритмически и реализован программно инструмент для принятия обоснованного решения. Программным средством выбран (ввиду простоты и широкого распространения) электронный процессор MS Excel.

При этом можно выделить три группы задач, решенных программно: 1. формирование суточного графика нагрузки с интервалом осреднения 1 час (современные средства учета электроэнергии снимают показания за каждые полчаса); 2. расчет платы за электроэнергию; 3. перспективная оценка суточного графика нагрузки (это актуально для 5ЦК и 6ЦК).

Центральным местом комплекса является расчет платы за электроэнергию. В качестве исходных данных используется суточный график нагрузки, информация о тарифах и графике нагрузки (пиковая, полупиковая и ночная зоны). Остальные параметры, включая календарь с определением праздничных дней, формируются автоматически.

Корректность работы программы подтверждена расчетами для предприятий Новомосковского промышленного узла. Для конкретных предприятий выдвинуты рекомендации о переходе на 3ЦК или 4ЦК. Установлено, что при настоящем уровне цен переход на 5ЦК и 6ЦК не

актуален – среди обследованных предприятий подобных нами не выявлено.

Задача перспективной оценки суточного графика нагрузки является наиболее сложной теоретически. На настоящий момент в общем виде она не решена – хотя процедуры известны алгоритмически и реализуемы программно (широкого круга других задач они успешно работают). Но при современных ценах плата за отклонение от планового графика не превышает 5% от общей платы за электроэнергию. Но в целом, прогноз профиля мощности в виде заявки на рынке представляется дальнейшим продолжением работы. А для принятия решений по 1ЦК-4ЦК в спроектированном комплексе успешно решены все задачи.

УДК 621.315.1

Ильин А.И., Закиров Т.В.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Снижение числа отключений высоковольтных воздушных линий (ВЛ) является важной задачей электроэнергетики. Бесперебойная работа электрической системы определяется надежностью составляющих всех элементов системы. Поэтому линии электропередач, имеющие большую протяженность, наиболее уязвимы для различных атмосферных воздействий, значительная доля отключений ВЛ приходится на удары молний.

Существующая система молниезащиты ВЛ обеспечивается:

- подвеской грозозащитных тросов с углами защиты 20-30°;
- снижением импульсного сопротивления заземления опор;
- повышением импульсной прочности изоляции линий и снижением вероятности установления силовой дуги (в частности, использованием деревянных траверс и опор);
- использованием АПВ линий.

Для высших классов напряжения защита, в основном, основывается на применении защитных тросов и заземлении опор. Как правило, такая система защиты себя оправдывает, что подтверждается достаточно высокими среднеотраслевыми показателями грозоупорности отечественных ВЛ 110-750 кВ. На части ВЛ имеются проблемы в по условиям молниезащиты так как: ВЛ 110-500 кВ, полностью или частично эксплуатируемые без грозозащитных тросов; а ВЛ 110-330 кВ в районах с высоким удельным сопротивлением грунтов.

Значительный прирост надежности в работе ВЛ дают новые технологии молниезащиты:

- установка защитных аппаратов на опорах ВЛ, обеспечивающих защиту линейной изоляции от грозовых перенапряжений: линейных ОПН и (или) линейных разрядников с внешним искровым промежутком (ЛР);
- комбинированные меры с установкой ЛР и устройством искусственных заземлителей опор на различных участках ВЛ.

Наиболее эффективной и практически единственной мерой повышения грозоустойчивости ВЛ, эксплуатируемых без тросов, является применение линейных ОПН. Для ВЛ в районах с высоким удельным сопротивлением грунтов оптимальным является применение ЛР с внешним искровым промежутком.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Губин М.А.

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

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА НАПРЯЖЕНИЕ НИЖЕ 1000В

В настоящее время широкое применение находят кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Переход на кабели с изоляцией из СПЭ взамен кабелей с БПИ обусловлен их преимуществами:

- более высокая надежность в эксплуатации;
- меньшие расходы на реконструкцию и содержание кабельных линий;
- низкие диэлектрические потери (коэффициент диэлектрических потерь 0,001 вместо 0,008);
- высокая стойкость к повреждениям;
- большая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры нагрева жил;
- меньший вес, диаметр и радиус изгиба;
- возможность прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней.

Конструктивной особенностью кабелей с изоляцией из СПЭ является наличие экрана по изоляции из экструдированного полупроводящего сшитого полиэтилена. При этом система электроснабжения, выполненная с применением кабелей с изоляцией из СПЭ, будет иметь следующие преимущества:

- большая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры токоведущих жил, в зависимости от условий прокладки

на 15-30% больше чем у кабелей с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ);

- большие строительные длины;
- расширенный ряд сечений до 500мм²;
- меньший вес, диаметр и радиус изгиба (особенно для одножильных кабелей).

Для кабелей до 1 кВ используется самый распространенный способ - сшивание через привитые органофункциональные группы, в качестве таких групп используют силаны.

Сравнительные расчеты, проведенные по выбору сечения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) на напряжение ниже 1000В, прокладываемые в земле показывают, что наиболее рационально использовать кабели из СПЭ при больших расчетных токах. Это позволяет существенно уменьшить сечение применяемых кабелей и использовать все преимущества кабелей из СПЭ.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Чиркова Т.Ю., Чирков Д.Ю.

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

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МОЩНОСТЬЮ МЕНЬШЕ 5 МВт

Большинство современных предприятий и производств имеют сравнительно небольшую установленную мощность, не превышающую 4-6МВт. Выбор источника питания для таких предприятий, как правило, не предусматривает установку главной понижающей подстанции (ГПП). В качестве источника питания рассматриваются распределительные устройства (РУ) напряжением 6-10кВ. Напряжение 6-10кВ не может использоваться для передачи значительной мощности на расстояния более 1.5-2км. Расчетная мощность рассматриваемых предприятий составляет 2,5-3,5 МВА. Таким образом, источником питания могут быть:

- РУ 6-10кВ ГПП существующих предприятий;
- РУ 6-10кВ районных подстанций;
- ГРУ ТЭЦ.

При близком расположении источника питания, когда напряжение питающих линий совпадает с напряжением распределительной сети предприятия, прием электроэнергии производится непосредственно на распределительные устройства (РУ).

На предприятиях малой мощности прием электроэнергии, как правило, осуществляется на одну из трансформаторных подстанций, со вмещенную с распределительным устройством.

Если в качестве источника питания применяется РУ 6-10кВ, то место его расположения выбирается на границе питающей и распределительной сети, чтобы сократить длину питающей сети, а, следовательно, уменьшить потери напряжения и сечение кабельных линий питающей сети.

Для иллюстрации потребления электроэнергии каждым из цехов предприятия строится картограмма электрических нагрузок. Для питания приемников электроэнергии на напряжение 0,4-0,23кВ предусматривается 2-3 комплектных трансформаторных подстанции (КТП) с трансформаторами мощностью 630-1000кВА, которые подключаются к РУ-6-10кВ по схеме двойных сквозных магистралей. Надежность таких схем обуславливается тем, что каждый трансформатор цеховых подстанций питается от разных секций распределительного устройства напряжением 10кВ. Суммарная мощность трансформаторов в таких схемах не должна превышать 6МВА.

УДК 621.311

Ермаков П.И., Ошурков М.Г.

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

**ОЦЕНКА ДОПУСТИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ МОЩНОСТИ
ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ДВУХСТАВОЧНЫЙ ТАРИФ**

Переход предприятия с оплаты электроэнергии по третьей ценовой категории (3ЦК) на пятую (5ЦК) и с 4ЦК на 6ЦК связан с необходимостью планирования почасового электропотребления по часам на месяц вперед. Это сложная задача, и в условиях реального производства плановые и фактические значения почасовой мощности могут сильно отличаться, что приведет к потере выгоды от перехода на более высокую категорию из-за оплаты отклонений.

Для выбранного предприятия проводились расчеты разницы в оплате по 4ЦК и 6ЦК при математическом ожидании ошибки планирования $\Delta W_{ij} = 3, 5, 10, 15, 20 \%$. Применялся генератор случайных чисел, реализующий нормальный закон распределения с соответствующим матожиданием и СКО 20 %.

Плановое потребление определялось как:

$$W_{ijП} = W_{ijФ} + \Delta W_{ij}, \quad (1)$$

где $W_{ijп}$ – плановое электропотребление за i -й час j -го месяца; $W_{ijф}$ – фактическое электропотребление; ΔW_{ij} – распределенное по нормальному закону отклонение плана от факта за i -й час j -го месяца с соответствующим матожиданием.

Для предприятия с месячной платой за электроэнергию 3-5 млн. руб. определена плата по 4ЦК и 6ЦК при разных значениях матожидания отклонения почасового планового электропотребления от фактического. Плата за отклонения от плана определялась по (2)

$$\Pi_{\Sigma W+(\cdot)} = \Sigma((W_{ijп} - W_{ijф}) \cdot b_{ij+(\cdot)}), \quad (2)$$

где $b_{ij+(\cdot)}$ – тариф на отклонения (+ - за превышение плана над фактом, - - за превышение факта над планом).

Для предприятия переход с 4ЦК на 6ЦК является выгодным, если средняя ошибка планирования почасового электропотребления не превышает 15%.

УДК 621.311

Ошурков М.Г., Черницов Н.А.

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧАСОВ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ

Для ценовых категорий с третьей по шестую на розничных рынках электроэнергии плата, кроме платы за собственно электроэнергию, включает плату за мощности: для 3ЦК и 5ЦК – за мощность, покупаемую на ОРЭМ; для 4ЦК и 6ЦК – за мощность, покупаемую на ОРЭМ и за мощность, передаваемую по сетям.

$$\Pi_{3ЦК, 5ЦК} = \Pi_{Рорэ} + \Pi_W; \quad \Pi_{4ЦК, 6ЦК} = \Pi_{Рорэ} + \Pi_{P_c} + \Pi_W.$$

Соотношение составляющих платы в %:

	$\Pi_{Рорэ}$	Π_{P_c}	Π_W
$\Pi_{3ЦК, 5ЦК}$	15-18	-	82-85
$\Pi_{4ЦК, 6ЦК}$	16-18	37-42	41-45

Проведен анализ динамики тарифов на мощности по месяцам с 2012 г. по настоящее время. Тарифы постоянно растут: рост $a_{Рорэ}$ составил 315 %, a_{P_c} – 173 %. Уменьшить оплату электроэнергии для потребителей 3ЦК – 6ЦК можно, уменьшая оплачиваемые мощности $P_{орэ}$ и P_c , то есть, регулируя график нагрузки. Заметим, что временной диапазон, в который фиксируется P_c , постоянно расширяется и к настоящему времени охватывает практически весь световой день, например в марте 2020 г. он был с 7⁰⁰ по 21⁰⁰. Поэтому для предприятий с одно-, двухсменным режимами работы не представляется возможным снижение Π_{P_c} . Уменьшить $\Pi_{Рорэ}$ возможно, однако заранее не известно, в ка-

кой час суток будет фиксироваться $P_{\text{орр}}$. Для предсказания отчетных часов пиковой нагрузки обработана статистика по месяцам с 2012 г. Замечены некоторые закономерности в изменениях отчетных часов. Использование этих закономерностей может служить основой для предсказания номера часа суток, в который фиксируется $P_{\text{орр}}$. По статистике с 2012 по 2018 гг. мы предсказали диапазоны времени суток для отчетных часов пиковой нагрузки на 2019 г.: январь (9-11;17-19), февраль (10-11;18-20), март (9-11;19-20), апрель (9-11; 20-21), май (9-11; 20-21). июнь (10-12), июль (10-11; 13-15), август (10-12; 13-15; 20-21), сентябрь (10-11; 19-21), октябрь (10-11; 18-20), ноябрь (10-11; 17-19), декабрь (10-11; 17-19). По итогам 2019 г. оказалось, что из 247 рабочих дней из предсказанного диапазона выпал 21 день (8,5 %). Поэтому предложенный способ прогнозирования отчетных часов пиковой нагрузки можно считать приемлемым для разработки мероприятий по регулированию графика нагрузки потребителей, оплачивающих электроэнергию по ЗЦК-4ЦК.

УДК 621.311

Кольцов К., Лагуткин О.Е.

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

ОТЛИЧИЯ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА ОТ РАНГОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРУ

Первое отличие. Выбор объекта исследования. Объектом исследования технических систем является техноценоз. Соответствие объекта исследования ценологическому характеру – главное условие применимости рангового распределения по параметру. При изучении вариационного ряда объект исследования обычно не носит ценологический характер (например, возраст учеников в классе).

Второе отличие. Выбор параметра. К непрерывным параметрам в технике относится электропотребление, практически не имеющее аналога в лингвистике, социологии, экономике, биологии. Для вариационного ряда примером непрерывной вариации признака служит, например, распределение посевных площадей по урожайности. *Третье отличие.* Предсказуемый временной ряд рангового коэффициента β . Системы ценологического типа обладают структурой - как некоторым свойством, определяющим их устойчивость. Расположенные во времени ранговые коэффициенты образуют упорядоченные ряды. Вариационные ряды, в отличие от рангового по параметру, применяются для исследования статических систем (лингвистика), а также для систем,

где нет необходимости в изучении динамики распределения (распределение учеников в классе по росту).

Четвёртое отличие. Физический смысл рангового коэффициента. Изменение величины рангового коэффициента носит не случайный характер, а отражает состояние техноценоза во времени. Степень крутизны вариационного ряда носит случайный характер и, зачастую, нет необходимости в объяснении её физического смысла.

Пятое отличие. Константа рангового распределения по параметру. При исследовании структуры электропотребления областей России было установлено, что вторичное распределение самих ранговых коэффициентов по годам, вне зависимости от социально-политического и экономического состояния страны характеризуется величиной $\beta' = 0,18$.

Таким образом, ранговое распределение по параметру является одной из разновидностей гиперболических H -распределений, имеющей существенные отличия от распределений Ципфа и вариационных рядов.

УДК 621.311

Лагуткин О.Е., Радишевский А.В.

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

«СКОЛЬЗЯЩИЕ» НОРМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭНЕРГОЕМКИХ АГРЕГАТОВ

На промышленных предприятиях разработка удельных норм производится на основе фактического электропотребления и плановых показателей объемов выпускаемой продукции.

Очевидно, что норма должна зависеть от технологических параметров плавки и, таким образом, надо выделить параметры, определяющие расход электроэнергии; получить зависимости удельных расходов от технологических параметров и разработать методику получения "скользящих" норм для объективной оценки эффективности функционирования энергетических и технологических служб.

В результате проведенного исследования нами установлено следующее.

Практически у всех сталеваров удельные расходы электроэнергии на плавку подчиняются нормальному закону распределения (распределение Гаусса с его вероятностными характеристиками). На основе этого можно сделать вывод, что ценологическими (как сложной системы, состоящей из большого количества элементов со слабо обусловленными связями) свойствами обладает печь в целом.

