

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

XXV НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Технические науки



Новомосковск,
2023

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 XX научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2023. – 92 с.

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

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

профессор, доктор технических наук В.М. Логачева

доцент, кандидат технических наук М.М. Моисеев

доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова

доцент, кандидат технических наук Ю.В. Гербер

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Александрова Е.А., Майорова Н.Д.</i> Проблемы утилизации солнечных панелей.....	7
<i>Бирюков А.В., Исаев А.С.</i> Моделирование режимов синхронных машин.....	8
<i>Вязова А.Е., Исаев А.С.</i> Экологические факторы эксплуатации гидроэлектростанций.....	9
<i>Ильин А.И., Юхимец А.Р.</i> Использование кейс-технологий при реализации ФГОС ВО.....	10
<i>Исаев А.С., Савельев А.В.</i> Тенденции влияния геополитики на состояние топливно-энергетического комплекса РФ.....	12
<i>Исаев А.С., Толкачёв Д.П.</i> Использование программы RASTRWIN для расчета устойчивости.....	13
<i>Лагуткин О.Е., Хохлышев Л.Д., Чиркова Т.Ю.</i> Прогнозирование электропотребления по угловой устойчивости рангового распределения.....	14
<i>Лагуткин О.Е., Хохлышев Л.Д.</i> Оценка сложности схем релейной защиты.....	15
<i>Ощурков М.Г., Чиркова Т.Ю., Алябьев Д.А.</i> Перспективная оценка значений отчетных часов пиковой нагрузки.....	16
<i>Ощурков М.Г., Чиркова Т.Ю., Селезнев С.И.</i> Перспективная оценка диапазонов плановых часов пиковой нагрузки.....	17
<i>Ощурков М.Г., Суханов В.А.</i> Аprobация модели профиля мощности уличного освещения.....	18
<i>Ползиков М.Н., Самохин В.В.</i> Анализ мероприятий по экономии электроэнергии в сетях промпредприятий.....	19
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Колыхалов И.С.</i> Новые формулы в теории электропривода многомассовых механизмов с упругими связями.....	20
<i>Стебунова Е.Д., Алябьев Д.А.</i> Назначение токоограничивающих реакторов с схемах теплоэлектроцентралей.....	21
<i>Стебунова Е.Д., Бармоткин Р.А.</i> Использование воздушных и кабельных линий на напряжение 110-220 кВ.....	22
<i>Стебунова Е.Д., Корнилов И.В.</i> Особенности проверки электрооборудования в схемах собственных нужд станций.....	23
<i>Черных И.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> О повышении энергоэффективности котельной на твёрдых древесных отходах в Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева.....	24

<i>Серегин И.М., Раскучев П.А., Золотарева В.Е.</i> О перспективах развития атомной энергетики в Российской Федерации.....	26
<i>Черных И.В., Иванов А.А., Курило Н.А.</i> Показатели надежности при проектировании тепловых сетей.....	29
<i>Иванов А.А., Черных И.В., Курило Н.А.</i> Способы обеспечения надежности и живучести электростанций с ПГУ при нарушениях электропитания.....	31
<i>Курило Н.А., Иванов А.А., Черных И.В.</i> Причины отказов в работе котлов.....	33
<i>Алферов В.А., Якунина М.С., Зайцев Н.А.</i> Основные направления развития теплоэнергетики России.....	35
<i>Боровко Л.В., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А.</i> Виды коррозии поверхностей теплообмена котельных установок.....	36
<i>Бухалов К.А., Якунина М.С., Зайцев Н.А.</i> Особенности развития геотермальной энергетики в России.....	37
<i>Дорохин Н.Ю., Моисеев А.К., Хороших Д.Н., Зайцев Н.А.</i> Химическая очистка сетевого подогревателя на водогрейной котельной в рамках производственной практики «НИР».....	39
<i>Дорохин Н.Ю., Моисеев А.К., Хороших Д.Н., Зайцев Н.А.</i> Эксплуатационный анализ эффективности работы водоподготовительной установки пароводогрейной котельной.....	41
<i>Гольцверт М.А., Чермошенцев Е.А., Золотарева В.Е., Макрушин В.В.</i> Химические и поверхностные эффекты жидкой фазы в потоке пара турбин ТЭС.....	42
<i>Колбасов И.И., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А.</i> Экологичность котельных установок.....	44
<i>Нефёдов В.В., Якунина М.С., Зайцев Н.А.</i> Развитие водородной энергетики как одного из направлений теплоэнергетики.....	44
<i>Селиверстов П.Р., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А.</i> Снижение скорости коррозионной активности поверхностей теплообмена в системах теплоснабжения.....	46
<i>Зубков А.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В.</i> Результаты исследований поверхностного натяжения водных растворов хлорида и гидроксида натрия.....	47

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

<i>Чеканова В.А., Егоренков М.С., Брыков Б.А.</i> О методике синтеза адаптивного ПИД-Регулятора.....	49
<i>Артамонов П.С., Коновалов Д.В., Гербер Ю.В., Брыков Б.А.</i> Влияние параметров нечеткого регулятора на качество регулирования.....	50

<i>Сарандаев Г.К., Андриянова К.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> Изучение химического реактора как объекта управления.....	51
<i>Предместын В.Р., Краснолобов А.С., Гавриленко А.И.</i> Проблемы аналоговых и цифровых систем в быстрых процессорах.....	52
<i>Чкунин В.А., Беляев Ю.И.</i> Исследование эффективности управления инерционными объектами методов шаблонов управления.....	53
<i>Алякимов Е.Д., Волкова В.В., Волков В.Ю.</i> Управление с прогнозирующей моделью как способ повышения эффективности процесса производства оксида этилена.....	54
<i>Краснолобов А.С., Беляев Ю.И.</i> Мониторинг динамических свойств инерционного объекта.....	55
<i>Амелин А.О., Подколзин А.А.</i> Применение IT-технологий в начертательной геометрии.....	55
<i>Тихонов В.В., Сидельников С.И.</i> Разработка нейронечеткой модели отделения выпарки производства аммиачной селитры.....	58
<i>Лопатин А.Г., Брыков Б.А., Санаева Н.А.</i> Робастная система управления реактором суспензионной полимеризации.....	59
<i>Бурдыкин Н.А., Климаченков Ф.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> Обзор возможностей современных нейронных сетей для генерации изображений.....	60
<i>Бездомников А.В., Трофимова Д.И.</i> Байесовский подход к оцениванию параметров модели.....	61
<i>Бездомников А.В., Трофимова Д.И.</i> Планирование экспериментов по поиску оптимума.....	62
<i>Платонова О.Ю., Власов Д.А.</i> Рекуррентные формулы, используемые при вычислении определенных интегралов.....	63
<i>Платонова О.Ю., Могош Р.О.</i> Метод Остроградского.....	64
<i>Герасимов Ю.О., Матвеев В.А.</i> Арифметико-геометрическое среднее.....	65
<i>Тепикин А.Р., Соболев А.В.</i> Аппроксимация фильтров низких частот при исследовании устойчивости ЭСАР.....	66
<i>Иванников Д.С., Соболев А.В.</i> Расчет оптимальных настроек регуляторов в ЭСАР.....	68
<i>Прокофьев А.Г., Соболев А.В.</i> О работе АТПР при действии гармонического сигнала.....	70
<i>Романова М.А., Соболев А.В.</i> Исследование устойчивости работы САР при наличии полосового фильтра.....	71
<i>Беляев Ю.И., Гербер Ю.В., Санаева Н.А.</i> Эффективное управление температурным режимом периодических реакторов органического синтеза.....	73
<i>Климаченков Ф.А., Фатюшина Е.Ю., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i>	

Проблема идеальности первого слоя в 3D печати.....	74
<i>Климаченков Ф.А., Фатюшина Е.Ю., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i>	
Способы решения проблемы получения идеального первого слоя модели в 3D печати.....	75
<i>Бежикин А.А., Силина И.В., Силин А.В.</i> Влияние электронных карт на жизнь современного человека.....	76
<i>Бежикин А.А., Силина И.В., Силин А.В.</i> Нейросети в проектировании игровых миров.....	77
<i>Егоров В.А., Силина И.В., Силин А.В.</i> Использование игровых движков не для игр.....	79
<i>Егоров В.А., Силина И.В., Силин А.В.</i> Использование нейросети в проектировании и оптимизации операционных систем.....	80
<i>Кожин А.Р., Силин А.В., Силина И.В.</i> Влияние нейросетей на современное искусство.....	81
<i>Кожин А.Р., Силин А.В., Силина И.В.</i> Помощь нейросетей в проектировании.....	82
<i>Сидоров И.В., Силина И.В., Силина А.В.</i> Роль ChatSPT в академическом образовании и научной деятельности.....	83
<i>Сидоров И.В., Силина И.В., Силина А.В.</i> Перспективы развития ответственного программного обеспечения.....	85
<i>Зайцев Р.А., Силина И.В., Силин А.В.</i> Разработка многовариантных тестовых модулей для отработки навыков и проверки знаний специалистов в области сетевых технологий.....	86
<i>Старкова В.К., Медведев С.В., Силина И.В., Силин А.В.</i> Модернизация мобильного приложения «Социальное такси» для ГУ ТО «КЦСОН №4».....	87
<i>Хананова Д.С., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Перспектива развития управления качеством данных.....	89
<i>Мохаммад Али К.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Современный этап развития VI-платформ.....	90
<i>Халецкий Е.П., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Тенденции развития рынка VI.....	91

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.311.24

Александрова Е.А., Майорова Н.Д.

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

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Солнечная энергия - чистая, возобновляемая энергия дает возможность экономить средства и природное топливо, помогает снизить выбросы парниковых газов, а также требует минимального обслуживания и инвестиций в течение срока эксплуатации в сравнении с другими видами производства энергии.

Практика показала, что срок службы солнечных панелей превышает 20 лет. Фотоэлектрические станции, работающие в Европе и США около 25 лет, показали снижение мощности панелей примерно на 10%. Таким образом, можно говорить о реальном сроке службы солнечных монокристаллических панелей 30 и более лет.