Сумма нормальных законов распределения показателей электропотребления по отдельным объектам (сталеварам) не дает нормального закона (в виде оценки наиболее вероятной величины средним значением) распределения этих показателей для отдельной сталеплавильной печи. Из этого следует, что наиболее обоснованные нормы можно получить лишь для конкретного сталевара индивидуально.

Нормы для каждого сталевара должны зависеть от технологического показателя, за который мы приняли величину загрузки печи.

Разработка "скользящих" норм по сталеварам и печи предполагает улучшение организации учета электроэнергии, в том числе: составление схемы учета электроэнергии по цехам с точным указанием места счетчика (его назначение, источник питания, вид продукции и его объем, контролируемые данным счетчиком); установка дополнительных счетчиков с целью выделения основного и вспомогательного процессов; введение постоянной статистики потребления электроэнергии и выпуска продукции за определенные временные промежутки (сутки) для корректировки норм потребления и разработки мероприятий по энергосбережению.

УДК 621.314.6

Колесников Е.Б., Леонов А.А.

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

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НАПРЯЖЕНИЯ ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ

Согласно ГОСТ 32144-2013 частота напряжения трехфазной сети является одним из основных показателей качества электроэнергии в электроэнергетических установках [1]. Информацию о частоте переменного напряжения трехфазной сети также необходимо иметь в устройствах автоматики и релейной защиты. В настоящее время существует большое количество устройств для измерения частоты трехфазного синусоидального напряжения. Однако большинство из них сложны в реализации, обладают низкой надежностью и имеют недостаточную точность измерения. Разработанный измеритель частоты напряжения трехфазной сети свободен от вышеприведенных недостатков.

На рис. 1 приведена функциональная схема измерителя. Измеритель частоты напряжения трехфазной сети содержит управляемые ограничители напряжения 1, 2, 3, сумматор 4, пиковый детектор 5, блок масштабирования 6, дифференциатор 7, делительное устройство 8, блок выделения модуля 9 и фильтр нижних частот 10 [2].

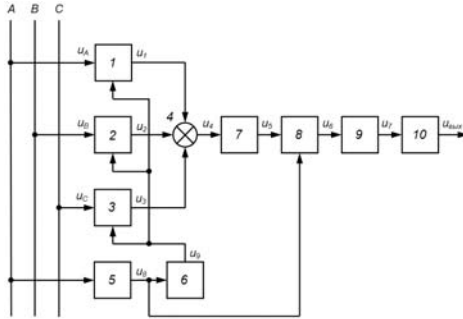


Рис. 1. Функциональная схема измерителя

Устройство работает следующим образом. На входы управляемых ограничителей напряжения 1, 2, 3 поступают соответственно напряжения u_A , u_B , u_C , пропорциональные фазным напряжениям питающей сети (рис. 2):

$$u_A = U_{m\phi} \sin \omega t; \quad u_B = U_{m\phi} \sin(\omega t - 120^\circ); \quad u_C = U_{m\phi} \sin(\omega t + 120^\circ),$$

где $U_{m\phi}$ – амплитуда фазного напряжения;

ω – круговая частота фазного напряжения.

Управляемые ограничители напряжения 1, 2, 3 ограничивают напряжения u_A , u_B , u_C на уровне напряжения $0,5U_{m\phi}$, подающегося на их управляющие входы, и на их выходах формируются соответственно напряжения u_1 , u_2 , u_3 . Уровень напряжения ограничения $0,5U_{m\phi}$ формируется с помощью пикового детектора 5, выделяющего амплитуду фазного напряжения $U_{m\phi}$, и блока масштабирования 6, имеющего коэффициент передачи 0,5 (рис. 2).

Выходные напряжения u_1 , u_2 , u_3 управляемых ограничителей напряжения 1, 2, 3 подаются на входы сумматора 4, на выходе которого в результате операции суммирования формируется переменное напряжение u_4 , имеющее форму близкую к треугольной (рис. 2).

В результате дифференцирования дифференциатором 7 напряжения u_4 на его выходе формируется переменное напряжение u_5 , по форме близкое к прямоугольной. Для исключения влияния величины фазного напряжения на результат измерения, в делительном устройстве 8 выходное напряжение u_5 дифференциатора 7 делится на амплитуду фазного напряжения $U_{m\phi}$, вырабатываемого пиковым детектором 5 (рис. 2).

После выпрямления переменного напряжения u_6 в блоке выделения модуля 9, на его выходе формируется постоянное напряжение u_7 , содержащее незначительные пульсации, которые эффективно сглаживаются фильтром нижних частот 10, имеющим малую постоянную времени.

В результате на выходе фильтра нижних частот 10 и на выходе устройства формируется постоянное напряжение $u_{\text{ВЫХ}}$, которое не содержит переменной составляющей, а его величина пропорциональна измеряемой частоте ω трехфазного синусоидального напряжения сети.

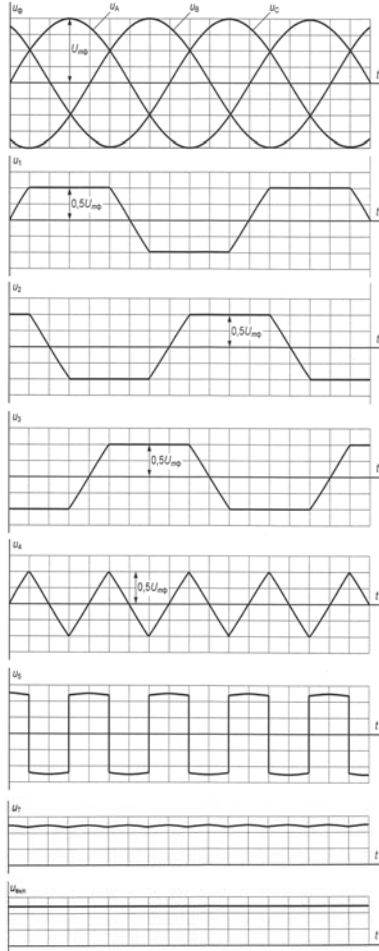


Рис. 2. Временные диаграммы работы измерителя

При практической реализации предлагаемого устройства управляемые ограничители напряжения 1, 2, 3 можно выполнить по схеме ограничителей на операционном усилителе (ОУ) [3]. Сумматор 4 представляет собой обычный трехходовой сумматор на ОУ. Пиковый де-

тектор 5 можно выполнить по одной из известных схем [3]. Блок масштабирования 6 выполнен в виде усилителя на ОУ с коэффициентом передачи, равным 0,5. Дифференциатор 7 можно выполнить по известной схеме на ОУ с времязадающей RC-цепью. Делительное устройство 8 можно выполнить на ОУ, включив перемножитель напряжений на микросхеме К525ПС3 в цепь его отрицательной обратной связи. В качестве блока выделения модуля 9 можно использовать схему двухполупериодного выпрямителя на ОУ[3]. Фильтр нижних частот 10 можно выполнить по схеме фильтра нижних частот первого порядка на ОУ [3].

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: - дата введения 2014-07-01. - М.: Стандартинформ, 2014. - IV, 16 с.
2. Патент №189717 РФ, МПК G01R 23/02. Устройство для измерения частоты трехфазного синусоидального напряжения. / Е.Б. Колесников (RU), // Опубликовано: 31.05.2019. Бюл. №16.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с.

УДК 621.39

Колесников Е.Б., Базлов Д.С.

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

ДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Делители частоты гармонического сигнала нашли широкое применение в различных радиотехнических устройствах, использующих колебания относительно низких и очень стабильных частот, а также в синтезаторах частот [1]. Существующие делители частоты используют различные методы преобразования частот и имеют достаточно высокую стабильность. Однако известные делители частоты имеют либо высокий уровень паразитных составляющих выходного сигнала, либо невысокую точность преобразования. Разработанный делитель частоты гармонического сигнала позволяет устранить выше перечисленные недостатки.

На рис. 1 приведена функциональная схема делителя. Устройство (рис. 1) содержит сумматор 1, амплитудный детектор 2, блок деления 3, блок масштабирования 4, блок извлечения квадратного корня 5, перемножитель 6, дискриминатор нулевого уровня 7, счетный триггер 8 и блок переключения полярности сигнала 9. [2].

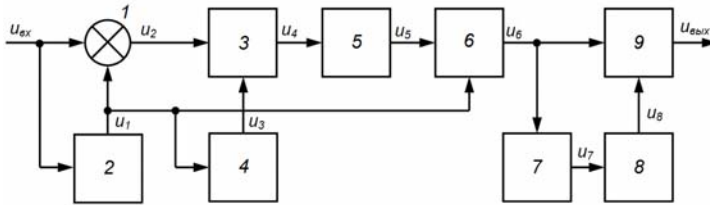


Рис. 1. Функциональная схема делителя

Устройство работает следующим образом. Входное синусоидальное напряжение переменного тока $u_{вх} = U_{m\text{ вх}} \sin \omega t$ с частотой ω подается на первый вход сумматора 1 и вход амплитудного детектора 2.

После сложения входного напряжения с его амплитудой $U_{m\text{ вх}}$, формируемой амплитудным детектором 2, в сумматоре 1, на его выходе формируется напряжение u_2 (рис. 2):

$$\begin{aligned} u_2 &= u_1 + u_{вх} = U_{m\text{ вх}} + U_{m\text{ вх}} \sin \omega t = U_{m\text{ вх}} (1 + \sin \omega t) = \\ &= U_{m\text{ вх}} [1 - \cos(\omega t + 90^\circ)] = 2U_{m\text{ вх}} \left[\frac{1 - \cos(\omega t + 90^\circ)}{2} \right]. \end{aligned}$$

Блок масштабирования имеет коэффициент передачи 2 и на его выходе формируется напряжение u_3 , равное $2U_{m\text{ вх}}$. После деления в блоке деления 3 напряжения u_2 на u_3 , на его выходе имеем напряжение u_4 с единичной амплитудой (рис. 2):

$$u_4 = \frac{u_2}{u_3} = \frac{2U_{m\text{ вх}} \left[\frac{1 - \cos(\omega t + 90^\circ)}{2} \right]}{2U_{m\text{ вх}}} = \left[\frac{1 - \cos(\omega t + 90^\circ)}{2} \right].$$

После извлечения квадратного корня в блоке квадратного корня 5 из напряжения u_4 , согласно тригонометрическому тождеству, на его выходе формируется напряжение u_5 , имеющее форму двухполупериодного выпрямления (рис. 2)

$$u_5 = \sqrt{u_4} = \sqrt{\left[\frac{1 - \cos(\omega t + 90^\circ)}{2} \right]} = \left| \sin \left(\frac{\omega t + 90^\circ}{2} \right) \right| = \left| \sin \left(\frac{\omega}{2} t + 45^\circ \right) \right|.$$

В перемножителе 6 производится умножение напряжения u_5 на u_1 , тем самым происходит восстановление амплитуды входного напряжения $U_{m\text{ вх}}$ (рис. 2):

$$u_6 = U_{m\text{ вх}} \times \left| \sin \left(\frac{\omega}{2} t + 45^\circ \right) \right| = \left| U_{m\text{ вх}} \sin \left(\frac{\omega}{2} t + 45^\circ \right) \right|.$$

Дискриминатор нулевого уровня 7 вырабатывает на выходе узкие импульсы u_7 в моменты времени, когда уровень напряжения u_6 близок

к нулю. Выходные импульсы дискриминатора 7 поступают на вход счетного триггера 8, на выходе которого формируются периодическая последовательность импульсов u_8 длительностью равной периоду напряжения u_6 (рис. 2).

Блок переключения полярности сигнала 9 имеет коэффициент передачи равный единице и позволяет изменять полярность входного сигнала под действием напряжения u_8 на его втором входе. Напряжение u_8 управляет блоком переключения полярности сигнала 9 таким образом, что при отсутствии импульса на выходе счетного триггера 8, напряжение u_6 передается блоком 9 без изменения полярности, а при наличии импульса – инвертируется (рис. 2).

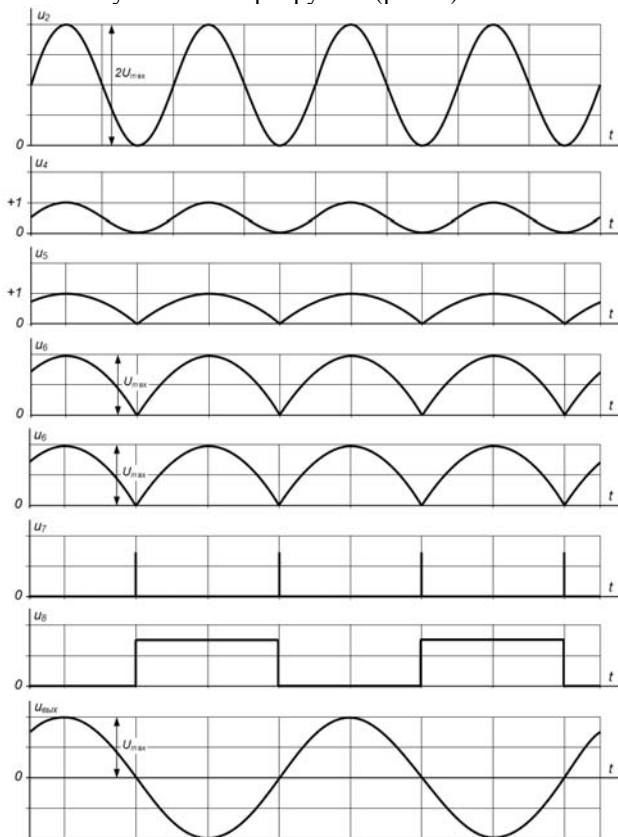


Рис. 2. Временные диаграммы работы делителя

В результате на выходе блока переключения полярности сигнала 9 и выходе делителя формируется напряжение $u_{\text{вых}}$ с амплитудой равной амплитуде входного напряжения $U_{m \text{ вх}}$ и частотой $\omega/2$ в два раза меньшей частоты ω входного напряжения, следовательно, имеет место деление частоты на два (рис. 2):

$$u_{\text{вых}} = U_{m \text{ вх}} \sin\left(\frac{\omega}{2}t + 45^\circ\right).$$

При практической реализации предлагаемого устройства сумматор 1 представляет собой двухвходовой сумматор на операционном усилителе (ОУ). Амплитудный детектор 2 можно выполнить по одной из известных схем [3]. Блок деления 3 можно выполнить на ОУ, включив перемножитель сигналов на микросхеме К525ПС3 в цепь его отрицательной обратной связи. В качестве блока извлечения квадратного корня 7 можно использовать схему на ОУ, включив квадратор на перемножителе К525ПС3 в цепь его отрицательной обратной связи. В качестве дискриминатора нулевого уровня 7 можно использовать компаратор на ОУ с уровнем опорного напряжения близким к нулю. Блок переключения полярности сигнала 9 можно выполнить по схеме [4], использовав в качестве ключа транзистор.

Литература

1. Ризкин И.Х. Умножители и делители частоты - М.: Связь, 1966. – 296 с.
2. Патент №197065 РФ, МПК H03B 19/12. Делитель частоты гармонического сигнала / Е.Б. Колесников (RU) // Опубликовано: 27.03.2020. Бюл. №9.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с.
4. Хоровиц П. и Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: БИНОМ, 2014. – 706 с.

УДК 621.314.6

Колесников Е.Б., Свиридов А.А.

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

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Потребность в точном определении частоты возникает в различных сферах научной и практической деятельности, особое значение её определение имеет в электротехнике, радиоэлектронике, телекоммуникациях и пр. Существует многообразие частотомеров, выполненных по

различным схемам. Однако большинство из них обладают не достаточной точностью не высоким быстродействием. Разработанный делитель частоты гармонического сигнала позволяет устранить выше перечисленные недостатки.

На рис. 1 приведена функциональная схема измерителя. Измеритель частоты содержит амплитудный детектор 1, блок деления 2, квадратор 3, источник опорного сигнала 4, два блока вычитания 5 и 8, блок извлечения квадратного корня 6, два блока выделения модуля 7 и 10, блок дифференцирования 9 и фильтр нижних частот 11 [1].

Устройство работает следующим образом. Входное синусоидальное напряжение переменного тока $u_{вх} = U_{m \text{ вх}} \sin \omega t$ (рис. 2) с частотой ω подается на входы амплитудного детектора 1 и блока деления 2. После деления входного напряжения на его амплитуду $U_{m \text{ вх}}$, формируемую амплитудным детектором 1, в блоке деления 2, на его выходе формируется напряжение $u_1 = \sin \omega t$ с единичной амплитудой, которое поступает на вход квадратора 3. На выходе квадратора 3 формируется напряжение u_2 , полученное после возведения в квадрат напряжения u_1 (рис. 2):

$$u_2 = u_1^2 = U_{\text{вх } m}^2 \sin^2 \omega t = \sin^2 \omega t.$$

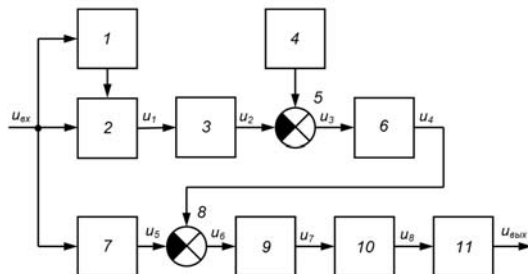


Рис. 1. Функциональная схема измерителя

После вычитания полученного напряжение u_2 , из единичного сигнала, вырабатываемого источником опорного сигнала 4, согласно известному тригонометрическому уравнению, на его выходе формируется напряжение u_3 (рис. 2):

$$u_3 = 1 - \sin^2 \omega t = \cos^2 \omega t.$$

После операции извлечения квадратного корня в блоке извлечения квадратного корня 6, на его выходе формируется напряжение u_4 (рис. 2):

$$u_4 = \sqrt{\cos^2 \omega t} = |\cos \omega t|.$$

При этом на выходе первого блока выделения модуля 7 формируется напряжение u_5 (фиг.2):

$$u_5 = |\sin\omega t|.$$

Напряжения u_4 и u_5 имеют форму напряжения двухполупериодного выпрямления, сдвинутые друг относительно друга на угол 90° (рис. 2).

Напряжения u_4 и u_5 подаются соответственно на второй и первый входы блока вычитания 8, на выходе которого после операции вычитания u_5 из u_4 формируется переменное напряжение u_6 , имеющее форму близкую к треугольной (рис. 2).

В результате дифференцирования блоком дифференцирования 9 напряжения u_6 на его выходе формируется переменное напряжение u_7 , по форме близкое к прямоугольной (рис. 2).

После выпрямления переменного напряжения u_7 во втором блоке выделения модуля 10, на его выходе формируется постоянное напряжение u_8 , содержащее незначительные пульсации, которые эффективно сглаживаются фильтром нижних частот 11, имеющим небольшую постоянную времени (рис. 2), что обеспечивает высокое быстродействие устройства.

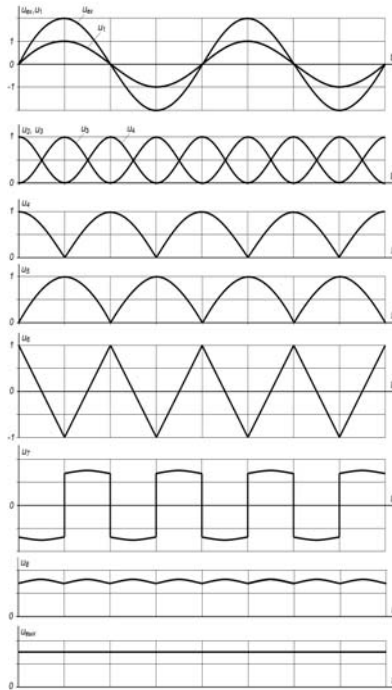


Рис. 2. Временные диаграммы работы измерителя

В результате на выходе фильтра нижних частот 11 и на выходе устройства формируется постоянное напряжение $u_{\text{вых}}$, которое не содержит переменной составляющей, а его величина пропорциональна измеряемой частоте ω входного синусоидального напряжения $u_{\text{вх}}$.

При практической реализации предлагаемого измерителя амплитудный детектор 1 можно выполнить по одной из известных схем [2]. Блок деления 2 можно выполнить на операционном усилителе (ОУ), включив перемножитель напряжений на микросхеме К525ПС3 в цепь его отрицательной обратной связи. В качестве квадратора 3 можно использовать перемножитель сигналов на микросхеме К525ПС3, объединив при этом ее информационные входы x и y . В качестве источника опорного сигнала 4 можно использовать интегральный стабилизатор напряжения с прецизионным делителем. Блоки вычитания 5,8 представляют собой обычный параллельный сумматор на ОУ. В качестве блока извлечения квадратного корня 6 можно использовать схему на ОУ, включив квадратор на микросхеме перемножителя напряжений К525ПС3 в цепь его отрицательной обратной связи. Блоки выделения модуля 7, 10 можно выполнить по схеме двухполупериодного выпрямителя на ОУ [2]. Блок дифференцирования 9 представляет собой дифференциатор, выполненный по известной схеме на ОУ с времязадающей RC -цепью. Фильтр нижних частот 12 можно выполнить по схеме фильтра нижних частот первого порядка на ОУ [2].

Литература

1. Патент №196223 РФ, МПК G01R 23/02. Измеритель частоты гармонического сигнала. / Е.Б. Колесников (RU), // Опубликовано: 19.02.2020. Бюл. №5.
2. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с.

УДК 621.867.2-830

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Алиев Г.Э., Миляев В.П., Писарев М.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МНОГОМАССОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Разработана математическая модель электропривода, в котором управляемый преобразователем частоты (ПЧ) асинхронный двигатель (АД) приводит в движение механизм перемещения груза. Напряжение управления ПЧ регулирует скорость вращения ω_1 приводного барабана с моментом инерции J_1 , скорость ω_2 перемещения груза J_2 и скорость

ω_3 натяжного барабана J_3 . Жесткость c_1 и вязкость v_1 соответствуют участку троса, соединяющего массы J_1 и J_2 , c_2 и v_2 соответствуют участку троса между массами J_2 и J_3 и параметры c_3 и v_3 жесткость и вязкость участка троса между массами J_3 и J_1 . На структурной схеме электропривода (рис.1) обозначены k_n , T_1 – коэффициент усиления и постоянная времени ПЧ, β и T_2 – жесткость механической характеристики и электромеханическая постоянная АД.

Уравнение системы "ПЧ-АД" получено в операторной форме:

$$u_y(s)k_n\beta = M_1(s)(T_1T_2s^2 + T_1s + T_2s + 1) + \omega_1(s)(\beta + T_1\beta s), \quad (1)$$

где M_1 – вращающий момент АД, u_y – напряжение управления ПЧ, s – оператор Лапласа.

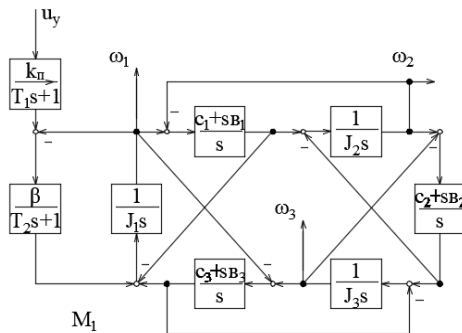


Рис. 1. Структурная схема электропривода

При выводе передаточной функции скоростей механизма перемещения груза применены разработанные в [1] формула и методика, в соответствии с которыми определены матрицы с компонентами $a_{ij} = -(c_{ij} + v_{ij}s)$, где c_{ij} и v_{ij} – жесткости и вязкости упругих связей между массами J_i и J_j :

$$X(s) = \begin{vmatrix} J_1s^2 - a_{12} - a_{13} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & J_2s^2 - a_{21} - a_{23} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & J_3s^2 - a_{31} - a_{32} \end{vmatrix};$$

$$R_{11}(s) = \begin{vmatrix} s & a_{21} & a_{31} \\ 0 & J_2s^2 - a_{21} - a_{23} & a_{32} \\ 0 & a_{23} & J_3s^2 - a_{31} - a_{32} \end{vmatrix};$$

$$R_{21}(s) = \begin{vmatrix} J_1s^2 - a_{12} - a_{13} & s & a_{31} \\ a_{12} & 0 & a_{32} \\ a_{13} & 0 & J_3s^2 - a_{31} - a_{32} \end{vmatrix};$$

$$R_{21}(s) = \begin{vmatrix} J_1 s^2 - a_{12} - a_{13} & a_{21} & s \\ a_{12} & J_2 s^2 - a_{21} - a_{23} & 0 \\ a_{13} & a_{23} & 0 \end{vmatrix}$$

Передаточные функции механизма получены в виде следующих операторных соотношениях:

$$W_{11}(s) = \frac{R_{11}(s)}{X(s)}, \quad W_{21}(s) = \frac{R_{21}(s)}{X(s)}, \quad W_{31}(s) = \frac{R_{31}(s)}{X(s)},$$

Откуда скорости движения масс механизма имеют вид:

$$\begin{aligned} \omega_1(s) &= M_1(s) \cdot W_{11}(s); \quad \omega_2(s) = M_2(s) \cdot W_{21}(s); \\ \omega_3(s) &= M_3(s) \cdot W_{31}(s) \end{aligned} \quad (2)$$

При совместном решении уравнений (1) и (2) получены передаточные функции электропривода по каналам "управление ПЧ - скорости масс":

$$\begin{aligned} W_1(s) &= \frac{k_{\text{пч}} \beta R_{11}(s)}{\Psi(s)}, \quad W_2(s) = \frac{k_{\text{пч}} \beta R_{21}(s)}{\Psi(s)}, \quad W_3(s) = \frac{k_{\text{пч}} \beta R_{31}(s)}{\Psi(s)} \\ \Psi(s) &= X(s) \cdot (T_1 s + 1)(T_2 s + 1) + R_{11} \beta (T_1 s + 1). \end{aligned}$$

По полученным передаточным функциям определены операторные изображения скоростей движения масс электропривода:

$$\begin{aligned} \omega_1(s) &= u_{\text{в}}(s) \cdot W_1(s); \quad \omega_2(s) = u_{\text{в}}(s) \cdot W_2(s); \\ \omega_3(s) &= u_{\text{в}}(s) \cdot W_3(s). \end{aligned}$$

Математическая модель позволяет провести исследования переходных процессов, возникающих в частотно-регулируемом электроприводе с упругими связями.

Литература

1. Ребенков Е.С. Цифровой регулятор демпфирования упругих колебаний в многомассовом электроприводе./ Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд. "Горная книга" №2. 2014. с.330-336.

УДК 621.867.2-830

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Овсянников Д.С., Ендин Е.А., Алиев Г.Э.

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

РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Получены в операторной форме передаточные функции скоростей масс частотно-регулируемого электропривода с упругими механическими связями:

$$W_1(s) = \frac{U(s) \cdot R_{11}(s)}{X(s) \cdot N(s) + R_{11}(s) \cdot F(s)},$$

$$W_2(s) = \frac{U(s) \cdot R_{21}(s)}{X(s) \cdot N(s) + R_{11}(s) \cdot F(s)},$$

$$W_3(s) = \frac{U(s) \cdot R_{31}(s)}{X(s) \cdot N(s) + R_{11}(s) \cdot F(s)},$$

где полиномы $U(s)$, $N(s)$, $F(s)$ соответствуют системе "преобразователь частоты - асинхронный двигатель", а полиномы $X(s)$, $R_{11}(s)$, $R_{21}(s)$, $R_{31}(s)$ соответствующие механической части привода получены по методике разработанной в [1].

Исследование переходных процессов скоростей ω_1 , ω_2 , ω_3 показало их значительную колебательность обусловленную наличием упругих связей. Для компенсации колебаний предложено введение регулятора демпфирования. Передаточная функция синтезированного регулятора состоит из пропорциональной части с коэффициентом ее усиления k_p , интегратора $1/s$, инерционной части $1/(T_1s+1)$ и двух форсирующих звеньев $(T_2s+1)(T_3s+1)$. Для заданных параметров привода разработанный регулятор имеет вид:

$$W_p(s) = \frac{98,96s^2 + 886,7s + 810,4}{s^2 + 267,9s}$$

Переходные функции скоростей ω_1 , ω_2 , ω_3 в системе автоматического управления получены по структурным схемам (рис.1) - а) скорость ω_2 , б) скорость ω_3 , в) скорость ω_1 .

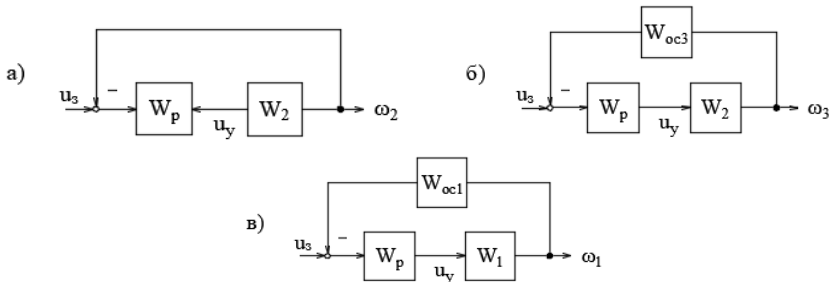


Рис.1. Структурные схемы получения переходных процессов скоростей масс

В структурной схеме рис.1 б), в) передаточные функции обратных связей, учитывающие единичную отрицательную обратную связь по скорости ω_2 , соответственно для скорости ω_3 и скорости ω_1 равны отношению полиномов:

$$W_{\omega_2}(s) = \frac{R_{21}(s)}{R_{21}(s)}, \quad W_{\omega_1}(s) = \frac{R_{21}(s)}{R_{11}(s)}$$

На рис.2 а), б) показаны переходные функции скоростей ω_2 и ω_1 , полученные по структурным схемам рис. 1 а), в):

$$\omega_2(s) = u_V(s) \cdot W_{\text{BHE2}} = \frac{u_V(s) \cdot (27,9 \cdot s^3 + 1245 \cdot s^4 + 10105 \cdot s^5 + 28382 \cdot s^2 + 11243 \cdot s + 95606)}{Y(s)},$$

$$\omega_1(s) = u_V(s) \cdot W_{\text{BHE1}},$$

где

$$Y(s) = 1,101 \cdot 10^{-7} \cdot s^9 + 1,174 \cdot 10^{-4} \cdot s^8 + 0,03053 \cdot s^7 + 2,107 \cdot s^6 + 92,51 \cdot s^5 + 1330 \cdot s^4 + 10974 \cdot s^3 + 28821 \cdot s^2 + 114686 \cdot s + 95606.$$

На рис.2 в), г) представлены переходные функции скорости ω_3 и деформации l_{12} упругого звена между массами J_1 и J_2 .