По мнению экспертов, затруднение утилизации «солнечных панелей» глобально встанет перед человечеством через 2–3 десятилетия, так как работающие солнечные панели к этому времени выработают свой ресурс. Угроза окружающей среде увеличивается, так как, появляется огромное количество отходов, которые сложно переработать. Но фотоэлектрические модули могут быть переработаны для дальнейшего использования при производстве электроэнергии. Например, инверторы могут быть переработаны как электронные отходы, а рамы, стеллажное оборудование – повторно использоваться по новым технологиям или перерабатываться, как и другие металлы.

В настоящее время большинство стран нуждается в надежной инфраструктуре по переработке солнечных батарей. Ежегодная скорость вывода из эксплуатации солнечных энергетических систем небольшая. Большинство солнечных батарей, утилизируемых ежегодно, еще не отработали срок службы, а просто повреждены или неисправны.

Согласно прогнозу Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA), к 2050 году глобальные отходы от производства фотоэлектрических панелей существенно вырастут и составят примерно 60–80 миллионов тонн (в накопительном объеме). Так как все фотоэлементы содержат токсичные вещества, это может стать экологической проблемой. Кроме защиты окружающей среды, утилизация солнечных батарей еще и экономически выгодна. Природные запасы некоторых редких элементов, которые содержатся в солнечных модулях (к примеру, галлий, индий), со временем истощаются. Их можно было

бы сохранять при переработке солнечных панелей и продолжать использовать для производства новых солнечных батарей и других деталей.

Существует два способа переработки солнечных панелей. Первый способ «тонкая переработка», когда из отработавших панелей извлекают для переработки практически все элементы, и второй способ – «грубая переработка», когда вытаскивают только основные материалы (алюминий, пластик, стекло). При «тонкой переработке» в первую очередь обрабатывают модули, удаляют ламинирующее покрытие, извлекают стекло и металлы.

На сегодняшний день солнечные панели перерабатывают на заводах для утилизации стекла и металла. Происходит «грубая переработка», при которой ценные и экологически опасные металлы не восстанавливают и не удаляют должным образом. Поэтому компании разрабатывают методы, как сделать процесс переработки солнечных батарей наиболее оптимальным и экологически чистым для окружающей среды.

В будущем развитие солнечной энергетики спровоцирует высокий рост производства количества солнечных панелей, которые необходимо переработать или утилизировать в ближайшие годы. Уже в нескольких странах производителей солнечных батарей заставляют соблюдать требования и стандарты утилизации на законодательном уровне. К примеру, в Европе сегодня для повторного использования извлекается до 70% материалов, из которых состоят солнечные модули.

УДК 621.311

Бирюков А.В., Исаев А.С.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ СИНХРОННЫХ МАШИН

Динамическая устойчивость – способность объекта сохранять исходное состояние (режим) при существенных внешних воздействиях, в качестве которых рассматриваются аварии, изменение нагрузки, принципиальное изменение схемы. Наиболее актуальной является задача анализа режима синхронных машин, т.к. базовой системой рассматривается именно генераторная станция, работающая на шины неизменного напряжения.

Расчет параметров режима представляет собой значительную сложность из-за трудоемких расчетов и вида дифференциальных уравнений (не решаются в общем виде). Поэтому традиционно уравнения

упрощают линеаризацией вида и заменой дифференциалов приращенными. Такой подход приводит к заметному запасу при определении критических параметров (прежде всего время отключения аварийного режима) – рассматривается наиболее тяжелый режим.

Использование информационных технологий (инструментальное средство - Matlab, библиотека построения мехатронных систем SimPowerSystems) позволяет более точно моделировать режим, решая уравнения в общем виде. При этом учитывается демпфирование, позволяя получить параметры нового установившегося режима, а не циклические колебания параметров; контур возбуждения, дающий возможность оценить влияние на переходный процесс форсировки возбуждения.

Выполнен расчет устойчивости ТЭЦ «Первомайская», суммарной мощностью 125 МВт (тепловая мощность 674 Гкал/ч). Результаты подтверждают высокую степень устойчивости объекта исследования. Запас устойчивости составляет более 60% по всем параметрам при нормативных значениях 20%. Корректность модели подтверждается соответствием известным теоретическим положениям и результатами экспериментальных исследований (выполнены в ходе прохождения производственной практики).

Модель имеет хорошую перспективу для своего развития. В дальнейшем предполагается переход от искусственной системы координат (связана с движущимся ротором машины) к естественной пофазной. Помимо этого планируется оптимизация параметров регуляторов АРВ, позволяющая улучшить качество переходного процесса. Matlab содержит соответствующие функции и пользовательский интерфейс.

УДК 621.311

Вязова А.Е., Исаев А.С.

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Одним из главных источников электроэнергии является гидроэнергетика (наряду с атомной энергетикой и использовании возобновляемых ресурсов).

Но повсеместное использование энергии воды приводит к существенным экологическим проблемам: 1. отторжение территорий из-за необходимости сооружения водохранилищ; 2. невозполнимое расходование гидроресурсов; 3. повышение уровня грунтовых вод, приводящее зачастую к затоплению территории (общая доля таких земель

составляет до 10%); 4. абразия – процесс разрушения под действием воды береговой линии, загрязнение и увеличение заиления водохранилищ; 5. нагрев вод, приводящий к тепловому загрязнению (зарастание водорослями) водоемов; 6. загрязнение отходами (биогенные вещества, соли тяжелых металлов, ядовитые химикаты); 7. разложение органических соединений, приводящее к ухудшению качества воды.

Таким образом, возведение ГЭС и сооружение водохранилищ существенно влияет на гидрологическую систему, приводя к серьезным нарушениям внутри экосистемы.

Эти неблагоприятные последствия можно свести к минимуму, с помощью сооружения ГЭС в горных местностях (при том же объеме водохранилищ, занимаемая площадь намного меньше). Однако даже при такой ситуации присутствуют свои сложности, связанные с особенностями рельефа (из-за землетрясений и оползней, действий террористов могут быть разрушены плотины).

Комплекс мер направленных на понижение отрицательного влияния водохранилищ включает в себя: режим эксплуатации и попусков в нижний бьеф, обеспечивающих благоприятные условия для водных экосистем; сохранение популяций и сообществ гидробионтов, обитавших ранее в водоеме; обогащение фауны за счет видов, приспособленных к существованию во вновь созданном водохранилище; предотвращение загрязнения водной среды; сохранение незарегулированных участков реки, создание специальных биотопов, микрозаповедников для редких и исчезающих видов.

Продолжение работы планируется в моделировании режимов ГЭС, которые будет рассматриваться как некий комплекс с учетом особенностей и экологических требований.

УДК 621.311

Ильин А.И., Юхимец А.Р.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕЙС - ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ФГОС ВО

В новых образовательных стандартах ФГОС ВО время, выделенное для самостоятельной работы студентов значительно увеличено. Новые условия получения образования требуют активнее использовать персональный подход в учебном процессе при активном участии в работе студентов.

В современных условиях требуется построить самостоятельную работу всех студентов таким образом, чтобы они имели возможность,

в зависимости от его способностей и личных характеристик освоить учебный материал по каждой теме курса в разном объеме, но не ниже требуемого минимума.

Отсутствие жестких рамок освоения материала для студента положительно сказывается на стремлении к развитию профессиональной готовности владеть всем объемом знаний и умений и индивидуально их использовать в самообразовании и дальнейшей профессиональной деятельности; квалифицированно решать поставленные задачи; планировать, самостоятельно определять и регулировать будущую профессиональную деятельность; лучше ориентироваться в множестве имеющихся учебных программ, пособий, литературы, выбирать оптимальные для применения к конкретной ситуации; выбирать пути для дальнейшего профессионального, творческого роста и развития своей личности. Наличие свободы выбора важно, так как активизирует развитие личности в учебном процессе, формирует интерес к познанию, индивидуальных способностей, умения оценивать и сопоставлять свои способности и возможности, проявлять энергичность, самостоятельность, реализовывать личностный потенциал.

Метод конкретных ситуаций или метод case-study (от английского case – случай, ситуация) – метод активного проблемно-ситуационного анализа, основанный на обучении путем решения конкретных задач – ситуаций (решение кейсов) [1].

Кейс метод стали применять в обучении у нас в стране в конце XX века, в 80-х годах, сначала в МГУ и в академических и отраслевых институтах, а позднее - на специальных курсах подготовки и переподготовки. Сегодня метод case-study завоевал ведущие позиции в обучении и считается одним из самых эффективных способов обучения студентов навыкам решения типичных проблем.

Метод case-study позволяет применить теоретические знания к решению практических задач. Метод хорошо подходит под современные условия, так как способствует развитию у студентов самостоятельного мышления, умения анализировать и использовать различные точки зрения, аргументировано выражать и отстаивать свою.

В процессе обучения по этой методике, студенты учатся работать в команде, правильно использовать и развивать профессиональные умения, имеют возможность проявить свои творческие способности. В результате они должны выявлять оптимальное решение поставленной задачи.

Правильный кейс должен соответствовать следующим критериям: отражать различные аспекты реальной задачи; в полной мере соответствовать поставленной цели создания; иметь требуемый уровень

сложности; сохранять актуальность длительное время; развивать аналитическое мышление; показывать характерные жизненные ситуации; требовать для решения задачи использовать дискуссию и вырабатывать совместные решения.

Методика case-study хорошо показала себя при использования в дистанционном обучении. Дистанционное обучение требует организовать образовательный процесс, в основном, на принципе самостоятельного обучения [2]. Процесс обучения отличается тем, что обучающиеся, как правило, в основном отдалены от преподавателя территориально и (или) во времени, но имеют возможность поддерживать диалог с группой и преподавателем с помощью средств телекоммуникации.

Процесс обучения и подготовки студентов-электриков предполагает наличие множества ситуаций, где использование кейс-метода целесообразно. Например: принятие решений при оперативных переключениях, разработка карт селективности РЗ, выбор путей модернизации и развития схемы электроснабжения предприятия, и т.д.