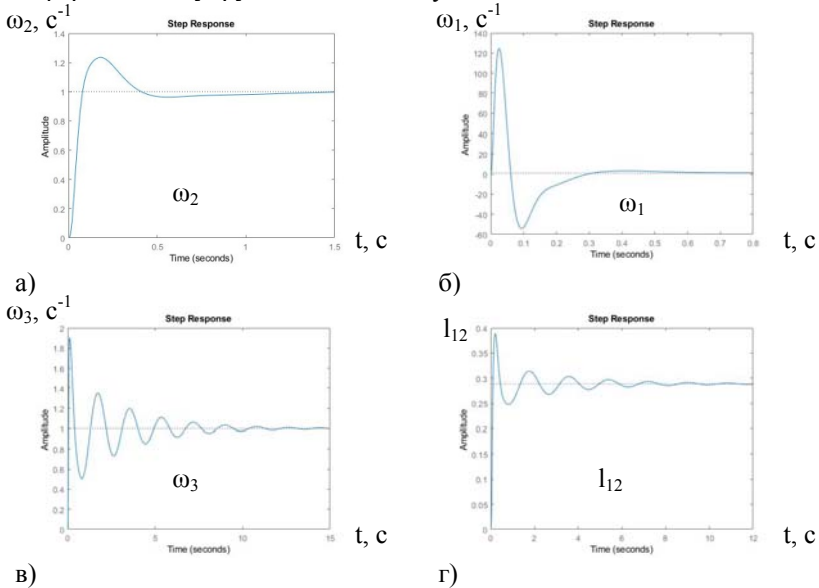


Рис. 2. Переходные функции скоростей масс: а) - ω_2 , б) - ω_3 , в) - скорости ω_1 , г) - деформации l_{12} в приводе с регулятором.

Введение регулятора $W_p(s)$ в систему с отрицательной обратной связью по скорости ω_2 демпфирует колебания масс с моментом инерции J_2 и значительно снижает амплитуду колебаний деформации l_{12} упругой связи. Компенсация колебаний скоростей других масс возможна при реализации многодвигательного привода.

Разработка регулятора проводилась с использованием интерактивного программного пакета Similink-Matlab.

Предполагается методы разработки регуляторов демпфирования колебаний использовать в учебном процессе при выполнении курсового проектирования.

Литература

1. Ребенков Е.С. Цифровой регулятор демпфирования упругих колебаний в многомассовом электроприводе./ Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд. "Горная книга" №2. 2014. с.330-336.

УДК 621.867.2-830

Ребенков Е.С, Майорова Н.Д., Свиридов А.А., Лубошникова М.П.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Переходные процессы скоростей $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ приведенных масс J_1, J_2, J_3 в электроприводе с упругими связями получены по передаточным функциям в операторной форме

$$\omega_1(s) = u_{\nu}(s) \cdot W_1(s); \quad \omega_2(s) = u_{\nu}(s) \cdot W_2(s);$$

$$\omega_3(s) = u_{\nu}(s) \cdot W_3(s)$$

при воздействии на преобразователь частоты управляющего сигнала $u_{\nu}(\omega)$.

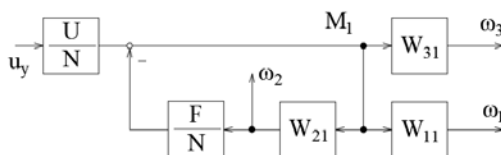


Рис. 1. Структурная схема частотно-регулируемого электропривода

В структурной схеме частотно-регулируемого электропривода (рис.1) введены операторные полиномы "преобразователь частоты - асинхронный двигатель" (ПЧ-АД):

$$U(s) = k_{\Pi} \beta,$$

$$F(s) = \beta(T_1 s + 1), \quad N(s) = (T_1 s + 1)(T_2 s + 1),$$

где коэффициенты системы "ПЧ-АД" являются заданными параметрами:

$k_n=14 \text{ 1/Вс}$, $\beta=53 \text{ Нмс}$, $T_1=0,0014 \text{ с}$, $T_2=0,012 \text{ с}$.

Передаточные функции механической части привода рассчитаны по разработанной в [1] методике и получены для значений жесткостей $c_1=7 \text{ Нм}$, $c_2=6 \text{ Нм}$, $c_3=9 \text{ Нм}$, вязкостей $v_1=0,2 \text{ Нс/м}$, $v_2=0,3 \text{ Нс/м}$, $v_3=0,4 \text{ Нс/м}$ и моментов инерции $J_1=1,5 \text{ кгГм}^2$, $J_2=2,3 \text{ кгГм}^2$, $J_3=1,9 \text{ кгГм}^2$.

$$W_{11}(s) = \frac{R_{11}(s)}{X(s)} = \frac{(4,37 \cdot s^2 + 2,56 \cdot s^4 + 59,46 \cdot s^2 + 13 \cdot s^2 + 159 \cdot s)}{X(s)}$$

$$W_{21}(s) = \frac{R_{21}(s)}{X(s)} = \frac{(0,38 \cdot s^4 + 13,56 \cdot s^2 + 13 \cdot s^2 + 159 \cdot s)}{X(s)}$$

$$W_{31}(s) = \frac{R_{31}(s)}{X(s)} = \frac{(0,92 \cdot s^4 + 20,96 \cdot s^2 + 13 \cdot s^2 + 159 \cdot s)}{X(s)}$$

$$X(s) = 6,555 \cdot s^6 + 6,462 \cdot s^5 + 160,2 \cdot s^4 + 74,1 \cdot s^3 + 906,3 \cdot s^2$$

Передаточные функции скоростей масс в частотно-регулируемом электроприводе получены также в операторной форме и имеют вид:

$$W_1(s) = \frac{(3243 \cdot s^4 + 1700 \cdot s^3 + 4412 \cdot s^2 + 9646 \cdot s + 118000)}{\Psi(s)}$$

$$W_2(s) = \frac{(202 \cdot s^3 + 10062 \cdot s^2 + 9646 \cdot s + 118000)}{\Psi(s)}$$

$$W_3(s) = \frac{(682,6 \cdot s^3 + 1555 \cdot s^2 + 9646 \cdot s + 118000)}{\Psi(s)}$$

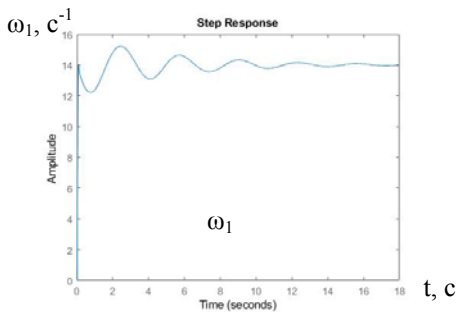
$$\Psi(s) = 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot s^7 + 0,083 \cdot s^6 + 6,969 \cdot s^5 + 240,4 \cdot s^4 +$$

При управляющем воздействии u_y в виде функции Хевисайда переходные функции скоростей масс показаны на рис. 2.

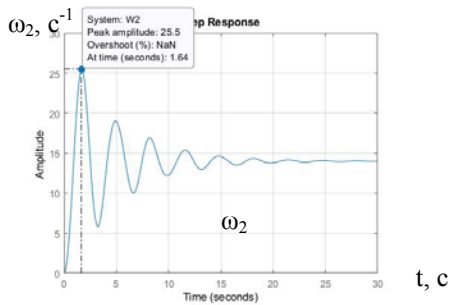
Переходные функции скоростей масс имеют значительную колебательность, которая приводит к снижению ресурса и надежности элементов механизма. На рис. 2. г) приведена переходная функция деформации I_{12} упругой связи между массами J_1 и J_2 .

Аналитически деформация определяется как интеграл от разности скоростей масс соединенных упругой связью и в операторной форме определена по выражению:

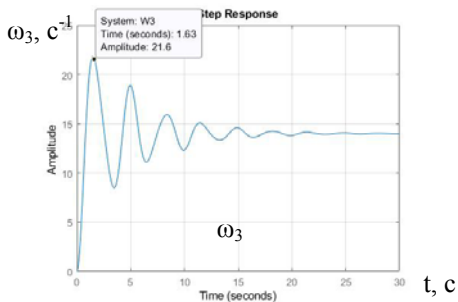
$$I_{12}(s) = \frac{\omega_1(s) - \omega_2(s)}{s} \cdot u_y(s) = \frac{3243 \cdot s^2 + 1618 \cdot s + 34058}{\Psi(s)}$$



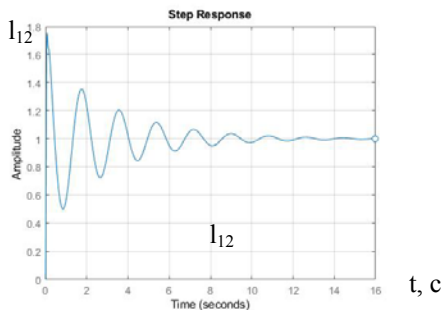
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Переходные функции скоростей масс: а) - скорости ω_1 , б) - скорости ω_2 , в) - скорости ω_3 , г) - переходная функция деформации I_{12} упругого звена между массами J_1 и J_2 .

Колебательность деформации упругого звена приводит к ускорению износа механической связи между массами J_1 и J_2 . Демпфирование возникающих колебаний возможно путем введения в структуру электропривода систем автоматического управления.

Литература

1. Ребенков Е.С. Синтез нечеткого регулятора частотно-управляемого электропривода конвейера с упругими связями./ Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд. "Горная книга" №4. 2016. с. 68-75.

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

УДК 004.896

Брыков Б.А., Ковальчук А.В., Осокин П.К., Лопатин А.Г.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РОБАСТНО-АДАПТИВНОГО
ПОДХОДА ДЛЯ СИНТЕЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ СЛАБОДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ
ОБЪЕКТАМИ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Задача управления объектами химической технологии сводится к синтезу системы автоматического регулирования (САР), способной оптимально поддерживать заданное значение технологической величины с учетом требований к энерго- и ресурсосбережению. На первый взгляд, решение данной задачи не должно вызывать каких-либо сложностей. Долгое время известны и повсеместно распространены классические САР, использующие в своей основе ПИД регулятор. К сожалению, такие САР способны обеспечить оптимальное управление лишь в условиях наличия информации о состоянии объекта управления. В большинстве случаев получение текущей информации с объекта как минимум затруднено, однако есть методы качественно оценить тенденции дальнейшего развития ситуации на объекте.

Один из способов такого отслеживания заключается в анализе состояния сигналов ошибки регулирования и ее первой производной. Каждому типовому состоянию объекта всегда будет соответствовать определенное сочетание значений этих величин. Более того, можно развить данный принцип и анализировать лишь знаки этих величин. Таким образом, можно существенно упростить задачу синтеза базы знаний для интеллектуального управляющего устройства – супервизора, который мог бы каждый момент времени изменять настройки ПИД регулятора, «ослабляя» или «усиливая» их в зависимости от контекста ситуации. Улучшить результат работы такого супервизора можно путем дополнительного анализа знаков второй производной сигнала ошибки и/или первой производной сигнала управления.

Приоритетным направлением развития интеллектуальной САР является совмещение в одной структуре супервизора и нечеткого робастного ПИД-подобного контроллера, что дополнительно улучшит качество управления объектом благодаря возможности более тонкой на-

стройки контроллера. В такой САР супервизор будет вырабатывать масштабирующие сигналы для нечеткого контроллера, который будет формировать итоговый сигнал управления.

УДК 681.515.8

Брыков Б.А., Камынин В.А., Мелешкина В.А., Маслова Н.В.

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

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ КЛАССИЧЕСКОЙ САР В НОМИНАЛЬНОМ И КРИТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Классические системы автоматического регулирования (САР) работают по сигналу ошибки, то есть по разнице между текущим и заданным значением технологической величины. В промышленности в качестве регулятора обычно выступает ПИ или ПИД регулятор, на который поступает сигнал ошибки, а он вырабатывает управляющие воздействие для регулирующего органа. Такие системы просты в реализации и настройке, так как обычно требуется только рассчитать коэффициенты регулятора. Как показывает практика и исследования в программах имитационного моделирования, классические САР хорошо отрабатывают только в номинальных режимах работы, то есть когда параметры технологического объекта управления не изменяются или меняются незначительно во времени.

Однако есть ряд процессов, к примеру, синтез суспензионного полистирола в реакторах-полимеризаторах. Данный периодический процесс в определённый момент времени сопровождается явлением гелевого эффекта, то есть происходит резкое и нежелательное тепловыделение. Если быстро не стабилизировать и допустить отклонение температуры более чем на 5-7%, то значительно снижается выход и, самое главное, качество готового продукта, а также следуют материальные убытки.

Для исследования работы САР в различных режимах была получена математическая модель реактора-полимеризатора и 5 передаточных функций по одному из каналов управления. Целью исследования являлось определение возможности функционирования САР в номинальном и критическом режиме работы объекта. В критическом режиме менялись значения коэффициентов передаточной функции, а именно коэффициент усиления увеличивается в 5 раз, а постоянная времени уменьшается в 1.33 раза. В результате в критическом режиме во время подачи внешних возмущений, САР выходила из устойчивого состояния и получался расходящийся процесс. Таким образом, экспериментально установлено, что классические системы не подходят для управ-

ления реактором-полимеризатором. Для работы в таких режимах требуется использовать более сложные структуры САР.

УДК 544.431.7

Брыков Б.А., Федин Н.А., Антонович В.Ю., Маслова Н.В.

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

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СТИРОЛА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

В настоящее время на долю полимерных материалов приходится огромный объём выпускаемой продукции в самых различных отраслях. Под процессом полимеризации принято понимать процесс образования высокомолекулярных веществ путём многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества к активным центрам в растущей молекуле полимера.

В промышленности применяются четыре основных метода полимеризации: суспензионная полимеризация, эмульсионная полимеризация, объемная полимеризация и полимеризация в растворе. Проведем исследование процесса суспензионной полимеризации стирола, так как в настоящее время данный способ является самым распространенным.

Кинетика суспензионной полимеризации стирола включает в себя 3 стадии: инициирование, рост и обрыв цепи. Для такой кинетической схемы по экспериментальным данным была создана математическая модель, с использованием которой проведён ряд имитационных исследований процесса, при различных начальных условиях. Главной целью в ходе моделирования являлось исследование процесса с учётом изменения температурного режима на разных этапах протекания процесса, чтобы проверить возможность в интенсификации процесса. Для наглядности проведённых исследований были получены графики степени конверсии стирола при различных температурных режимах, а также с учётом постепенного повышения температуры.

На основании полученных данных можно сделать определенные выводы. Так, чем выше изначальный температурный режим, при котором проводится процесс, тем меньше можно повысить температуру на стадии дополимеризации. Это связано с тем, что при достижении определенной температуры происходит процесс распада стирола. Так же справедливо и обратное утверждение – чем ниже изначальный температурный режим, тем больше можно повышать температуру, но так же не выше температуры распада мономера. Исходя из вышесказанного,

можно обобщить, что чем больше будет разность температур, тем больший можно получить выигрыш во времени проведения процесса.

УДК 681.516.3

Брыков Б.А., Гаврилов В.А., Левшин А.С., Маслова Н.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МЕТОДЫ РАСЧЕТА КАСКАДНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Каскадные системы применяют для автоматизации технологических объектов, которые обладают большой инерционностью по каналу управления. Каскадная система включает два контура регулирования – основной контур, который служит для стабилизации основного (как правило, более инерционного) канала управления, и вспомогательного контура для регулирования вспомогательной, менее инерционной, координаты.

Расчет каскадной системы управления предполагает определение настроек регулятора как в основном, так и во вспомогательном контуре регулирования. Настройки регуляторов взаимосвязаны, исходя из чего, их расчет проводят методом итераций.

Каждый шаг итераций предполагает расчет одноконтурной системы автоматического регулирования (САР), в которой один из регуляторов относят к эквивалентному объекту.

Различают два метода расчета каскадных САР. Первый метод – расчет с основного регулятора. Данный подход используют, когда инерционность вспомогательного канала намного меньше, чем основного. На первом шаге допускается, что частота основного регулятора намного больше вспомогательного, в результате чего в первом приближении настройки основного регулятора не зависят от настроек вспомогательного. На втором шаге находят настройки вспомогательного регулятора для эквивалентного объекта, в передаточную функцию которого подставляют значения, найденные на первом шаге.

При использовании второго метода расчета каскадной САР вычисление настроек начинается со вспомогательного контура. На первом шаге предполагается, что внешний регулятор отключен, в результате чего настройки вспомогательного регулятора находят по одноконтурной САР. На втором шаге рассчитанные ранее значения подставляют в передаточную функцию эквивалентного объекта, в результате чего получают настройки основного регулятора.

Для приближенного расчета можно ограничиться двумя шагами, однако при точных расчетах итерации проводят до тех пор, пока на-

стройки регуляторов, найденные в двух последовательных итерациях, не совпадут с заданной точностью.

УДК 62-503.5

Корольков П.В., Старкова В.К., Соболев А.В.

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛОННЫ СИНТЕЗА АММИАКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Наличие большого количества параметров, имеющих нечёткий характер, несут за собой ряд сложностей при математическом моделировании процесса синтеза аммиака. Математическое описание их поведения в каждой точке внутри катализаторного слоя невозможно и влечёт за собой вероятностный или нечеткий характер распределения значений соответствующих параметров.

Основными параметрами, имеющими нечеткий характер распределения и влияющими на скорость химической реакции в корзине катализатора, являются: порозность засыпки катализатора, скорость газового потока, вязкость среды, размер фракции катализатора. Невозможность математически описать влияние одного параметра на другой заставляет нас переходить от классической математической модели к нечёткой.

$$\omega_{xp} \left(C_{ij}^k, T_{ij} \right) = f \left(C_{ij}^k, T_{ij}, \bar{\zeta} \right),$$

где C_{ij}^k – концентрация соответствующего компонента реакции в ячейке, [моль/ м³]; T_{ij} – температура в ячейке, [°K]; $\bar{\zeta}$ – вектор неоднородности, в который входят следующие параметры: порозность засыпки катализатора, скорость газового потока, вязкость среды, размер фракции катализатора. Для математического описания такого вектора необходимо прибегнуть к закону распределения случайных величин либо к принятию конкретного вида положения вектора (линейной, параболической, и т.д.). Неоднородности оказывают существенное влияние на выход продукта из-за большой разности температур в отдельных точках слоя катализатора, и понимание причин их возникновения ведёт к правильному ведению всего производственного процесса.

УДК 62-503.5

Корольков П.В., Фомин К.С., Соболев А.В.

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

АНАЛИЗ РАБОТЫ КОЛОННЫ СИНТЕЗА АММИАКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Ввиду наличия неопределённости изменения свойств катализатора, трудно произвести оценку изменения концентраций компонентов газовой смеси после прохождения катализаторной коробки. Классическая математическая модель не позволяет в полной мере спрогнозировать значения технологических параметров из-за вероятностного характера изменения свойств катализатора по ширине и высоте слоя. Поэтому для решения этой проблемы предлагается перейти от классической математической модели к нечёткой модели.

Переход к нечёткой модели был произведён с использованием уравнений регрессии при различных значениях активности катализатора, которые можно описать с помощью нечёткой логической переменной и её лингвистического аналога. Основными факторами, влияющими на процесс, являются: концентрация азота (x_1) и водорода (x_2) на входе в слой, объёмный расход (x_3) синтез-газа, подаваемый в конкретную зону катализаторной коробки. Уравнение регрессии выбираем в виде:

$$y = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 x_1 + \tilde{a}_2 x_2 + \tilde{a}_3 x_3 + \tilde{a}_4 x_1 x_2 + \tilde{a}_5 x_2 x_3 + \tilde{a}_6 x_1 x_2 x_3.$$

В качестве отклика выбраны: температура внутри колонны синтеза (Т), концентрация аммиака (C_{NH_3}), концентрация азота (C_{N_2}) и водорода (C_{H_2}). Последующая оценка значений выходных параметров производится по секторам катализаторного слоя и катализаторным коробкам на основе результатов замера температуры с помощью соответствующих датчиков.

УДК 62-503.5

Корольков П.В., Мосейчук Р.А., Соболев А.В.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОЛОННЫ СИНТЕЗА АММИАКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Существующий в настоящее время способ управления колонной синтеза аммиака заключается в подводе холодного циркуляционного газа после каждой катализаторной коробки, что затрудняет возможность энергоэффективного управления колонной. После просчёта различных вариантов расположения зон управления был выбран опти-

мальный вариант – четыре зоны. Управление неоднородным слоем катализатора по зонам, на которые он делится путём подачи в каждую требуемого количества холодного газа, с целью поддержания оптимального температурного режима по всему объёму реактора, что обеспечивает максимальную производительность.

Поскольку катализатор может распределяться на полке неравномерно, изменять со временем свою активность и т.д., то такой способ управления позволяет выявить зоны "неэффективного" использования катализатора и перераспределить охлаждающий поток таким образом, чтобы «максимально» нагрузить зоны с высокой активностью катализатора. Одновременно с этим перераспределение потоков направлено на повышение энергоэффективности управления колонной. Помимо этого наличие различных случайных факторов в той или иной степени влияют на энергоэффективность управления колонной (например, определяемой величиной потери эксергии). В результате этого можно попытаться найти такое распределение потоков, чтобы минимизировать потери эксергии и одновременно обеспечить высокую производительность по получаемому целевому продукту – аммиаку.

Для минимизации потерь эксергии воспользуемся методами нечёткого управления. Необходимо получить регрессионные зависимости для параметров газовой смеси. Определиться с ограничениями для температуры и выхода продукта. После выбора управляющей переменной провести серию экспериментов. По их итогам определить степень принадлежности полученных результатов и по функции минимизации выбрать итоговый результат.

УДК 658.562

Ковальчук А.В., Лопатина С.В.

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

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ПРОФИЛАКТИКА БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИСТИРОЛА

Полистирол – это термопластичный полимер с линейной структурой, являющийся продуктом полимеризации стирола. Физические и химические характеристики, а также эксплуатационные свойства полистирола зависят от способа его получения, молекулярной массы, полидисперсности и других факторов. Его используют в производстве одноразовой пластиковой посуды, различных пластиковых упаковок, теплоизоляционных плит, полистирольных звукопоглощающих элементов, клеевых основ, полимерных концентратов и т.д.

Показатели качества полистирола, которые необходимо контролировать: массовая доля остаточного стирола, массовая доля воды, показатель текучести, диэлектрическая проницаемость, коэффициент интегрального светопропускания. Приемка полистирола производится партиями. За партию принимают количество полистирола, получаемого одним методом, однородного по показателям качества, одной марки, одного цвета, сопровождаемого одним документом о качестве. Технические требования к полистиролу можно найти в ГОСТ 20282-86 «Полистирол общего назначения».

Выделяют 5 причин брака: некачественное сырье; нестабильная работа оборудования; технология производства; условия работы персонала; непрофессионализм и безответственность рабочих. Для организации контроля качества и профилактики брака на производстве создается отдел технологического контроля. В его задачи входит разработка методов и систематическое проведение анализа производства, проектирование и осуществление процесса контроля качества (то есть стабильная проверка производства), определение и введение организационных форм контроля.

Работы по контролю качества и профилактика брака организуются через процессный подход. При этом структура контроля включает три взаимосвязанных элемента: контроль сырья, контроль процессов производства и традиционный контроль качества готовой продукции. Систематический сбор данных и контроль выполнения мероприятий по результатам исследования качества являются мероприятиями по совершенствованию качества. Такая поддержка СМК создает условия для стабильного качества полистирола.

УДК 681.2 : 536.083

Азима Ю.И., Сидельников С.И., Шеремет И.И.

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

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДВУХМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В СРЕДЕ MATHCAD

В процессе научных изысканий наряду с получением новых, перспективных результатов, имеет место не менее важная и сложная задача - проверка их достоверности. Один из наиболее очевидных путей проверки достоверности, это натурные исследования на реальном объекте или на его, максимально приближенной, физической модели. Другой путь предполагает использование математических моделей объекта исследования.

В данном докладе речь идет о проверке достоверности некоторых уравнений, описывающих процесс теплопроводности, в частности, в двухмерном твердом теле различной геометрии: пластине и цилиндре. Данные уравнения будем называть интегральной формой уравнения теплопроводности (ИФУТ). На их основе были разработаны различные нестационарные методы измерения теплофизических свойств и тепловых потоков. ИФУТ можно записать для любой выбранной координаты, в направлении которой происходит перенос тепла, при этом оно учитывает тепловые потоки по другим координатам.

Для проверки достоверности полученных уравнений требовалось найти математическое описание температурного поля для вышеуказанных тел путем численного решения краевых задач теплопроводности. Затем подставить его в ИФУТ и, если получится тождество, то уравнение можно считать достоверным.

При разработке дискретных моделей тепловых объектов применялся интегро – интерполяционный метод построения консервативных разностных схем, предложенный акад. А.Н. Тихоновым и акад. А.А Самарским. Дискретные модели и решения осуществлялись в системе MathCad с использованием встроенная функция Radau, обеспечивающей устойчивое решение жестких систем дифференциальных уравнений, описывающих дискретную модель объекта. В докладе подробно рассмотрены вопросы составления системы дифференциальных уравнений для различных двухмерных объектов. Приводятся результаты вычислительных экспериментов.

УДК 378

Фомин К.С., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**О «ЦИФРОВОМ СЛЕДЕ» СТУДЕНТА В УСЛОВИЯХ
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Понятие «цифрового следа» появилось относительно недавно и в связи с цифровизацией образовательного процесса в ВУЗах является особенно актуальным при организации дистанционного обучения в условиях введения ограничительных мер. «Цифровой след» студента может рассматриваться как результат его активности на различных интернет-ресурсах, при использовании сетевых сервисов, посещении конкретных сайтов, активности в соцсетях и мессенджерах и т.д. Несмотря на то, что вопрос «принадлежности» цифрового следа на данный момент является спорным: компании, предоставляющей интернет-услуги или собственно человеку, ими пользующемуся – получение

информации о цифровом следе студента в рамках образовательной системы, используемой в ВУЗе, является важным моментом для объективной оценки учебной деятельности каждого конкретного обучающегося по изучаемой дисциплине. Система поддержки учебных курсов Moodle предоставляет возможность получения «информационных следов» обучающихся в виде различных видов отчетов: «логи» – включают в себя IP-адреса компьютеров пользователей и дату/время обращения к курсу или элементу курса; «участие в курсе» – отображает конкретный элемент модуля курса и участие/неучастие в нём конкретного студента с возможностью реализации обратной связи в виде сообщений. Используемая система тестирования при этом позволяет отслеживать своевременность изучения конкретной темы; количество попыток, которое потребовалось для получения удовлетворительной оценки по данному разделу курса; собственно оценку – с возможностью анализа динамики её получения. Анализ активности студента во время организации дистанционного обучения позволяет максимально объективно оценивать его учебную деятельность, своевременно получать информацию о невыполненных (просроченных) заданиях и заданиях, находящихся в процессе выполнения для своевременного принятия мер для возможности реализации индивидуальной траектории обучения и обеспечения его успешности. В целом – анализ «цифрового следа» обучающегося является одним из наиболее перспективных направлений цифровизации учебной деятельности ВУЗов с возможным распространением и на внеучебную (в частности, волонтерскую) деятельность студентов.

УДК 378

Жирноклеев Н.К., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.

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

ОБ ОПЫТЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ САМОИЗОЛЯЦИИ

В настоящее время в связи с введенными ограничительными мерами ВУЗы вынуждены переходить на дистанционный способ обучения, что выявило ряд особенностей системы дистанционного образования Moodle. Наличие теоретических материалов (лекций, методических указаний по выполнению индивидуальных заданий, ссылок на видеоролики и пр.) и тестов по ним позволяет студентам, мотивированным на учебу, достаточно успешно осваивать соответствующие разделы дисциплин, самостоятельно контролируя достигнутый результат и проявляя самостоятельность в использовании дополнительных учебных ма-

териалов при повышении уровня самоорганизации. Реализованная система обратной связи в виде службы сообщений и отзывов на выполненные задания позволяет студентам оперативно получать ответы на вопросы, возникающие в процессе выполнения индивидуальных заданий. К трудностям реализации дистанционного обучения можно отнести утомление из-за монотонности процесса (студенты и преподаватели вынуждены проводить большое количество времени перед экраном компьютера); преподавателю сложно оценить готовность студентов к занятию, а также понять, чем они заняты во время занятия; невозможность определения реальности аутентифицированного пользователя, зарегистрировавшегося в системе; безэмоциональность обратной связи; необходимость многократного ответа на одни и те же вопросы индивидуально каждому студенту при дистанционном выполнении заданий; невозможность проведения занятий на лабораторных установках или специальном оборудовании, требующем физического присутствия студента в аудитории. Из вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что при всех имеющихся достоинствах система поддержки учебных курсов не способна полностью заменить «живое» общение студента и преподавателя, особенно при проведении итоговой аттестации по дисциплине, в связи с чем имеющуюся систему целесообразно дополнить каким-либо программным продуктом с возможностями визуализации сторон, проведения вебинаров, онлайн-трансляций и видеоконференций, создания рабочих групп студентов, а также верификации процедуры проведения итоговой аттестации онлайн, что повысит объективность оценки, получаемой студентом по сдаваемой дисциплине.