Литература

1. Абаева, Ф.Б. Дидактические возможности метода case study в обучении студентов // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62279> (дата обращения: 20.03.2023).
2. Истомина В.В. Применение кейс-метода на занятиях учебной практики в среднем профессиональном образовании / В.В. Истомина, А.А. Вишневский // Инновационное развитие профессионального образования. 2021. № 1 (29), С. 38–45.

УДК 621.311

Исаев А.С., Савельев А.В.

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

ТЕНДЕНЦИИ ВЛИЯНИЯ ГЕОПОЛИТИКИ НА СОСТОЯНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РФ

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) представляет собой значительную высокоструктурную составную часть (компонент) экономики России. Данный комплекс связан с процессами добычи, обработки и отгрузки топливно-энергетических ресурсов (газ, нефть, уголь), производством, транспортировкой и распределением электроэнергии.

Данный комплекс тем или иным способом тесно связан с выпуском не менее 30% технической продукции РФ, что обеспечивает важней-

шее влияние на рост и развитие госбюджета. Различные виды топлива (газ, нефть, уголь) и электроэнергия предоставляют в среднем 50% экспортного потенциала. На состоянии ТЭК огромное влияние оказывают санкции, которые были наложены на Россию ещё в 2014 году, когда, например, функционирование нефтяной отрасли примерно на 60% зависело от импорта технологического оборудования. Переход к импортозамещению позволил в настоящее время снизить эту зависимость до 40%.

Основные проблемы, влияющие на энергетическую безопасность РФ и вызвавшие необходимость создания энергетической стратегии безопасности страны: нестабильное финансовое состояние сфер ТЭК; серьёзное недоинвестирование в топливно-энергетический сектор привело к уходу производственных мощностей комплекса без компенсации, в условиях тревожного износа основных фондов комплекса; комплексная экономическая и налоговая политика государства в топливно-энергетическом секторе не гарантирует существенного самообеспечения в этом секторе или структурного соотношения цен в соответствии с мировыми тенденциями; высокий уровень энергоёмкости в России; экспортный потенциал ТЭК сокращается, как из-за падения производства энергии, так и из-за утраты транспортных коммуникаций по экспорту энергоресурсов. Не исключено, что данный ущерб имеет шанс привести к потерям традиционных рынков сбыта.

Основные направления реструктуризации экономики: импортозамещение и реструктуризация глобальных энергетических рынков. С этой целью сформирован реестр критически важных устройств и комплектов, технологий, электронно-компонентной базы и специального программного обеспечения, необходимых для реализации инвестиционных программ в ТЭК.

УДК 621.311

Исаев А.С., Толкачёв Д.П.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ RASTRWIN ДЛЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ

Устойчивость – комплексное свойство объекта сохранять свой исходный режим. Электроэнергетическая система – сложная структура, для ее режима необходимо использовать средства ЭВМ. Наилучшими функциональными возможностями обладает Matlab, но современная геополитическая ситуация требует поиска альтернатив в виде отечественного программного обеспечения.

Среди подобных программ выделяется RastrWin – программа имеет интуитивно понятный интерфейс, сервис для обмена данными с другими приложениями Windows. Академическая лицензия является бесплатной, при этом расчетная схема может содержать до 60 узлов (в коммерческой версии – 32000) без ограничения функциональных возможностей.

RastrWin для расчета динамической устойчивости требует заполнения таблиц для элементов схемы (расчет предшествующего режима, шаблон режим – *.rg2), формирование графического эквивалента схемы (шаблон «графика» – *.grf), ввод параметров автоматики (АРВ), каталожных данных турбины. После этого формируется сценарий динамики режима – вид коммутации, длительность, характеристика послекоммутационного режима. Результатом является зависимость параметров, которые как контрольные величины задает пользователь.

Установлено влияние типа модели (RastrWin содержит несколько, различающиеся точностью и требованиями по объему исходных данных) в зависимости от вида источника. Система характеризуется как шины бесконечной мощности (ШБМ), нагрузка рассчитывается по упрощенным уравнениям (при усложнении модели критично увеличивается время расчета), синхронные генераторы должны рассчитываться по уравнениям 4-го порядка (в противном случае нет сходимости итерационного процесса).

Выполнен расчет устойчивости для типовых схем, приведенных в учебной литературе. Результаты моделирования позволяют утверждать об адекватности модели объекту исследования – они согласуются с теоретическими положениями и соответствуют общей топологии рассматриваемых схем. В дальнейшем планируется выполнение расчета устойчивости реальных объектов – промышленных предприятий Тульской области.

УДК 621.311

Лагуткин О.Е., Хохлышев Л.Д., Чиркова Т.Ю.

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО УГЛОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАНГОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Параметры электропотребления представляют собой ценоз, описываемый различными видами распределений в видовой ранговидовой и ранговой по параметру формах. Степень крутизны кривой распределения характеризуется величиной рангового коэффициента.

Во времени ранговый коэффициент образует устойчивый и прогнозируемый временной ряд. На его основе разработаны методы прогнозирования параметров электропотребления на краткосрочный период.

В развитие этих методов нами предлагается сопоставление ранговых распределений параметров электропотребления соседних временных точек. Это позволило представить ранговое распределение в виде прямой с предсказуемым углом наклона.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W_{i+1}}{W_i}, \text{ где}$$

W_i – электропотребление самого крупного потребителя в настоящем году, W_{i+1} – электропотребление самого крупного потребителя в последующем году.

Таким образом, зная электропотребление потребителей, составляющих ценоз, можно прогнозировать их электропотребление на следующий год по углу α .

УДК 621.311

Лагуткин О.Е., Хохлышев Л.Д.

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

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ СХЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

К релейной защите предъявляются требования по быстродействию, селективности, чувствительности и надежности. Надежность схем релейной защиты определяется минимизацией количества используемых элементов.

В дополнение к существующим методам определения надежности нами предлагается ценологический метод, основанный на оценке схемы целиком вне зависимости от её сложности и крупности.

Схему релейной защиты представим в виде ценоза, где особь – отдельный элемент, вид – путь прохождения тока. Объектом исследования являются существующие схемы релейной защиты трех подстанций НАК «Азот».

Для оценки надежности предлагается использовать коэффициент сложности

$$K_s = \frac{n_b}{n_{oc}}, \text{ где}$$

n_b – количество видов цепей прохождения тока, n_{oc} – количество особей – элементов, используемых в схеме.

Коэффициент сложности лежит в пределах 0 – 1. Чем выше значение коэффициента сложности, тем проще схема, то есть тем большее количество цепей создано из данного количества элементов, тем надежнее релейная защита.

УДК 621.311

Ошурков М.Г., Чиркова Т.Ю., Алябьев Д.А.

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ ОТЧЕТНЫХ ЧАСОВ
ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ**

Для принятия решения о стратегии работы потребителя на розничных рынках электроэнергии на перспективу необходимо прогнозировать (оценивать) параметры, определяющие величину платы за электроэнергию.

Проанализирована статистика динамики отчетных часов пиковой нагрузки (ОЧПН) по месяцам с 2012 г. Данные взяты с сайта сбытовой компании АО "ТНС Энерго Тула".

Анализ ОЧПН позволил выявить диапазоны времени рабочих суток, в которые ожидается наибольшая вероятность попадания ОЧПН. Это позволило сделать прогноз распределения ОЧПН на 2023 год (Табл.1).

Таблица 1 – Ожидаемые ОЧПН на 2023 г.

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Интервал	9-11; 17-19	10-11; 18-20	9-11; 19-21	9-11; 20-21	9-11; 13-15	10-12; 13-15
Месяц	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Интервал	10-11; 13-15	10-12; 13-15; 20-21	9-11; 19-21	9-11; 18-20	10-11; 17-19	10-12; 17-19

Предсказанные диапазоны позволят энергослужбам потребителей принимать решения по регулированию графика нагрузки с целью минимизировать её в предсказанные часы. Это позволит снизить плату за мощность, приобретаемую на оптовом рынке электроэнергии, при работе в ценовых категориях ЗЦК - 6ЦК. Это потребители с разрешенной мощностью от 670 кВт. Организационно-технические мероприятия для регулирования, зависят от типа потребителя и разрабатываются индивидуально: изменение начала и окончания рабочих смен, обеденного перерыва, создание запасов технической воды в водонапорных башнях, сжатого воздуха в ресиверах во внепиковые часы суток, включение (при наличии) собственного генерирующего оборудования в прогнозные диапазоны ОЧПН и другие.

Ошурков М.Г., Чиркова Т.Ю., Селезнев С.И.
 (Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ДИАПАЗОНОВ ПЛАНОВЫХ
 ЧАСОВ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ**

Плановые часы пиковой нагрузки (ПЧПН) используются для расчетов за электроэнергию (ЭЭ) по четвертой и шестой ценовым категориям. В частности, плата за ЭЭ (мощность) по 4ЦК:

$$P_{4ЦК} = a_{OPЭ} \times P_{OPЭ} + a_C \times P_C + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{24} (b_{ij} \times W_{ij}), \quad (1)$$

где P_C – мощность передачи по сетям, кВт; a_C – тарифная ставка за (руб/МВт).

$$P_C = \frac{\sum_{r=1}^R P_{Cr}}{n_{рл}}, \quad (2)$$

где P_{Cr} – максимальная мощность из диапазона ПЧПН рабочих суток, задаваемого на каждый месяц текущего года

Второе слагаемое составляет примерно 30 % от общей платы, поэтому потребителю надо искать пути уменьшения максимальной мощности в ПЧПН.

ПЧПН по месяцам взяты с сайта Администратора торговой системы оптового рынка. С 2012 по 2016 год они существенно менялись, с 2017 года по настоящее время диапазон ПЧПН стабилен.