УДК 004

Соколов И.С., Санаева Г.Н., Моисеева И.Д.

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПОНЯТИЯ «ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ»

Появившееся сравнительно недавно понятие «периферийные вычисления» (edge computing) представляет собой технологию, связанную с перемещением услуг, данных и интеллекта ближе к пользователям и устройствам, тогда как традиционные облачные вычисления связаны, как правило, с централизованной обработкой данных. «Периферийные вычисления» на производстве ассоциируются в первую очередь с «интернетом вещей» (IoT). При этом они способны обеспечить быстрые вычисления по требованию и работу приложений в режиме

реального времени, позволяют анализировать и фильтровать данные ближе к датчикам, передавая далее, например, в облако – только релевантные данные; во время сбоев работы обеспечивают более быстрый отклик по сравнению с облачной платформой; обеспечивают конфиденциальность данных обработкой их «на местах»; уменьшают нагрузку на облачные хранилища и пропускную способность сети. «Периферийные вычисления» являются продолжением и расширяют возможности технологий Open Source, контейнеризации, DevSecOps и др. В общем случае периферийные вычисления могут рассматриваться как часть общей гибридной облачной архитектуры. Необходимость «периферийных вычислений» продиктована тенденцией вывода предприятиями инфраструктуры из облачных центров обработки данных на периферийные узлы, что связано с существенной экономией ресурсов. Основные направления потенциального использования «периферийных» вычислений связаны с отраслями, в которых недопустимы задержки в принятии решений: 5G-сети, автономная транспортная инфраструктура, интеллектуальная обработка видео в реальном времени, интеллектуальный IoT, высокопроизводительные конвейеры, автономное управление роботами или дронами, 3D-картографирование. В приближенном к рядовому обывателю понимании «периферийные вычисления» – это системы дополненной и смешанной реальности, например, при реализации компьютерных игр. Несмотря на отсутствие в данный момент стандартов применения, «периферийные вычисления» имеют очень широкие перспективы для транспортной и добывающей отраслей, коммунальной сферы, средств массовой информации и индустрии развлечений, а также в кросс-отраслевых решениях.

УДК 378

Жирноклеев Н.К., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.

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

ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ZOOM

В настоящее время при использовании дистанционного способа обучения возник вопрос о необходимости поддержания качества учебного процесса, в связи с чем преподаватели столкнулись с необходимостью применения современных сервисов удаленного взаимодействия со студентами. Для организации такого общения помимо возможностей, предоставляемых средствами электронной почты или системы поддержки учебных курсов (например, Moodle), целесообразно использование программного продукта с возможностями реализации речевого общения, видеосвязи, чата и т.д. при поддержании качест-

венного интернет-соединения с удаленными участниками. Среди современных систем обеспечения удаленной связи для нескольких участников наиболее популярной является программа Zoom, способная обеспечить дистанционное проведение занятий в виде онлайн-конференций, при этом возможны как индивидуальный, так и групповой режимы обучения. Наличие возможности бесплатной работы, пусть и с ограничением по времени (40 минут) и по количеству участников (до 100 человека), а также возможность использования на мобильных устройствах является несомненным достоинством Zoom. Для начала работы организатору встречи следует создать собственную учётную запись, после чего выполнить настройки проведения конференции и пригласить участников. При планировании конференции следует задать ее тему, время начала и продолжительность и т.д. Приглашение формируется автоматически и может включать в себя ссылку на конференцию для входа из браузера, ее идентификатор и пароль. Для подключения к конференции участники также могут использовать клиентское приложение для конференций, предварительно установив его на свой компьютер. Основные возможности Zoom: обеспечение качественной связи во время всего сеанса; видео- и аудио связь с каждым участником (при этом организатор имеет возможность включения/выключения микрофонов и видео участников, а также запроса у них на включение экрана); возможность демонстрации экрана или его части со звуком; наличие встроенной интерактивной доски; наличие чата с возможностью обмениваться информацией и между всеми участниками, и приватно; запись урока как на ПК или облако; возможность передачи управления организатором кому-либо из участников – существенно облегчают дистанционное проведение занятий.

УДК 681.384

Предместын В.Р., Мелешикина В.А.

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

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Ослабленные (всережимные) настройки регуляторов, являются основным недостатком в работе действующих систем. В то же время они могут обеспечить работоспособность систем регулирования при изменении режимов работы промышленных установок. Основными факторы, влияющими на настройки стандартных регуляторов: изменение свойств сырья; нагрузка на аппарат; изменение природных условий; ремонт и обновление технологического оборудования; человеческий фактор.

Большинство методов улучшения качества, которые предлагает теория управления, являются по сути непригодными для промышленных условий. Например, методы, которые могут обеспечить улучшение качества путем повышения порядка управляющих устройств, также уменьшают область устойчивости в пространстве параметров модели объекта. Следовательно, эти предложения крайне чувствительны к неточному соответствию модели объекту и к изменяющимся параметрам модели.

Создание методов на основе дополнительной информации о возмущениях, которые поступают на регулируемый объект, является успешно применяемым на многих промышленных объектах решением и позволяет получить ощутимый прирост качества. Несмотря на то, что эти методы используют модель объекта, они как правило менее критичны к изменениям параметров модели.

Применение робастных методов при расчете настроек вызывает их ослаблению. Следовательно, данные методы можно рассматривать как алгоритмы, которые уточняют, то на сколько необходимо ослабить настройки. Стоит отметить, что здесь задание вида, параметры распределений и предположение стационарности распределений являются далеко не очевидными предпосылками.

К сожалению, от применения в промышленных условиях адаптивных устройств САР, которые автоматически подстраивают настройки регуляторов к изменению характеристик объектов пришлось отказаться, как в виду того, что они не прижились на предприятии, так и в виду их дискредитации в мнениях эксплуатационного персонала. Вероятной причиной этой дискредитации является вмешательство в работу действующих агрегатов, которое не было санкционировано эксплуатационным персоналом. Вдобавок характер и периодичность возмущений, которые используются в некоторых предложениях, являются недопустимыми для подавляющего большинства промышленных агрегатов.

УДК 681.51

Щербаков И.Г., Сидельников С.И.

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

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ И ИХ ДИАГНОСТИКА

Современная система управления двигателем это сложная система и должна: оптимизировать смесеобразование на всех эксплуатационных режимах, обеспечивать снижение расхода топлива, управлять процессом сгорания, контролировать и регулировать систему нейтра-

лизации отработавших газов (ОГ). При этом блок управления современной системы управления двигателем выполняет следующие функции: управление впрыском топлива, управление зажиганием (системой зажигания с индивидуальными катушками), регулирование частоты вращения вала двигателя на режиме холостого хода, регулирования системы нейтрализации ОГ по сигналам двух датчиков кислорода, управление системой вентиляции топливного бака, обеспечение электропривода дроссельной заслонки, регулирование скорости автомобиля, управление системой подачи вторичного воздуха, регулирование зажиганием по сигналам датчиков детонации, непрерывное управление фазами впуска и двухпозиционное управление фазами выпуска, управление подвеской двигателя, регулирование температуры охлаждающей жидкости, управление вакуумным электронасосом, электронная стабилизация движения автомобиля, проведение самодиагностики.

Результаты диагностики - это правильно определенные неисправные компоненты (узлы, блоки, детали и т.д.). Стоит отметить, что при диагностировании системы управления причина обязательно должна быть найдена точно, со 100-процентной уверенностью. На практике диагностика нужна не только для поиска неисправности (хотя эта причина преобладающая). В ходе планового технического обслуживания автомобиля полезно делать профилактическую диагностику, чтобы выявить скрытые неисправности, не проявляющие себя до поры до времени.

Когда неисправная система найдена, то с помощью тех же средств выявляют неисправную «подсистему». В системе управления неисправность следует искать в «подсистемах» топливодозирования, зажигания, управления холостым ходом или снижения токсичности выхлопа. Конкретную причину неисправности определяют на заключительной стадии - при локализации неисправного компонента, детали или узла.

УДК 62-685

Чупрова А.С., Лопатин А.Г.

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

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

В САР теплообменниками для осуществления заданного качества регулирования в процессе работы САР необходимо обеспечить целенаправленное изменение динамических характеристик регулирующих

переменных таким образом, чтобы компенсировать нежелательные изменения свойств объекта управления.

Прежде чем строить САР, необходимо изучить статические и динамические характеристики теплообменного аппарата. Для этого используются математические модели. В случае сложного объекта используется принцип декомпозиции: объект регулирования разбивается на простейшие элементы; строятся математические модели этих элементов; используя структурные методы, строится модель объекта в виде дифференциального уравнения, или системы дифференциальных уравнений, от которых переходят к передаточным функциям.

Исследование динамики системы автоматического регулирования температурой на выходе из теплообменника проводится на примере теплообменного аппарата типа «вытеснение – вытеснение».

Для выявления и анализа факторов, влияющих на значение температуры потоков на выходе из теплообменного аппарата, составлены основные уравнения описывающие процессы протекающие в теплообменнике, а именно уравнения теплового и материального баланса для теплоносителя и хладагента для статического и динамического режимов. Уравнения теплового баланса составлялись для случая с учетом тепловой инерционности разделительной стенки и без учета.

Математическая модель реализована в графической среде имитационного моделирования Simulink, которая позволяет производить исследование влияние различных каналов управления теплообменником и оценивать влияние различных возмущений на качество работы теплообменника. Так же возможно оценить качество работы одноконтурных и многоконтурных систем управления. Выявить наиболее оптимальный канал управления для заданных возмущений или систему автоматического регулирования.

УДК 62-551.454

Распонов А.Н., Лопатин А.Г.

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПИД РЕГУЛЯТОРОВ

На сегодняшний день имеется большое количество публикаций, посвященных выбору параметров настроек регуляторов САР промышленных объектов. К числу разработанных методов настройки относятся точные и приближенные методы, поисковые и беспоисковые, методы, предназначенные для использования непосредственно на действующем объекте или в лабораторных условиях.

В качестве типового регулятора выбран ПИД регулятор. Популярность этого типа регулятора огромна. Это связано с их простой реализацией, а также с тем, что для многих объектов регулирования эти регуляторы дают неплохое качество регулирования.

В данной работе исследуются приближённые, инженерные методы настройки регуляторов по определённым формулам в зависимости от характеристик объекта регулирования. Несмотря на то, что методы носят приближённый характер они применяются очень часто, так как они не требуют глубокого исследования системы и их настройки жёстко формульно связаны с параметрами объекта управления, что делает их довольно универсальными. Цель работы выявить наиболее оптимальные настройки с точки зрения получения более качественного процесса регулирования. Так как качество оценивается по нескольким параметрам, то и оптимальность настроек условна в зависимости от выбранного критерия.

В качестве тестового сигнала будет взято единичное ступенчатое воздействие, как одна из наиболее тяжёлых форм возмущения из-за высокой скорости изменения сигнала. САР будет проверяться как по сигналу поступающему на вход системы (задающее воздействие), которое система должна обрабатывать с приемлемым качеством, так и по внешним возмущениям которые не являются полезными для объекта регулирования и должны наоборот гаситься регулятором.

В качестве основных инженерных методов настройки параметров регулятора рассмотрены получившее наибольшее распространение и хорошо описанные в различных источниках. Всего в работе исследовано четыре метода настройки параметров регуляторов: Копеловича; Чина-Хронеса-Ресвика; Козна-Куна; Всероссийского теплотехнического института (ВТИ).

УДК 62-503.5

Комягин Д.И., Соболев А.В.

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

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

При управлении технологическими процессами приходится сталкиваться с ситуациями, когда невозможно получить точное математическое описание объекта ввиду наличия большого количества факторов, непосредственное измерение которых невозможно, имеющих вероятностный характер распределения и т.д. В результате требуется применение методов теории нечетких множеств.

Формализованная постановка задачи оптимального управления имеет следующий вид: найти вектор изменяемых величин $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, для которого $\tilde{y} = \tilde{f}(x) \rightarrow \tilde{m\grave{a}x}$, при условиях $\tilde{\varphi}_i(x) \subseteq \tilde{B}_i, i = \overline{1, m}; x \in X$. Здесь \tilde{f} и $\tilde{\varphi}_i (i = \overline{1, m})$ - нечеткие функции $\tilde{f}, \tilde{\varphi}_i: F(R^n) \rightarrow F(R)$, где $F(R)$ и $F(R^n)$ - совокупности нечетких множеств, определенных на множестве действительных чисел R и на n -мерном пространстве R^n ; $\tilde{m\grave{a}x}$ - нечеткий максимум, \tilde{B}_i - нечеткие числа.

Пусть $f(x)$ - функция, определенная на множестве X . Предположим, что она ограничена сверху $\sup(f)$ и снизу $\inf(f)$. Максимизирующее множество M функции $f(x)$ является нечетким множеством с функцией принадлежности:

$$\mu_M(x) = \frac{f(x) - \inf(f)}{\sup(f) - \inf(f)}, \forall x \in X$$

Нечеткий максимум $f(M)$ функции $f(x)$, т.е. нечеткое множество на Y , является образом максимизирующего множества при отображении f с функцией принадлежности:

$$\mu_{f(M)}(y) = \sup_{x \in f^{-1}(y)} \mu_M(x).$$

Здесь Y - область значений функции $f(x)$.

Пусть, например, функция цели четкая, а ограничения нечеткие, тогда под максимизацией функции $f(x)$ в нечеткой области понимается нахождение такого элемента $x^* \in X$, который с наибольшей степенью принадлежности принадлежит как максимизирующему множеству M функции $f(x)$, так и нечеткой области D . Степень принадлежности этого элемента:

$$\mu(x^*) = \sup_{x \in X} \min[\mu_M(x), \mu_D(x)]$$

Решение последней задачи представляет собой совокупность решений на α -сечениях, т.е.:

$$\mu(x^*) = \sup_{x \in X} \min[\mu_M(x), \mu_D(x)] = \sup_{\alpha \in [0,1]} \min \left[\alpha, \sup_{x \in D_\alpha} \mu_M(x) \right]$$

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПФЭ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Одним из подходов к получению математической модели объекта управления является проведение полного факторного эксперимента (ПФЭ) с последующим построением уравнения регрессии. Данный метод целесообразно использовать, если существует возможность проведения активного эксперимента на действующем производстве, а также для упрощения математической модели сложного технологического процесса и последующей оценки его состояния, в частности, когда имеют место нечеткости в определении значений технологических параметров. Рассмотрим подход к получению уравнения регрессии во втором случае.

Для проведения ПФЭ требуется задаться базовыми значениями изменяемых величин (факторов) $(x_{i0}, i = \overline{1, m})$, а также их интервалами варьирования (Δx_i) . В результате i -ый фактор при проведении эксперимента может принимать значения: $x_i = x_{i0} \pm \Delta x_i$. Общее количество опытов в соответствии с ПФЭ будет равно: $N=2^m$. Используя более подробную математическую модель, проводится указанное количество экспериментов при различных уровнях варьирования факторов и фиксируется значение отклика (выходной величины) для каждого такого набора. После этого переходят к построению уравнения регрессии, которое в общем случае имеет вид:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m a_{ij} x_i x_j + \dots,$$

где a_0, a_i, a_{ij} - постоянные коэффициенты.