В последние годы диапазон ПЧПН в большинстве месяцев расширился практически до величины светового дня (Таблица 1). Поэтому уйти от оплаты мощности, передаваемой по сетям (P_C) или снизить плату за нее для 4ЦК и 6ЦК могут лишь трехсменные предприятия с непрерывным технологическим процессом.

Таблица 1 – Ожидаемые на 2023 г. диапазоны ПЧПН

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Интервал	8-21	8-13; 17-21	8-21	8-15; 18-21	8-15; 20-21	8-16; 20-21
Месяц	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Интервал	8-17; 20-21	8-21	8-15; 18-21	8-21	8-11; 16-21	8-21; 15-21

(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОФИЛЯ МОЩНОСТИ УЛИЧНОГО
 ОСВЕЩЕНИЯ**

Разработана программа расчета платы за электроэнергию по шести ценовым категориям (ЦК). Предложена методика моделирования профилей мощности по точкам поставки (ТП) для уличного освещения (УО) при известном потреблении по тарифным зонам суток. Рассчитана плата за электроэнергию на уличное освещение г. Новомосковска Тульской области по ЦК1-ЦК4 и предложена оптимальная ЦК.

Для проверки модели сняты реальные профили мощности по двум ТП УО г. Новомосковск с 01.01.2021 г. по 31.07.2022 г. По ТП1 расчеты за ЭЭ ведутся по напряжению СН2, по ТП2 – по НН.

Расчеты платы по категориям (Таблица 1, Таблица 2) показали, что переход со 2ЦК на 4ЦК даст годовую экономию платы за ЭЭ по ТП1 –26,4 %, по ТП2 – 25,32 %. За январь – июль 2022 г.: по ТП1 –30,44 %, по ТП2 – 27,10 %.

Таблица 1 – Плата за ЭЭ по ТП (руб. с НДС), 2021 г.

ТП	1ЦК	2ЦК	3ЦК	4ЦК
ТП1	1083279,68	1038529,34	916725,97	764629,74
ТП2	393063,65	371133,48	339900,94	277165,80

Таблица 2 – Плата за ЭЭ по ТП (руб. с НДС), январь – июль 2022 г.

ТП	1ЦК	2ЦК	3ЦК	4ЦК
ТП1	585961,73	542355,57	485123,21	377250,88
ТП2	180974,60	168399,55	154396,92	122756,94

Таким образом, доказана работоспособность предложенных ранее моделей формирования профилей мощности УО. Для администрации МО г. Новомосковск выгоден переход на 4ЦК при оплате ЭЭ за УО. Ожидаемая экономия платы на УО в целом по городу – минимум 20 % в годовом разрезе. Переход на 4ЦК технически возможен, учитывая наличие АСКУЭ и оснащённость ТП интеллектуальными счетчиками ЭЭ.

Чтобы отследить динамику платы за ЭЭ по ЦК необходимо собрать статистику и построить прогнозные модели параметров, влияющих на величину платы за ЭЭ.

**АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ**

Одним из важнейших мероприятий экономии электроэнергии в сетях является *повышение уровня эксплуатационного напряжения* до максимально допустимого уровня, в пределе до $1,05 U_{НОМ}$. Повышение напряжения в сети приводит к снижению потерь мощности пропорционально U^2 в токоведущих частях. Это значит, например, что на 1 % повышения напряжения потери в проводниках уменьшаются на 2 %. Но повышение напряжения приводит к росту потерь в стали машин и аппаратов и к увеличению потребления активной и реактивной мощности электропотребителей. При повышении напряжения на 1 % активная нагрузка растет на 1 % и реактивная — на 3 %. Расчет для сети, в которой коэффициент мощности потребителей равен 0,9, а потери в стали машин и аппаратов составляют 15 % потерь в токоведущих частях, показал, что на 1 % повышения напряжения в сети получается снижение потерь на 1,2 %.

Применение глубокого секционирования при раздельной работе секций шин распределительных пунктов на всех уровнях напряжения распределительной сети приводит к неравномерности нагрузки в линиях и трансформаторах, разнице напряжений на секциях и в результате — к дополнительным потерям мощности.

Потери электроэнергии в линиях электрической сети составляют значительную часть суммарных потерь во всей системе электроснабжения. Одним из мероприятий по уменьшению потерь в линиях является включение в работу всех линий: в схеме не должно быть линий только резервных.

Рекомендуется включение трансформаторов на постоянную параллельную работу при наличии технической возможности такой работы по току КЗ и по условиям работы защиты, это рассматривается как действенное мероприятие по снижению потерь электроэнергии и по улучшению качества электроэнергии.

С той же целью предусматриваются ограничения времени холостого хода печных и сварочных трансформаторов отключением их в периоды разгрузки. Благодаря этому одновременно снижаются потери в питающих сетях вследствие их разгрузки от реактивной мощности, расходуемой на намагничивание трансформаторов.

**НОВЫЕ ФОРМУЛЫ В ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МНОГОМАССОВЫХ МЕХАНИЗМОВ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ**

Практически все механизмы и машины являются многомассовыми электромеханическими системами с упруго-вязкими механическими связями, что приводит к возникновению колебательных динамических нагрузок, значительно уменьшающих ресурс и надежность элементов ЭМС. Поэтому синтез систем управления электроприводами, способных демпфировать колебания скоростей и деформаций в упругих элементах является актуальной теоретической задачей в области электропривода.

Нами получена новая формула передаточной функции для расчета скоростей каждой элементарной массы многомассового электропривода с любым количеством масс. Формула в операторной векторно-матричной форме имеет вид:

$$\omega_i(s) = U_y(s) \cdot \frac{R_i(s)}{X(s)}, \quad (1)$$

где

$R_i(s)$ и $X(s)$ – матрицы, компоненты которых определяются параметрами механической части ЭМС и параметрами электропривода.

Формула (1) опубликована в материалах VIII всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы электроэнергетики» в тезисах «Формула передаточной функции скоростей многомассового многодвигательного частотного электропривода» авторы Ребенков Е.С., Майорова Н.Д. Нижний Новгород 2022 год.

Для синтеза систем автоматического управления необходимо определять величины деформаций упругих звеньев связи в ЭМС. Нами получена новая формула передаточной функции для определения деформаций упругих связей при управляющих воздействиях в электроприводе в виде:

$$W_{ij}(s) = \frac{U_j(s) \cdot [R_{i, \tau-12}(s) - R_{i, \tau+12}(s)]}{s^2 \cdot [F_j(s) \cdot R_k(s) + N_j(s) \cdot D(s)]}, \quad (2)$$

где полиномы $U_j(s)$, $F_j(s)$, $N_j(s)$ определяются параметрами частотно-регулируемого электропривода по системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель». Формула (2) опубликована в нашей статье «Формула передаточной функции деформаций упруго-вязких связей многомассового многодвигательного электропривода» в журнале «Электрооборудование: эксплуатация и ремонт». №8, 2022 год.

Введение обратных связей в системе автоматического управления ЭМС по скоростям сосредоточенных масс и деформациям упругих связей позволяет синтезировать регуляторы демпфирующие упругие динамические колебания с заданными параметрами. Примеры приведены в названных выше работах.

Предложено регулировать ПИД регулятор с обратной связью по скорости i -го звена с подчиненным ПИ-регулятором по скорости $(i+1)$ -го звена. Оптимизация контуров регулирования осуществлялась применением параллельных корректирующих обратных связей, рассчитанных с применением интерактивного программного пакета Simulink-Matlab.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Алябьев Д.А.

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

НАЗНАЧЕНИЕ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ С СХЕМАХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) предназначены для выработки тепловой и электрической энергии. Место их расположения определяется, как правило, потребителями тепла. Электрические схемы ТЭЦ могут быть выполнены по двум схемам, блочному и не блочному принципу. Все современные ТЭЦ строятся, в основном, по блочному принципу. ТЭЦ. Выполненные по неблочному принципу, т.е. с главным распределительным устройством (ГРУ) генераторного напряжения. В таких схемах генераторы, мощность которых не превышает 60 МВт, подключаются к ГРУ напряжением 6-10кВ и параллельный режим работы генераторов осуществляется на этом уровне напряжения. Одним из недостатков таких схем является то, что уровень токов короткого за-

мыкания (к.з.) может значительно превышать параметры выбранного электрооборудования.

Для уменьшения токов к.з. в схемах ТЭЦ применяются токоограничивающие реакторы. По месту установки они делятся на линейные и секционные. Линейные реакторы служат только для ограничения токов к.з. в распределительной сети, а секционные для поддержания остаточного уровня напряжения на неповрежденной секции при к.з. на соседней. Остаточный уровень напряжения на неповрежденных шинах должен быть не меньше 0.7 от $U_{ном}$.

Уровень остаточного напряжения на неповрежденной секции при к.з. на соседней определяется по формуле:

где $X_D\%$ - стандартное индуктивное сопротивление реактора;
- периодическая составляющая тока к.з. после реактора.

Для того чтобы обеспечить требуемый уровень остаточного напряжения сопротивление секционных реакторов принимается 8-12% [1].

При таких значениях индуктивного сопротивления секционных реакторов, как правило, обеспечивается требуемый уровень остаточного уровня напряжения и ток к.з. на шинах напряжением 6-10кВ ГРУ уменьшается в 1,5-2 раза.

Ограничение токов к.з. в распределительной сети, если это необходимо, осуществляется с помощью установки линейных реакторов.

Литература

1. Электрическая часть электростанций, под ред. С.В. Усова Л., «Энергия», 1987, 556с.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Бармоткин Р.А.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ 110-220кВ

Значительная часть вырабатываемой электроэнергии потребляется через потребительские подстанции, понижающие напряжение 110-220кВ до напряжения потребления 6-10кВ. Такие подстанции в настоящее время, как правило, к источникам питания (системным подстанциям или распределительным устройствам (РУ) 110, 220кВ станций) подключаются с помощью воздушных линий (ЛЭП). Для сооружения ЛЭП необходимы довольно большие площади так охранная зона для ЛЭП напряжением 110кВ составляет 20 метров от крайних проводов по обе стороны, а для – 220кВ 25 метров [1].