Коэффициенты рассчитываются методом наименьших квадратов, после чего их проверяют на значимость (по критерию Стьюдента) и окончательно проверяют уравнение регрессии на адекватность (по критерию Фишера).

Обработку результатов экспериментов удобно проводить с использованием программы MathCad. Она имеет встроенную функцию, позволяющую выполнить все указанные выше действия.

Если объект управления сложный и требуется получить уравнение регрессии при вероятностных значениях параметров, то получаемое

уравнение будет иметь нечеткий характер и выглядеть следующим образом:

$$\tilde{y} = \tilde{a}_0 + \sum_{i=1}^m \tilde{a}_i x_i + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \tilde{a}_{ij} x_i x_j + \dots$$

где $\tilde{a}_0, \tilde{a}_i, \tilde{a}_{ij}$ - нечеткие коэффициенты уравнения регрессии.

Составленная таким образом модель может использоваться для прогнозирования состояния технологических объектов в условиях неопределенностей.

УДК 377.36

Лисин В.М., Янцев С.В.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДЕТСКИХ ТЕХНОПАРКОВ В РОССИИ

В современном мире одними из двигателей инновационной культуры являются т.н. технопарки, которые как раз сочетают науку, техническое творчество, образование, развитие территории и взаимодействие с бизнесом.

Идея развития технического творчества в нашей стране не нова. Еще в 1939 году Петр Капица написал, что техническое творчество и все виды научного творчества могут развиваться только одновременно, идя рука об руку. Но по вполне понятным причинам, в то время эта идея не получила широкого развития.

Можно сказать, что полноценная ее реализация началась в 1980-х годах. Появлялось много кружков и секций технической направленности, в которые было вовлечено достаточно большое количество детей и молодежи.

Еще одним этапом развития технического творчества, но уже на современной основе, стало открытие московского детского технопарка "Кванториум" в 2016 году на территории технопарка "Мосгормаш". В нем сформирована вся необходимая инфраструктура для обучения порядка 450 детей в год и их вовлечения в производственный процесс.

На площадках было реализовано обучение более чем по 10 научно-образовательным направлениям в сфере IT, авто- и авиастроения, роботехники, нейроисследований, химии, биологии и космических средств.

В последнее время наблюдается рост интереса российских абитуриентов к инженерным специальностям и техническому образованию. По прогнозам аналитиков, Microsoft Surface и The Future Laboratory

именно инженеры будут особенно востребованы в следующем десятилетии.

На начало 2020 года сеть «Кванториумов» насчитывает 111 стационарных технопарков и 16 мобильных. Это, конечно, только начало. Стратегия развития российской промышленности и переориентирование ее на инновационные технологии, цифровизацию и внедрение новых методов организации производства является основной причиной появления подобных центров технического творчества. И количество их будет только расти.

УДК 654.029

Лисин В.М., Хабарова Е.Ю.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТЕНТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Одна из общих тенденций развития продуктов информационной безопасности — стремление реализовать различные функции в одном устройстве или программном решении. Как правило, разработчики стараются выполнить решения, которые кроме функций контентной фильтрации еще выполняют и функции антивируса, межсетевого экрана и/или системы обнаружения и предотвращения вторжений. С одной стороны, это позволяет снизить затраты компаний на покупку и сопровождение систем безопасности, но с другой — функциональность таких систем часто оказывается ограниченной. Например, во многих продуктах функции фильтрации Web-трафика сведены только к проверке адресов сайтов относительно какой-либо базы данных категорий сайтов.

К этому же направлению можно отнести и развитие продуктов в соответствии с концепцией Unified Threat Management (UTM), которая обеспечивает унифицированный подход к предотвращению угроз независимо от того, какой из протоколов или какие данные обрабатываются.

Этот подход позволяет избежать дублирования функций защиты, а также обеспечить актуальность данных с описанием угроз для всех контролируемых ресурсов.

В существующих уже достаточно давно областях контентной фильтрации — контроле почты и Интернет-трафика — также происходят изменения, появляются новые технологии.

В продуктах для контроля почтового обмена стала выходить на первый план функция защиты от фишинга. А в продуктах для контро-

ля Интернет-трафика происходит смещение от использования заранее подготовленных баз адресов к категоризации по содержанию, что является очень актуальной задачей при работе с разнообразными портовыми решениями.

Кроме двух указанных выше областей, возникают и новые области применения контентной фильтрации — некоторое время назад начали появляться продукты для контроля за передачей мгновенных сообщений (instant messaging) и peer-to-peer (p2p) соединений. В настоящее время активно разрабатываются также продукты для контроля за VoIP-трафиком.

УДК 681.326

Шарапов А.Р., Силин А.В.

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

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЖУРНАЛ ДЕФЕКТОВ» ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью публикации осветить вопросы, связанные с переходом от бумажного «Журнала дефектов» к его электронному аналогу. При разработке системы «Журнал дефектов» для производственного предприятия необходимо решить несколько вопросов: разработать автоматизированную информационную систему, состоящую из баз данных для записи данных о дефектах на предприятии, обеспечить сбор и регистрацию заявок, оптимизировать и облегчить регистрацию новых дефектов и неполадок, найденных в результате работы. Требуется реализовать доступ в любой временной отрезок и с любого компьютера на промышленном предприятии. Именно эта задача является основополагающей в разработке электронного «Журнала дефектов» на промышленном предприятии. К задачам подготовительного этапа относятся: ввод и редактирование списков цехов, корпусов, отделений, категорий, исполнителей, инициалов, оборудования, позиций, характеристик, подрядных организаций, приоритетов, статусов, управляющих. Задачи, выполняемые после получения всех данных: регистрация заявок по новым дефектам, составление статистики по дефектам и неполадкам, принятие решений по заявкам, распределение ремонтного состава по местам работы.

В результате работы получилось создать автоматизированную информационную систему «Журнал дефектов» для промышленного предприятия, которая оптимизирует работу ремонтного состава цеха центрального ремонта и технического обслуживания (ЦЦРТО), дирек-

ции заводоуправления и дирекции ЦЦРТО, ускоряет обработку заявок по дефектам. Автоматизированная информационная система собирает информацию о всех заявках за всё время её существования, а именно: сотрудник, место дефекта, цех, корпус, отделение, подрядная организация, исполнитель, характеристика оборудования и дефекта. Также данная автоматизированная информационная система является отличным помощником для составления статистики по дефектам. Основное внимание уделено постоянному доступу к автоматизированной информационной системе и архивации заявок. Данную автоматизированную информационную систему можно использовать на других промышленных предприятиях.

УДК 681.326

Шоричева А.И., Юров А.А., Силин А.В., Силина И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Данная рассматривает вышеописанные вопросы и рассматривает технические (программные) средства преодоления СЗПО.

Программы-каталогизаторы, или файловые оболочки ОС. Позволяют просмотр атрибутов файлов, подсчет их количества и общего объема в каталоге приложения, просмотр файлов. Поиск файлов и текстовых и двоичных последовательностей в текстовых и двоичных файлах с выдачей результатов в виде списка смещений относительно начала файла, по которым был найден искомый фрагмент.

Программы - мониторы файловой системы отслеживают изменения, происходящие в файловой системе при запуске определенных программ. Мониторы системных файлов ОС (Registry Monitors) с отслеживаем изменений, вносимые в конфигурационные файлы ОС. Мониторы вызовов подпрограмм ОС. Мониторы обмена данными с системными устройствами (портами). Мониторы сетевого обмена данными. Мониторы активных задач, процессов, потоков и окон. Мониторы конвейеров данных, системных сообщений и высокоуровневого межпрограммного взаимодействия.

Программы перехвата и протоколирования клавиатурного ввода для сохранения информации, введенной в ЭВМ с клавиатуры в специальные файлы протокола, возможна фильтрация сохраняемых данных по дополнительно вводимым критериям.

Программы копирования областей памяти. Сохраняют области оперативной памяти на диск. Восстановления удаленных файлов. По-

байтовое копирование создает максимально точные копии физической структуры носителей данных без учета их логической структуры.

Средства распаковки/дешифрации объектных модулей позволяют получать копии указанных модулей в том виде, в каком они были до их упаковки/шифрации. Средства дизассемблирования объектных модулей ПО для статического анализа алгоритмов СЗПО по мнемокоду. Средства декомпиляции объектных модулей ПО.

Средства отладки объектных модулей с возможностями пошагового выполнения объектного кода, установки точек останова (в т.ч. срабатывающих по условию), просмотра объектного кода ПО в дизассемблированном виде. Поиска и замены текстовых и двоичных последовательностей в текстовых и двоичных файлах.

УДК 681.326

Шоричева А.И., Юров А.А., Силин А.В., Силина И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Системы защиты ПО широко распространены и находятся в постоянном развитии, благодаря расширению рынка ПО и телекоммуникационных технологий. Необходимость использования систем защиты (СЗ) ПО обусловлена рядом проблем, среди которых следует выделить: незаконное использование алгоритмов, являющихся интеллектуальной собственностью автора, при написании аналогов продукта; несанкционированное использование ПО (кража и копирование); несанкционированная модификация ПО с целью внедрения программных злоупотреблений; незаконное распространение и сбыт.

Существующие системы защиты программного обеспечения можно классифицировать по ряду признаков, среди которых можно выделить метод установки, используемые механизмы защиты и принцип функционирования. По методу установки можно подразделить на системы, устанавливаемые на скомпилированные модули ПО; системы, встраиваемые в исходный код ПО до компиляции; и комбинированные. Системы первого типа наиболее удобны для производителя ПО, так как легко можно защитить уже полностью готовое и оттестированное ПО (обычно процесс установки защиты максимально автоматизирован и сводится к указанию имени защищаемого файла и нажатию "Enter"), а потому и наиболее популярны. В то же время стойкость этих систем достаточно низка (в зависимости от принципа действия СЗ), так как для обхода защиты достаточно определить точку завершения работы

"конверта" защиты и передачи управления защищенной программе, а затем принудительно ее сохранить в незащищенном виде. Системы второго типа неудобны для производителя ПО, так как возникает необходимость обучать персонал работе с программным интерфейсом (API) системы защиты с вытекающими отсюда денежными и временными затратами. Кроме того, усложняется процесс тестирования ПО и снижается его надежность, так как кроме самого ПО ошибки может содержать API системы защиты или процедуры, его использующие. Но такие системы являются более стойкими к атакам, потому что здесь исчезает четкая граница между системой защиты и как таковым ПО.

Наиболее живучими являются комбинированные системы защиты. Сохраняя достоинства и недостатки систем второго типа, они максимально затрудняют анализ и деактивацию своих алгоритмов.

УДК 681.326

Гвоздев М.А., Молодииков А.Е., Силин А.В., Силина И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

АНАЛИЗ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЫ

Электронная почта - один из наиболее широко используемых видов сервиса, как в корпоративных сетях, так и в Интернет. Она является не просто способом доставки сообщений, а важнейшим средством коммуникации, распределения информации и управления различными процессами в бизнесе. Роль электронной почты становится очевидной, если рассмотреть функции, которые выполняет почта: обеспечивает внутренний и внешний информационный обмен; является компонентом системы документооборота; формирует транспортный протокол корпоративных приложений; является средством образования инфраструктуры электронной коммерции.

Благодаря выполнению этих функций электронная почта решает одну из важнейших на настоящий момент задач - формирует единое информационное пространство. В первую очередь это касается создания общей коммуникационной инфраструктуры, которая упрощает обмен информацией между отдельными людьми, подразделениями одной компании и различными организациями.

Использование электронной почты для обмена информацией между людьми как внутри отдельно взятой организации, так и за ее пределами способно коренным образом изменить технологии и методы ведения дел. Переход к обмену документами в электронном виде открыва-

ет новые возможности для повышения эффективности труда и экономии средств и времени.

Электронная почта обладает рядом преимуществ по сравнению с обычными способами передачи сообщений (традиционная почта или факсимильная связь). К ним относятся следующие: оперативность и легкость использования; доступность практически в любом месте; универсальность форматов писем и вложений; дешевизна сервиса; надежность и скорость инфраструктуры доставки.

Электронный характер письма позволяет проводить его обработку при помощи дополнительного программного обеспечения. При этом виды обработки электронной почты зависят от характера деятельности организации. Это может быть: создание базы данных электронной почты, формирование различных отчетов, проведение анализа деятельности компании и т.п. Все это позволяет создать единую систему управления документооборотом, полностью интегрированную с остальными информационными процессами в компании.

УДК 681.326

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

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

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ К ПАРОЛЬНЫМ КЭШАМ WINDOWS

В данной статье будут описаны те методы оптимизации при подборе паролей к PWL-файлам. Для этого рассмотрим те алгоритмы, которые используются при шифровании данных в PWL-файлах.

В алгоритме RC4 на входе имеем ключ размером 16 байт, на выходе получаем массив из 256 байт, в котором равномерно и псевдослучайно распределены байты от 0 до 255. Их распределение зависит от входного ключа. Далее по этому алгоритму байтами из массива M с помощью завершающей процедуры RC4 с применением операции XOR расшифровываются любые необходимые данные. MD5 - это операция свертки 64 байт в 16. В итоге получаем из входного массива x (16 DWORD'ов) массив state (всего 4 DWORD'a).

Рассмотрим вариант оптимизация алгоритмов восстановления паролей для повышения быстродействия. Для RC4 сразу же бросается в глаза инициализация массива значениями от 0 до 255, которое происходит при каждом новом значении ключа (т.е. фактически при каждом новом пароле). Чтобы сделать её более эффективной достаточно инициализировать массив не побайтно (256 команд), а, например, используя 32-битные регистры процессора, по 4 байта за 64 команды - и дей-

ствительно, выигрыш по времени будет в 4 раза (конечно же, если массив M выровнен минимум по границе DWORD'a). Для этого используем мультимедиа регистры для инициализации массива из 256 байт затрачиваем 66 команд процессора, которые выполняются за ~35-40 тактов, так как команды PADDB и MOVQ выполняются синхронно. При таком варианте программы дополнительное смещение к EDI будет приводить к увеличению длины команды MOVQ всего на один байт (знаковый диапазон -128...+127) и команда получает длину в 4 байта. А если, например, прибавить к EDI +256, то смещение будет расширено до DWORD'a и длина команды увеличится до 7 байт. Использование же более коротких команд является предпочтительным, так как идет более «плотное» заполнение буфера предвыборки команд и более оптимальное их декодирование процессорами. Ещё эффективнее выполнить приведённые операции можно с использованием более «широких» XMM-регистры из набора команд SSE-х. Используя их, можно оперировать с памятью блоками по 16 байт за такт. Однако, такой вариант достаточно сложен и пока недостаточно изучен.

УДК 004.031

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

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

СПОСОБЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ FOG COMPUTING

Fog Computing или технология «туманных» вычислений предназначена для расширения функционала хранения данных, различных вычислений и сетевого взаимодействия в «облаке».