Сети напряжением 110-220кВ работают с эффективно заземленной нейтралью. Особенность работы таких сетей заключается в том, что любое замыкание является коротким замыканием и, следовательно, поврежденный участок должен быть отключен. Для повышения надежности работы воздушных ЛЭП на силовых выключателях у источника питания устанавливается автоматика АПВ (автоматическое повторное включение), которое может быть одно или двукратным. Надежность повышается за счет того, что большая часть коротких замыканий на воздушных ЛЭП (около 80%) [2] являются самоустраняющимися.

Указанные особенности использования ЛЭП привели к тому, что с появлением кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжения 110 и 220кВ, ЛЭП стали заменять на кабели.

Такая замена особенно актуальна при реконструкции промышленных предприятий. При реконструкции главной понизительной подстанции (ГПП) на ОАО «Щекиноазот» ее подключение к РУ 110кВ станции «Первомайская» выполнено кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена. Подключение кабелями позволило уменьшить длину питающих линий, несмотря на плотное расположение цехов производств предприятия. Применены одножильные кабели. Особенность кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена является наличие медных экранов, сечение которых проверяется по двухфазному току короткого замыкания.

Литература

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР – М.: Энергоатомиздат, 2006 – 648с.
2. Постников Н.П., Рубашов Г.М. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для техникумов. – Л.: Стройиздат, 1989 – 352с

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Корнилов И.В.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СХЕМАХ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СТАНЦИЙ

Надежность работы тепловых электростанций в значительной степени зависит от работы системы собственных нужд (СН). Мощность, потребляемая системой СН зависит от вида топлива и составляет от 5 до 14% от мощности станции. Система СН тепловых электростанций строится на двух уровнях напряжения 6 и 0,4-0.23кВ. Для привода ме-

ханизмов СН применяются, в основном, асинхронные электродвигатели на напряжении 6кВ,

Главная схема станции, как правило, имеет несколько уровней напряжения (генераторное, напряжения распределительных устройств). Таким образом, главная схема станции и схема СН состоит из большого количества коммутационных аппаратов на разные уровни напряжения и вспомогательного оборудования. Все выбранное электрооборудование должно быть проверено на действие токов короткого замыкания (к.з.), отключающую способность, термическую и динамическую устойчивость.

В связи с большим количеством электрооборудования в схемах станций на разные уровни напряжения проверка его выполняется по расчетным зонам к.з. Всего в схеме станции может быть выделено семь расчетных зон к.з. Две зоны шестая и седьмая относятся к схеме СН.

При к.з. на шинах СН 6кВ электродвигатели переходят в режим генератора и посылают ток в место повреждения. Составляющую тока к.з. от электродвигателей необходимо учитывать при проверке электрических аппаратов и проводников распределительного устройства СН.

В общем случае к секциям СН электростанций подключается большое количество двигателей разных типов и мощностей. При оценке результирующего влияния всех двигателей на ток к.з. в месте повреждения целесообразно все двигатели заменить одним эквивалентным двигателем.

Таким образом, для проверки электрооборудования системы СН необходимо определить: $I_{по}$; $i_{уд}$ от внешних источников и токи подпитки от асинхронных электродвигателей СН: $I_{поАД}$; $I_{птАД}$; $i_{уд АД}$.

Литература

1. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 640с.

УДК 620.952; 62-665.3

Черных И.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.

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

О ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ НА ТВЁРДЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ В НОВОМОСКОВСКОМ ИНСТИТУТЕ РХТУ ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

В Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева в 2019 г. выполнен проект о переводе теплоснабжения «новой» площадки вуза

на снабжение теплом на нужды отопления и горячего водоснабжения от водогрейной котельной мощностью 1,6 МВт, работающей на твёрдых древесных отходах [1,2]. Котельная оснащена газогенераторами 1000 кВт и 600 кВт моделей Гефест 1000М (АГГУ-1000) и 600М (АГГУ-600); водогрейными котлами, комплектом оборудования системы автоматики энергетической установки; бункерами для сыпучего топлива, шнековым транспортёром подачи топлива, утепленными секциями дымовых труб. В своей работе котельная утилизирует древесные отходы и, тем самым, предотвращает их попадания на региональные полигоны бытовых и прочих отходов.

Зимний сезон 2022/2023 года показал ряд проблем, возникших в процессе работы самой котельной, системы теплоснабжения Института и снизивших эффективность их работы.

Визуальный осмотр труб тепловых сетей (наземная прокладка) системы теплоснабжения показал наличие участков без тепловой изоляции, что приводит к большим теплотерям. Наличие этих потерь тепла является одной из причин возникновения отклонения температуры теплоносителя от нормативного значения, соответствующего рассчитанному температурному графику для текущей температуры наружного воздуха. Решить эту проблему помогут: обновление и восстановление тепловой изоляции на трубах тепловой сети; изыскание возможности тепловой изоляции арматуры тепловых узлов или надстройки над этой арматурой теплоизолированных помещений. Обследование состояния самой трубопроводной системы тепловых сетей позволит выявить аварийные участки, дальнейшая эксплуатация которых без ремонта может привести к утечкам теплоносителя и, как следствие, потерям теплоты.

В непосредственно помещении котельной необходимо проанализировать состояние всего оборудования котельной на наличие возможных повреждений. В течение неотапительного периода необходимо обследовать оборудование котельной. Такое мероприятие поможет выявить котлы, обмуровка которых в ходе эксплуатации выработала свой ресурс и истончилась. Данное обстоятельство может привести к росту потерь теплоты в окружающую среду, что вызовет снижение фактической полезной тепловой мощности котла.

Обследование системы питания котлов позволит выявить элементы блока питания, находящиеся в предаварийном состоянии. Своевременная замена в подающем бункере блока питания одного из котлов шнеков, выработавших свой ресурс, позволит избежать частых поломок в узле питания котла и, тем самым, аварийных остановов самого котла и связанных с этим недовыработок тепловой энергии.

Следующий фактор, влияющий на повышение эффективности работы котельной, - это: повышение качества топлива котельной, а именно, снижение его влажности, зольности; наличие топлива в достаточном количестве для нормальной работы. Решением этой проблемы может быть разведение плантаций быстрорастущих деревьев (например, береза, осина) с высокими тепловыми характеристиками на свободных площадях территории ВУЗа, что позволит улучшить экологическую обстановку вокруг Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева. Использование древесины этих деревьев, достигших промышленной зрелости, в качестве резервного топлива в котельной позволит обеспечить непрерывность теплоснабжения «новой» площадки с последующим полным отказом от восполнения нехватки тепла за счет тепла из городской системы теплоснабжения.

Таким образом, решение обозначенных проблем позволит повысить эффективность теплоснабжения и обеспечить безаварийное и полноценное теплоснабжение учебных корпусов и общежитий, расположенных на «новой» площадке Института от собственной котельной.

Литература.

1. Владимир Первухин: Будущее у нашего института большое // Новомосковский менделеевец (газета студентов, преподавателей и сотрудников НИ РХТУ имени Д.И. Менделеева), №159. – «Новомосковская правда» от 31 октября 2019 года
2. Черных И.В., Золотарева В.Е. Об использовании котельной на твёрдых древесных отходах в Новомосковском институте РХТУ им. Д.И. Менделеева // XXIII научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Химические и технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2021. С. 178-180.

УДК 620.92

Серегин И.М., Раскучев П.А., Золотарева В.Е.

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

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В нашей жизни огромную роль играет электроэнергия или простыми словами – электричество. Наша жизнь полностью зависит от данного вида энергии, без нее невозможно представить нынешнюю жизнь. Лампочки, индукционные плиты, стиральные и посудомоечные машины, аппараты жизнеобеспечения, компьютеры, интернет, радио, теле-

визоры, мобильная и спутниковая связь - все это лишь малая часть того, что без электричества мы бы не могли использовать. Но как оно появляется в наших домах, розетках, аккумуляторах телефона? Как она генерируется и что ее генерирует?

Первым источником электричества была динамо-машина или первый простейший электрогенератор, изобретенный Аньошем Йедликом. Но прогресс, как и жизнь, не стоит на месте, вскоре появились более эффективные источники электроэнергии: паровые двигатели, электродвигатели, ветрогенераторы, гидроэлектрогенераторы, сгруппированные в тепловые электростанции (ТЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), ветряные электростанции. Апофеозом развития энергетики стало достижение самого эффективного источника энергии – ядерного реактора.

Идея получения ядерной энергии была сформулирована в 30-х годах прошлого века физиком Энрико Ферми [1]. Он доказал, что нейтроны могут расщеплять атомы. В 1942 году Ферми и его научная команда реализовала первую ядерную цепную реакцию, и они же создали первый ядерный реактор Chicago Pile-1 (CP-1). Он получил свое название от места его расположения. Он был построен под западными трибунами футбольного поля Чикагского университета. CP-1 был построен из блоков графита и урана, а также имел регулирующие стержни из кадмия, индия и серебра [1]. Из-за малого познания лучевой болезни и последствий нахождения вблизи замедленной «бомбы» с «ядом» первый ядерный реактор не имел никакой радиационной защиты и даже простейшей системы охлаждения. Единственной защитой, единственным «элементом безопасности» были три человека, так называемый «отряд смертников», чьей задачей было тушение возможного пожара. Автоматики безопасности не было: некое управление всей этой машиной представляло собой несколько регулирующих стержней под ручным управлением и аварийный стержень. Этот аварийный стержень был привязан к перилам на балконе над реактором. В случае ЧП веревку нужно было перерезать. Энрико Ферми описал CP-1 как «сырая куча черных кирпичей и деревянных бревен». Конструкция реактора представляла из себя решетку из 57 слоев оксида урана и урановых слитков, встроенных в графитовые блоки, а деревянный скелет поддерживал все это строение. По завершению строительства реактора он насчитывал 22000 урановых слитка, 380 тонн графита, 40 тонн оксида урана и 6 тонн металлического урана. Создание этой машины обошлось очень дорого - около 2.5 миллионов долларов (в ценах середины прошлого века!). И наконец 2 декабря 1942 в 15:53 был запущен первый в мире ядерный реактор. К огромному счастью все

прошло без происшествий, и он проработал около получаса, а точнее 28 минут [1].

Ядерный реактор — это устройство, которое получает энергию путём контролируемой цепной реакции. Реакция представляет из себя деление (распад) ядер атомов урана. В процессе распада выделяется огромное количество тепла, которое поглощается промежуточным теплоносителем. В конце технологической цепочки это тепло используют для превращения воды в пар. Пар в свою очередь вращает турбины, которые вырабатывают электричество. Вот вкратце принцип работы современных атомных станций (АЭС), который мало изменился с середины прошлого века. Почти вековая история работы ядерных объектов позволила сформулировать правила эксплуатации АЭС и сконструировать комплекс системы автоматизации управления и безопасности при работе современных энергоблоков.

За годы своего развития атомные электростанции достигли 20%-й доли выработки электроэнергии от всего производимого электричества в России. Российская атомная энергетика в настоящее время представлена Концерном «Росатом», являющимся частью Электроэнергетического дивизиона Госкорпорации «Росатом». По состоянию на 2023 год эта корпорация занимает 1-е место среди генерирующих компаний в Российской и Федерации и 2-е место в мире, пропустив вперед французскую EDF. В России в настоящее время в эксплуатации находится 11 АЭС с работающими 37-ю энергоблоками, в состав которых входят 22 энергоблока с реакторами типа ВВЭР (из них 4 энергоблока – ВВЭР-1200, 13 энергоблоков – ВВЭР-1000 и 5 энергоблоков – ВВЭР-440 различных модификаций); 11 энергоблоков с канальными реакторами (8 энергоблоков с реакторами типа РБМК-1000 и 3 энергоблока с реакторами типа ЭГП-6); 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН-600 и БН-800). 2 реакторные установки типа КЛТ-40С электрической мощностью по 35 МВт.

Суммарная установленная мощность этих объектов составляет больше 29,5 ГВт, в том числе электроэнергия вырабатываемая 2-мя реакторами плавучего энергоблока (ПЭБ) плавучей атомной электростанции (ПАТЭС). Данная АЭС обозначила направление развития атомной энергетике и ее важнейшую роль для реализации планов по освоению Русского Севера. 22 мая 2020 года в России была сдана в промышленную эксплуатацию первая в мире ПАТЭС «Академик Ломоносов». В эти дни она находится в порту города Певек и считается самой северной атомной электростанцией в мире [2,3].

Развитие атомной энергетике Российской Федерации не стоит на месте. Госкорпорации «Росатом» воплощает в жизнь Энергетическую

стратегию России. В соответствии Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики России Концерн «Росэнергоатом» продолжает наращивать рост доли атомной энергетики в энергобалансе за счет строительства новых блоков АЭС при обеспечении необходимого уровня безопасности. Деятельность «Росатома» обеспечивает России лидирующие позиции по количеству строящихся объектов атомной энергетики [2]. Портфель зарубежных заказов содержит проекты на 36 блоков. Все проекты соответствуют современным международным требованиям и рекомендациям МАГАТЭ. Эволюционное развитие российских технологий, применение модернизированных проектов, основанных на зарекомендовавших с точки зрения надежности базовых вариантах, позволяет постоянно совершенствовать реакторные установки, турбины, генераторы [2].

За Российской атомной энергетикой – будущее!

Литература

1. Первый в мире ядерный реактор - <https://energoworld.ru/blog/pervyyiy-mire-yadernyy-reaktor/>
2. Атомные станции России - https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/atomnye-elektrostantsii-rossii/
3. Толстых И.В., Иванов А.А. (научный руководитель Золотарева В.Е.) К вопросу о надёжном энергоснабжении удалённых территорий Крайнего Севера и Арктики// В сб.: 12-я Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2022. С. 259-261.

УДК 697.343

Черных И.В., Иванов А.А., Курило Н.А.

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

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Технический уровень надежности тепловых сетей должен быть определен еще на этапе их разработки и проектирования, а затем реализован во время эксплуатации.

При выборе оборудования и схем системы централизованного теплоснабжения следует исходить из условий обеспечения бесперебойного теплоснабжения потребителей. Потери от нарушений нормального

теплоснабжения могут значительно перевесить экономию капитальных затрат, если тепло не резервируется, или не принимаются меры для обеспечения быстрого баланса тепла.

Под надежностью системы централизованного теплоснабжения в целом и ее частей (источников тепла, магистральных и распределительных сетей, потребителей тепла) следует понимать способность системы централизованного теплоснабжения и ее частей обеспечивать теплом (теплоносителями с заданными параметрами) в установленном режиме, в течение заданного времени и в установленном объеме, учитывая ремонт всех элементов каждой части системы центрального отопления в соответствии с утвержденными регламентами.

Надежность — это сложное свойство, состоящее из более простых свойств, таких как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

В качестве показателя надежности различных частей системы централизованного теплоснабжения при передаче тепловой энергии (теплоносителя) от источника теплоты до отопительных приборов в отапливаемых помещениях и водоразборных кранов в системах горячего водоснабжения должны быть установлены легко определяемые и регистрируемые приборами показатели (параметры) на границе эксплуатационной ответственности.

Так как одним из основных назначений систем централизованного теплоснабжения является обеспечение теплового комфорта жилых, общественных и производственных зданий, а именно поддержание значений внутренней температуры отапливаемых помещений и значений температуры горячей воды для бытовых и общественных нужд, регламентируемых санитарными правилами и сводами правил по проектированию (СП), то в качестве показателей надежности системы теплоснабжения следует принять:

1) допустимый предел отклонения температуры воздуха в месте обогрева и температуры горячей воды в системе горячего водоснабжения;

2) допустимая продолжительность этих отклонений в интервале времени, когда одна (или несколько) частей системы не работает;

3) допустимая общая продолжительность таких нарушений в работе отопительных установок и других частей системы централизованного теплоснабжения в течение определенного периода времени (например, одного года).

В качестве показателей надежности при проектировании системы централизованного теплоснабжения рекомендуется использовать продолжительность времени полного отсутствия подачи тепла потребите-

лю при расчетной отопительной температуре наружного воздуха, в течение которого температура внутри помещений опустится до минимальной допустимой величины, нормируемой врачами-гигиенистами, а также суммарная длительность таких перерывов в подаче тепла в течение года.

Рекомендуется создать базу данных тепловых характеристик отапливаемого здания в процессе эксплуатации, включая эти совокупные факторы.

Знание этих факторов важно для решения многих задач, таких как разработка моделей маневрирования ТЭЦ и котельных, прогнозирования динамики изменения температуры внутри отапливаемых зданий при изменении параметров теплоносителя в тепловой сети, а также других расчетов неустановившихся режимов работы тепловых сетей.

Приведенные показатели являются исходными данными для проектирования распределительных, затем магистральных теплопроводов и нормирования показателей надежности источников теплоты.

Литература

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 8-е изд./ Е.Я. Соколов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2006.- 472 с.
2. Родичев Л.Я. Методы и средства повышения эффективности транспорта тепловой энергии. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2006.-12 с.
3. <https://studfile.net/preview/2415867/>

УДК 621.311.1

Иванов А.А., Черных И.В., Курило Н.А.

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

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПГУ ПРИ НАРУШЕНИЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Современное состояние электроэнергетики РФ с позиций обеспечения надежности электроснабжения показывает, что появляются и нарастают негативные тенденции, которые могут привести к большим проблемам. Усложнение электрических связей энергосистем, большой парк электротехнического и теплосилового оборудования электростанций, работающего на продленном ресурсе с устаревшими системами контроля и управления, ввод новых мощностей на базе парогазовых установок зарубежного производства, как правило, недостаточно

адаптированных к условиям работы в ЕЭС, а также ввод санкций Евросоюзом для электроэнергетической отрасли, запретивших ввозить в Россию запчасти для паровых турбин и котлов, являются потенциальными причинами возникновения аварийных ситуаций в энергосистемах, приводящими к погашению ТЭС без сохранения собственных нужд. В этих условиях проблема повышения надежности и живучести тепловых электростанций с помощью парогазовых установок становится весьма актуальной.

Аварии в энергосистемах вследствие дефицита активной и/или реактивной мощности приводят к останову генерирующего оборудования электростанций и отключению станций от энергосистемы.

Так, при аварии в мае 2005 г. в системе Мосэнерго, вызванной дефицитом реактивной мощности, на московских ТЭЦ из-за перегрузки по току статора и ротора в течение восьми минут были отключены 28 турбогенераторов. При аварии в энергосистеме Калининградской области в 2011 г. прекратилась выработка электроэнергии Калининградской ТЭЦ-2 с потерей электроснабжения собственных нужд. Такие остановки часто приводят к повреждениям оборудования, особенно крупных агрегатов с вращающимися элементами (турбины, генераторы, питательные насосы и т.п.). Перед последующим пуском необходим тщательный анализ состояния всех элементов оборудования после останова. Таким образом, повторный пуск и включение в сеть электростанции после такого останова могут состояться лишь через большой промежуток времени.

Одной из важнейших задач при внедрении энергоблоков ПГУ является обеспечение необходимой надежности и живучести электростанции при условии ее работы в автономном режиме, вызванном отключением электростанции от энергосистемы при возникновении в последней аварийной ситуации.

На большинстве тепловых электростанций резервное питание обеспечивается от энергосистемы. В связи с этим при системных авариях слабым местом становятся системы питания собственных нужд. Поэтому на случай аварийной потери питания электростанции от энергосистемы на ней должны быть предусмотрены независимые источники энергии, в функции которых входит: безопасный останов отключаемого оборудования ТЭС; поддержание остановленного оборудования в состоянии готовности к пуску; быстрый пуск и подключение ТЭС к энергосистеме после восстановления режима ее работы.