Fog Computing предусматривает проведение обработки информации данных не в «облаке», а на конечных устройствах сети, таких как персональные компьютеры, мобильные устройства, датчики и т.п. Таким образом решается ряд проблем, например, при организации Интернета вещей.

При внедрении концепции «туманных» вычислений применяются различные серверы, процессоры персональных компьютеров пользователей, сетевые коммутационные узлы, хранилища данных на различных вычислительных устройствах и т.п.

Основная область применения — Fog Computing - это приложения и услуги, работу которых проблематично организовать с помощью технологии «облачных» вычислений, но относящихся к области Интернета вещей. Среди подобных приложений выделяются следующие:

- приложения, для которых необходима низкая или планируемая внутрисетевая задержка передачи информации (организация видеоконференций, игры);
- приложения, используемые в области транспортных перевозок (поезда, беспилотные автомобили и т.д.);
- приложения, основанные на обработке данных в режиме реального времени (интеллектуальные системы, для геофизической разведки недр, мониторинга окружающей среды и т.п.);

Для архитектуры Fog Computing характерно расположение специальных узлов как можно ближе к «облачным» центрам обработки данных, которые обладают наибольшим объемом для хранения данных, а также большей вычислительной мощностью.

Fog Computing отличается от других технологий тем, что пользовательские персональные компьютеры и мобильные устройства могут выступать в качестве сетевого узла.

Следовательно, преимущества концепции заключаются в том, Fog Computing решают проблемы взаимодействия между устройствами Интернета вещей и «облаком», а также мобильными устройствами пользователей.

УДК 004.031

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

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

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМОВ, ЛЕЖАЩИХ В ОСНОВЕ FRT- СИСТЕМ

Распознавание лиц (Facial recognition technology (FRT)) – это автоматическое обнаружение лица человека на фото или видео изображении, и в случае надобности установление его личности с помощью подключенных к данной системе баз данных. Эти системы в последнее время становятся все более популярными, так как они нацелены на решение большого числа разнообразных задач, круг которых постоянно расширяется. В настоящее время основной проблемой функционирования технологии распознавания лиц является снижение качества распознавания в условиях недостаточной освещенности или при изменении объектом распознавания ракурса или положения головы. Разработка алгоритмов распознавания лиц основывается на нижеперечисленных подходах. На начальном этапе развития компьютерного зрения применялся эмпирический подход. Суть его состояла в том, что при распознавании объекта необходимо значительно сократить область изображения, а именно ту ее часть, где предположительно находится

лицо человека, а также возможно построение перпендикулярных гистограмм. Данные методы достаточно просты в реализации, однако они мало применимы в случае наличия нескольких лиц в кадре или присутствия на изображении разнородного фона

Другой подход строится на определении инвариантных признаков, которые лежат в основе представления лица. С помощью данного метода можно определить расположение основных структурных элементы лица, таких как глаза, нос, рот и т.д. с учетом изменения формы лица, контрастности, границ и т.п. Помимо этого метод позволяет объединить выше обозначенные признаки и провести их верификацию. Применение данного метода возможно в случае динамического поведения распознаваемого объекта. В то же время его использование так же, как и эмпирического подхода, делает невозможным присутствие разнородного фона и нескольких лиц в кадре. При детектировании лиц на основе шаблонов, задаваемых разработчиком, лицо человека рассматривается как некоторый шаблон. Целью данного алгоритма является проверка каждого участка изображения на наличие данного шаблона, при этом применяются различные вычислительные методы. Хотя в основе систем FRT лежат разнообразные алгоритмы, все новейшие технологии распознавания лиц основаны на интеллектуальных системах, которые могут обучаться с помощью тестовых изображений.

УДК 338.27.015

Булатова Д. А., Бездомников А. В.

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

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОДНОРОДНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Традиционные методы сравнения параметров распределений предполагают, что мы заранее обладаем информацией о виде закона распределения изучаемой случайной величины. Однако, отклонения реального закона распределения вероятностей от принятого приводит к значительному искажению вероятностных характеристик (вплоть до принятия решения, противоположного правдоподобному). Методы статистической обработки и анализа результатов наблюдений, закон распределения которых неизвестен, называются методами непараметрической статистики. Любое распределение можно описать параметром положения, характеризующим центр группирования случайных величин, и параметром масштаба, характеризующим степень рассеяния случайных величин относительно центра группирования.

Если закон распределения неизвестен, гипотезы о параметрах и масштаба проверяются с помощью специальных критериев сдвига и масштаба. Если $f_1(x)$ и $f_2(x)$ – неизвестные плотности вероятностей, то гипотеза сдвига записывается как $H_0: f_1(x) = f_2(x)$ против альтернативы $H_1: f_1(x) = f_2(x - \Delta)$, где Δ - сдвиг, определяемый разностью параметров положения распределений.

Гипотезы о разнице в дисперсиях (при неизвестных распределениях) формулируются как гипотезы о параметрах масштаба. Например, если $f_1(x) = \frac{1}{\tau} \left(\frac{x-\mu}{\tau} \right)$ и $f_2(x) = f(x - \mu)$, то гипотеза о параметре масштаба записывается как $H_0: \tau = 1$ против альтернативы $H_1: \tau \neq 1$.

Достоинством непараметрических методов проверки статистических гипотез является их расчетная простота. Однако мощность статистических критериев, построенных на их основе, уступает аналогичным параметрическим критериям (например, критериям Стьюдента, Фишера и т. д.). Если распределение случайной величины неизвестно, то непараметрические критерии являются единственно возможными для проверки статистических гипотез. Если распределение известно, то рекомендуется сначала применить более простые непараметрические критерии.

УДК 338.27.015

Артюшина Т.В., Бездомников А. В.

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

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Дисперсионный анализ является статистическим методом анализа результатов наблюдений, зависящих от различных одновременно действующих факторов, с целью выбора наиболее значимых факторов и оценки их влияния на исследуемый процесс. Влияние различных факторов на изучаемые случайные величины (например, влияние технологического способа изготовления или режима нагрузки на долговечность технического изделия) приводит к изменению значения параметров распределения вероятностей этих величин – математического ожидания, дисперсии, моментов более высокого порядка. С помощью дисперсионного анализа устанавливаются изменения дисперсии результатов эксперимента при изменении уровней изучаемого фактора. Если дисперсии будут отличаться значимо, то следует вывод о значимом влиянии фактора на среднее значение наблюдаемой случайной величины. Классические методы дисперсионного анализа основываются на следующих предпосылках: распределение исходных случайных величин нормально; дисперсии экспериментальных данных оди-

наковы для всех условий эксперимента. Предположим, что анализируется влияние фактора А, изучаемого на k уровнях (A_1, A_2, \dots, A_k). На каждом уровне A_i проведены n наблюдений ($x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$).

Найдем оценку дисперсии, характеризующей рассеяние значений x_{ij} вне влияния фактора А:

$$S_0^2 = \frac{1}{k(n-1)} \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (\sum_{j=1}^n x_{ij})^2 \right]$$

Оценка дисперсии S_A^2 , характеризующей изменение средних \bar{x}_i , связанное с влиянием фактора А определяется по формуле:

$$S_A^2 = \frac{n}{k-1} \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2, \text{ где } \bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}, \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i$$

Теперь оценка влияния фактора А на изменение средних может быть сведена к сравнению дисперсий S_A^2 и S_0^2 . Влияние фактора А признается значимым, если значимо отношение $\frac{S_A^2}{S_0^2}$. Отношение $\frac{S_A^2}{S_0^2}$ признается значимым с вероятностью α , если

$$\frac{S_A^2}{S_0^2} > F_{\alpha}(k-1, k(n-1)),$$

где $F_{\alpha}(k-1, k(n-1))$ – квантиль распределения Фишера с уровнем значимости α и с $(k-1)$ и $k(n-1)$ степенями свободы.

УДК 519.4

Думчев А.К., Платонова О.Ю.

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

ВИДЫ СРЕДНИХ И СПОСОБЫ ИХ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Средние величины делятся на два больших класса: степенные средние, структурные средние.

К **степенным средним** относятся такие наиболее известные и часто применяемые виды, как средняя геометрическая, средняя арифметическая и средняя квадратическая.

Простая средняя считается по не сгруппированным данным и имеет следующий общий вид:

$$\bar{X} = \sqrt[m]{\frac{\sum X_i^m}{n}}, \tag{1}$$

где X_i – варианты (значение) осредняемого признака; m – показатель степени средних; n – число вариант.

Взвешенная средняя считается по сгруппированным данным и имеет общий вид

$$\bar{x} = \sqrt[m]{\frac{\sum x_i^m f_i}{\sum f_i}} \quad (2)$$

где X_i – варианты (значение) осредняемого признака или серединное значение интервала, в котором измеряется варианты; m – показатель степени средней; f_i – частота, показывающая, сколько раз встречается i -е значение осредняемого признака.

В зависимости от того, какое значение m принимает, различают следующие виды степенных средних: средняя гармоническая ($m = -1$), средняя геометрическая ($m > 0$), средняя арифметическая ($m = 1$), средняя квадратическая ($m = 2$), средняя кубическая ($m = 3$).

Если рассчитать все виды средних для одних и тех же исходных данных, то значения их окажутся неодинаковыми. Здесь действует правило мажорантности средних: с увеличением показателя степени m увеличивается и соответствующая средняя величина:

$$\bar{X}_{\text{гарм.}} \leq \bar{X}_{\text{геом.}} \leq \bar{X}_{\text{арифм.}} \leq \bar{X}_{\text{кв.}} \leq \bar{X}_{\text{куб.}}$$

Виды степенных средних

Вид степенной средней	Показатель степени (m)	Формула расчета	
		Простая	Взвешенная
Гармоническая	-1	$\bar{X} = \frac{n}{\sum \frac{1}{x}}$	$\bar{X} = \frac{\sum m}{\sum \frac{m}{x}}$ $m = xf$
Геометрическая	0	$\bar{X} = \sqrt[m]{\prod x} = \sqrt[m]{x_1 x_2 \dots x_n}$	$\bar{X} = \sqrt[m]{\prod x^f} = \sqrt[m]{\sum x_1^f x_2^f \dots x_n^f}$
Арифметическая	1	$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$	$\bar{X} = \frac{\sum xf}{\sum f}$
Квадратическая	2	$\bar{X} = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}}$	$\bar{X} = \sqrt{\frac{\sum x^2 f}{\sum f}}$
Кубическая	3	$\bar{X} = \sqrt[3]{\frac{\sum x^3}{n}}$	$\bar{X} = \sqrt[3]{\frac{\sum x^3 f}{\sum f}}$

Средняя гармоническая имеет более сложную конструкцию, чем средняя арифметическая. Среднюю гармоническую применяют для

расчетов тогда, когда в качестве весов используются не единицы совокупности – носители признака, а произведения этих единиц на значения признака (т.е. $m = Xf$). К средней гармонической простой следует прибегать в случаях определения, например, средних затрат труда, времени, материалов на единицу продукции, на одну деталь по двум (трем, четырем и т.д.) предприятиям, рабочим, занятым изготовлением одного и того же вида продукции, одной и той же детали, изделия.

Главное требование к формуле расчета среднего значения заключается в том, чтобы все этапы расчета имели реальное содержательное обоснование.

УДК 519.4

Волков И.А., Платонова О.Ю.

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

МЕТОД ТРАПЕЦИЙ

Рассмотрим определенный интеграл

$$I = \int_a^b f(x) dx$$

где $f(x)$ – функция, непрерывная на отрезке $[a; b]$. Проведём разбиение отрезка $[a; b]$ на n равных отрезков: $[x_0; x_1], [x_1; x_2], [x_2; x_3], \dots, [x_{n-1}; x_n]$. При этом, очевидно: $x_0 = a$ (нижний предел интегрирования) и $x_n = b$ (верхний предел интегрирования). Точки $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$ также называют узлами.

Тогда определенный интеграл можно вычислить приближенно по формуле трапеций:

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \cdot \left[\frac{f(x_0) + f(x_n)}{2} + f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{n-1}) \right]$$

$$h = \frac{(b - a)}{n}$$

Где h – длина каждого из маленьких отрезков или шаг;

$f(x_i)$ – значения подынтегральной функции в точках $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$.

Задача: Вычислить приближенно определенный интеграл

$$\int_2^8 \frac{dx}{\ln x}$$

по формуле трапеций. Результаты округлить до трёх знаков после запятой. Разбить отрезок интегрирования на 3 части.

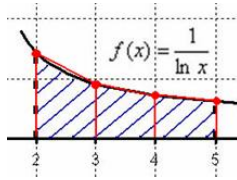


Рисунок 1. График функции $f(x) = \frac{1}{\ln x}$.

Вычислим длину отрезка разбиения: $h = \frac{(b-a)}{n} = \frac{5-2}{3} = 1$. Точек x_i (узлов разбиения) будет на одну больше, чем количество отрезков: $x_0 = 2, x_1 = 2 + 1 = 3, x_2 = 3 + 1 = 4, x_3 = 4 + 1 = 5$.

$$\int_2^5 \frac{dx}{\ln x} \approx h \cdot \left[\frac{f(x_0) + f(x_3)}{2} + f(x_1) + f(x_2) \right] \approx 1 \cdot \left[\frac{1,443 + 0,621}{2} + 0,910 + 0,721 \right] = 2,654$$

УДК 519.4

Баглаев Л.А., Платонова О.Ю.

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

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЛАГРАНЖА И КЛЕРО

Дифференциальное уравнение вида $y = x\varphi(y') + \psi(y')$, где $\varphi(y')$ и $\psi(y')$ – известные функции, дифференцируемые на некотором интервале, называется *уравнением Лагранжа*.

Полагая $y' = p$ и дифференцируя по переменной x , получаем общее решение уравнения в параметрической форме:

$$\begin{cases} x = f(p, C) \\ y = f(p, C)\varphi(p) + \psi(p) \end{cases}$$

при условии, что $\varphi(p) - p \neq 0$, где p – параметр.

Уравнение Лагранжа может также иметь особое решение, если нарушается условие $\varphi(p) - p \neq 0$. Особое решение определяется функцией $y = \varphi(c)x + \psi(c)$, где c – корень уравнения $\varphi(p) - p = 0$.

Уравнение Клеро имеет вид:

$$y = xy'^n + (\psi(y'))^n,$$

где $\psi(y')$ – некоторая нелинейная дифференцируемая функция.

Уравнение Клеро является частным случаем уравнения Лагранжа, когда $\varphi(y') = y'$. Оно решается аналогичным образом с помощью введения

параметра. Общее решение определяется выражением $y=Cx+\psi(C)$, в котором C – произвольная постоянная.

Также как и уравнение Лагранжа, уравнение Клеро может иметь особое решение, которое выражает в параметрической форме:

$$\begin{cases} x = -\varphi(p) \\ y = xp + \psi(p), \end{cases}$$

где p – параметр.

Научное издание

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

Химические и технические науки

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 04.05.2017 г. Формат 60x84^{1/16}

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 10,6. Уч.- изд. л. 6,8.

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