В условиях существующей вероятности работы электростанции в изолированном режиме, вследствие системной аварии, наличие независимого энергоисточника, позволяющего пустить электростанцию «с

нуля», является важным элементом надежности как самой электростанции, так и в целом энергосистемы.

В электроэнергетике находят применение следующие способы пуска ПГУ в аварийных условиях:

1. Применение аварийных электростанций необходимой мощности, обеспечивающих питание потребителей собственных нужд энергоблока ПГУ и его запуск.

2. Автоматическое отключение энергоблока ПГУ от энергосистемы и выделение генератора газовой турбины для питания потребителей собственных нужд энергоблока. При этом происходит останов паровой турбины, поскольку выдача мощности энергоблоком в систему прекращается.

Литература

1 Щербаков, Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 512 с.

2 Аполлонский, С. М. Энергетическая безопасность Российской Федерации / С. М. Аполлонский. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 620 с.

УДК 621.1

Курило Н.А., Иванов А.А., Черных И.В.

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

ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ КОТЛОВ

Эксплуатация котлов сопровождается различными физическими и химическими процессами в пароводяном тракте, в тракте дымовых газов, в металле, из которого изготовлены отдельные узлы оборудования. Важнейшими из них являются горение топлива, теплообмен, коррозия металла, образование отложений на внутренней и наружной поверхностях труб, изменение свойств металла. Безотказность работы котлов зависит от характера и интенсивности протекающих процессов. Значительное количество повреждений характерно для экономайзеров, экранных поверхностей нагрева, пароперегревателей.

При работе котлов на твердом топливе уменьшить золовой износ поверхностей нагрева можно путем ограничения скорости продуктов сгорания до $7\div 10$ м/с.

Во время растопок котлов, во время подъема нагрузки или при быстрых ее изменениях в трубах возникает резкое изменение температуры воды, что снижает прочность сварных соединений.

Большое значение имеет поддержание чистоты рабочих поверхностей элементов пароводяного тракта. Это достигается двумя путями: поддержанием правильного водно-химического режима и периодически проводимыми химическими промывками для очистки поверхностей.

Отрицательно влияют на надежную работу котла также наружные отложения. Они условно подразделяются на плотные, рыхлые, сыпучие и липкие. Первые три образуются при сжигании твердых топлив, липкие – при сжигании мазута.

Опасны также коррозионные процессы, наиболее интенсивно протекающие в местах сварных соединений, где при попадании влаги образуются микроскопические гальванические пары, способствующие переходу в раствор ионов железа. Наиболее интенсивно коррозия протекает при сжигании в котлах высокосернистых мазутов.

Еще одним видом повреждений являются свищи в сварных швах, возникающие в результате дефектов при изготовлении и монтаже отдельных узлов котлоагрегата. При возникновении повреждения в одной трубе или сварном шве вытекающая струя воды разрушает соседние детали.

Экранные трубы в процессе эксплуатации подвергаются воздействию излучения, коррозионно-агрессивной среды продуктов сгорания топлива, весовых и компенсационных нагрузок. При низкой скорости циркуляции и нарушении водно-химического режима это может приводить к их повреждениям и отказам в работе котлов. Важнейшее влияние на повреждаемость поверхностей нагрева оказывает качество воды и пара.

Трубы радиационных перегревателей чаще всего подвержены высокотемпературной коррозии, приводящей к значительному утонению их стенок со стороны огневого обогрева. Заметное влияние оказывает неравномерное поле температур по высоте газохода, в котором располагается пароперегреватель. Повреждения пароперегревателей связаны с тем, что при длительных наработках времени и температурах выше 450 °С структура металла претерпевает изменения. Снижается его жаропрочность.

Наличие значительного градиента температур по толщине стенки и по длине барабана приводит к росту напряжений, превышающих предел текучести стали, что приводит к возникновению остаточной деформации.

Литература

1. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Г.П. Гладышев, Р.З. Аминов, В.З. Гуревич и др.; Под ред. А.И. Андрущенко. - М.: Высш. шк., 1991.-303 с.
2. ГОСТ 4.422-86. Система показателей качества продукции. Котлы паровые стационарные. Номенклатура показателей [Текст]: нормативно-технический материал.- Дата введения: 01.01.1987. – 8 с.

УДК 621.18:543.06

Алферов В.А., Якунина М.С., Зайцев Н.А.

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

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Техническая стратегия развития теплоэнергетики базируется на топливных ресурсах страны. Они в основном определяют направления совершенствования теплоэнергетики. В топливном балансе энергетики преобладает природный газ (65 %), твёрдое топливо (30%) и жидкие топлива на основе нефти (5 %). Россия обладает большими запасами природного газа. Природный газ в основном используется в европейской части страны, где проживает 80 % населения. Удобство доставки природного газа потребителям по трубопроводам, высокие экологические свойства, позволяют использовать газ на ТЭС и ТЭЦ особенно в крупных городах.

Замещение природного газа углём по примеру топливно-энергетического баланса мировой энергетики неприменимо для европейской части России с преобладанием ТЭЦ, а также необходимости широкомасштабных перевозок угля на большие расстояния. Строительство АЭС способствует уменьшению потребления природного газа в теплоэнергетике европейской части страны. Но необходимость работы АЭС в базовой части графика электрической нагрузки ограничивает этот процесс. Поэтому основным направлением обновления теплоэнергетики европейской части России предполагается строительство ПГУ утилизационного типа, работающих на природном газе. Строительство ПГУ позволит обеспечить экономию топлива по сравнению с ТЭС, решить проблему теплоснабжения и экологии крупных городов, решить проблему покрытия переменной части графика электрической нагрузки, значительно решить проблемы экологии.

Техническая стратегия развития теплоэнергетики в азиатской части страны, также привязана к топливу. В Западной Сибири с большой

добычей природного газа экономически оправдано строить утилизационные ПГУ как и в европейской части России. В районах Южной, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке с большой добычей угля целесообразно сооружать ТЭС на твёрдом топливе с высокоэкономичными энергоблоками на сверхкритические (СКП) и суперсверхкритические (ССКП) параметры пара. Переход к энергоблокам ССКП позволит повысить КПД ТЭС, даст значительный эффект в технологиях сжигания топлива, уменьшит тепловые выбросы, что будет способствовать решению глобальной экологической проблемы потепления климата. Таким образом, и в целом применение таких энергоблоков с предельными значениями начальных параметров пара позволит значительно расширить применение в энергетике наименее «благородного» топлива – угля, запасов которого хватит на сотни лет. Это создаст условия для значительного вытеснения жидкого топлива и газа в энергетике. Однако, такой переход требует уже в настоящее время решения сложных научных и технологических задач для создания паротурбинных энергоблоков нового поколения на суперсверхкритические параметры пара, работающих на твёрдом топливе.

УДК 621

Боровко Л.В., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А.

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

ВИДЫ КОРРОЗИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Разрушение металла под действием окружающей среды называют коррозией. Металлические поверхности нагрева паровых и водогрейных котлов подвергаются коррозии как под действием продуктов сгорания, так и под действием нагреваемой среды. Коррозия поверхностей нагрева со стороны продуктов сгорания называется наружной, а со стороны нагреваемой среды - внутренней.

Кислородной коррозии подвержены поверхности нагрева, температура стенки которых может оказаться равной температуре точки росы. При поступлении слишком холодной воды в водяной экономайзер или конвективную поверхность нагрева водогрейных котлов либо холодного воздуха в воздухоподогреватель на их поверхности происходит конденсация водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания.

Низкотемпературная сернокислотная коррозия поверхностей нагрева обусловлена наличием в продуктах сгорания серного ангидрида, получающегося при горении серы, содержащейся в мазуте или, например, в подмосковном буром угле.

Пароводяная коррозия поверхностей нагрева наблюдается при работе котлов с повышенными тепловыми нагрузками. В результате пароводяной коррозии на внутренних поверхностях экранных труб появляются бороздки и язвы, как правило, покрытые рыхлым слоем оксидов металла.

Щелочная коррозия поверхностей нагрева проявляется в виде местных разрушении экранных труб и хрупких повреждений в местах упаривания котловой воды.

УДК 621.18:543.06

Бухалов К.А., Якунина М.С., Зайцев Н.А.

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

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Возобновляемые источники энергии, например ветер, солнечная радиация, приливы мирового океана активно используются для получения электроэнергии в мире. Это позволяет сокращать сжигание органического топлива, а значит снижать углеродные и тепловые выбросы в атмосферу. Геотермальные источники для теплоснабжения или выработки электроэнергии давно и активно используются в странах с активной вулканической деятельностью, например, в Исландии с доступными источниками природной горячей воды и пара, в Индонезии. В развитых европейских странах и в США термальные воды с температурой в диапазоне 30–40°C используются для отопления частных домовладений посредством тепловых насосов уже с семидесятых годов двадцатого века. Подземные источники воды с такими параметрами встречаются практически во всех регионах нашей страны, термальные воды с температурой более 100°C разведаны на Кавказе, в Западной Сибири, в южных регионах Восточной Сибири, в районах Дальнего Востока. Такая вода может быть использована для отопления и горячего водоснабжения жилых районов городов и промышленных предприятий через сооружение геотермальных тепловых станций (ГеоТС). Особый интерес с точки зрения развития геотермальной энергетики в нашей стране представляют сейсмоактивные регионы, то есть регионы с периодически действующими вулканами. Это остров Сахалин, острова Курильской гряды, полуостров Камчатка. Здесь разведенные запасы геотермальной энергии огромны и способны на века обеспечить теплоэнергетику этих регионов практически бесплатным теплоносителем. Подземный теплоноситель здесь может иметь температуру не ниже 300°C, который под давлением поднимается из подзем-

ных горизонтов глубиной до трёх километров. Этот теплоноситель может быть как перегретым, так и насыщенным паром, и перегретой относительно давления насыщения горячей водой, которая на поверхности легко переводится в пар. Геотермальный пар может быть использован для выработки электроэнергии в турбоустановках, установленных на геотермальных электрических станциях (ГеоЭС). Основной характеристикой этого пара является его влажность, так как капельки влаги имеют высокое соледержание, то есть насыщены химическими соединениями опасными как с точки зрения образования отложений на поверхности теплообменного оборудования и в проточной части паровых турбин, так и коррозионных повреждений. Технология использования такого пара предусматривает его осушку путём сепарации, а также водную промывку для удаления агрессивных примесей. Сухой насыщенный пар срабатывает теплоперепад в турбине и далее конденсируется. Конденсат не используется, то есть цикл такой паротурбинной установки размыкается. Конденсат и отсепарированная вода закачиваются обратно в скважины.

Первая геотермальная станция в нашей стране была построена на Камчатке в 1966 году - Паужетская ГеоЭС. Ее мощность составляет всего 6 МВт - ровно половину от установленной. Еще пара таких же небольших ГеоЭС расположены на Курильских островах. А самая большая геотермальная станция в России - Мутновская - расположена в Елизовском районе Камчатского края к северо-востоку от Мутновской сопки, на высоте около 800 метров над уровнем моря. Её мощность составляет 50–70 МВт. Она была построена в 2002 году. Станция использует прямое воздействие горячего пара на турбину. Остывшая вода закачивается обратно в горные пласты. В результате чего ГеоЭС является экологически чистым энергетическим объектом. Общее количество скважин на Мутновской ГеоЭС - 12. Использование геотермальной энергии позволило значительно ослабить зависимость полуострова от дорогостоящего привозного мазута. Она обеспечивает примерно 30% потребности в электроэнергии всего Петропавловского региона. К сожалению, обеспечивать этот регион еще и горячей водой из того же источника пока не получается - этому не способствует сложный горный рельеф местности, а передать электричество по проводам в любом ландшафте не составляет проблемы.

В 2007 году на курильском острове Итуруп была введена в строй Океанская ГеоТЭС, состоящая из двух турбогенераторных установок "Туман 2а" мощностью 1,8 МВт каждая. Она использовала энергию вулкана Баранского. После пожара в 2013 году станция была выведена из эксплуатации и законсервирована. В настоящее время принято решение возвести новую

геотермальную электростанцию "Океанская-2" мощностью 5МВт с возможностью дальнейшего увеличения до 15 МВт. Она позволит экономить в среднем 25 тонн дизельного топлива в сутки.

УДК 621.18:543.06

Дорохин Н.Ю., Моисеев А.К., Хороших Д.Н., Зайцев Н.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ
НА ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ
В РАМКАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ «НИР»**

Производственная практика «Научно-исследовательская работа» предполагает как аудиторные практические занятия, так и занятия на площадках промышленных предприятий. Для студентов-теплоэнергетиков второго курса такими площадками выбраны городские котельные Восточного филиала ООО «ККС». Эти котельные модульного типа полностью автоматизированные имеют самое современное котельное, теплообменное, насосное оборудование и системы автоматизации и передачи данных. Отопительная котельная №13м (ул. Октябрьская, д. 21б) введена в действие в сентябре 2022 г. На котельной установлены два водогрейных котла Турботерм Гарант тепловой мощностью 3 МВт каждый. Отопительный сезон 2022-2023 г. является первым для этой котельной. Однако это не обусловило беспроблемную работу этого источника теплоты в первый год работы. Спешка при пуско-наладочных работах и общее состояние трубопроводов тепловой сети привели к заносу отложениями камер второго контура водоводяных теплообменников (сетевых подогревателей - СП) в первые дни работы котельной. Ширина камер для прохода нагреваемой воды около 3 мм. Эти загрязнения привели к ухудшению процессов теплопередачи и росту перепада давления в теплообменнике, а значит и к ухудшению температурного режима отапливаемых зданий [1].

Было принято решение провести пробную химическую очистку сетевого подогревателя №2 раствором кислоты без разбора теплообменника. Такая очистка проведена с участием студентов-практикантов гр. ПТЭ-21-1 28.02.2023 г. Все технические работы выполнены дежурным персоналом котельной и начальником Толстикovým А.В., а научное сопровождение осуществляли студенты с руководителем практики Зайцевым Н.А. Студенты на практических занятиях рассчитали объём камер второго контура теплообменника используя как габаритные так и тепловые характеристики теплообменника. В котельной зафиксировали размеры циркуляционной промывочной установки

и рассчитали вместимость её бака. Определили общий объём моющего раствора кислоты. В качестве основного моющего реагента приняли органическую комплексобразующую кислоту ОЭДФ с дополнительным подкислением уксусной кислотой для удаления преобладающих оксидов и гидроксидов железа в отложениях [2]. Применение соляной кислоты или композиций на её основе не рекомендуется для теплообменников с пластинами из нержавеющей стали.

Общий объём раствора составил 306 л, расход ОЭДФ 10 кг для получения массовой концентрации 30 г/л. Расход концентрированной уксусной кислоты 1,2 л для поддержания $\text{pH} = 3 - 4$ ед. (контроль по индикаторным полоскам). Студенты на котельной взвесили расчётное количество кислоты, приготовили раствор. Перекрыли подачу сетевой воды в теплообменник и включили циркуляцию раствора. Промывочная установка создаёт давление раствора около 0,1 МПа и позволяет менять направление подачи раствора в промываемый аппарат. Время промывки 20 ч. Контроль работы установки во внеурочное время осуществлял начальник котельной. В результате добились двукратного снижения перепада давления сетевой воды в камерах второго контура СП. Окончательная очистка будет проведена после завершения отопительного периода при разборке теплообменника и очистки каждой пластины.

Литература

1. РД 10-165-97. Методические указания по надзору за водно-химическим режимом паровых и водогрейных котлов. Серия 10. Выпуск 38 / Колл. авт. – М.: ФГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 28с.
2. Маргулова Т.Х. Применение комплексонов в теплоэнергетике. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 280 с.

УДК 621.18:543.06

Дорохин Н.Ю., Моисеев А.К., Хороших Д.Н., Зайцев Н.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАБОТЫ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
ПАРОВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ**

Котельная №19з (п. Гипсовый, ул. Малая Зелёная, д.1) Восточного филиала ООО «ККС» является единственной в городе оснащённой как паровыми, так и водогрейными котлами. Водоподготовительная установка котельной по схеме двухступенчатого натрий-катионирования производительностью $4,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ предназначена для получения глубоко умягчённой воды. Первая ступень натрий-катионирования – установка умягчения воды непрерывного действия АКВАФЛОУ. Паспортные данные для одного фильтра: - диаметр фильтра – $0,77 \text{ м}$; - высота слоя катионита – $1,13 \text{ м}$; - объём ионообменной смолы – $0,5 \text{ м}^3$. Вторая ступень натрий-катионирования – установка умягчения воды непрерывного действия. Паспортные данные: - диаметр фильтра – $0,369 \text{ м}$; - высота слоя катионита – $1,0 \text{ м}$; - объём ионообменной смолы (в одном баллоне) – $0,1 \text{ м}^3$. Катионит Purolite – Пьюролайт С100 - полистирольная гелевая сильнокислотная катионообменная смола, натриевая форма. По паспортным данным полная обменная ёмкость 2000 г-экв/м^3 ; рабочая обменная ёмкость смолы – $1,2 \text{ г-экв/л}$. Жёсткость умягчённой воды после фильтров: - первой ступени – не выше $0,1 \text{ мг-экв/л}$; - второй ступени – не выше $0,01 \text{ мг-экв/л}$. Регенерация фильтра проводится немедленно по расходомеру, то есть как только значение указанного количества обработанной воды достигнет нуля.

Контроль и оценка работы катионитных фильтров производится, в том числе, по величине определённой опытным путём рабочей ёмкости поглощения катионита. В ходе мониторинга определено, что до проскока жёсткости через фильтр проходит $41,538 \text{ м}^3$ воды. Количество катионов жёсткости, поглощённых слоем катионита за рабочий период фильтроцикла $390,5 \text{ г-экв}$. Рабочая обменная ёмкость поглощения катионита, установленная опытным путём 781 г-экв/м^3 .

Расчёт рабочей ёмкости поглощения катионита фильтров второй ступени. До проскока жёсткости через фильтр проходит $99,8 \text{ м}^3$ воды. Количество катионов жёсткости, поглощённых слоем катионита за рабочий период фильтроцикла $8,982 \text{ г-экв}$. Рабочая обменная ёмкость поглощения катионита, установленная опытным путём 90 г-экв/м^3 .

Степень использования обменной ёмкости катионита (доля рабочей обменной ёмкости поглощения в полной) рассчитанное для филь-

ров первой ступени составляет 40 %, для второй – 4,5 %. Рекомендуемая величина этого показателя более 75 % [1]. Возможно реальное значение степени использования обменной ёмкости катионита будет несколько выше, так как за отсутствием значения полной обменной ёмкости катионита, определённой опытным путём пусконаладочной организацией, принято паспортное значение (2000 г-экв/м³). Кроме того, нормальной эксплуатационной величиной ёмкости поглощения для натрий-катионитных фильтров первой ступени считается не менее 800 г-экв/м³ для отечественного катионита КУ-2-8 и аналогичных импортных [1]. В нашем случае - 781 г-экв/м³. Для фильтров второй ступени – (250-300) г-экв/м³ [2]. В нашем случае - 90 г-экв/м³. Это свидетельствует о том, что в процессе очередного проведения наладочных работ на водоподготовке, с целью корректировки контрольных показателей режимной карты, возможно увеличение количества смягчённой воды за фильтроцикл для фильтров первой ступени и особенно для фильтров второй ступени. Такие изменения позволяют снизить расход поваренной соли на регенерацию катионита и расход воды на собственные нужды установки.

Литература

1. Методика проведения пусконаладочных работ на оборудовании химводоподготовки и водно-химического режима котлов. – Тула: ООО «ИАЦ Промэксперт», 2008. – 61 с.
2. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справочник / Ю.М. Кострикин, Н.А. Мещерский, О.В. Коровина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 254с.

УДК 621.1:621.311:621.165

Гольцверт М.А., Чермошенцев Е.А., Золотарева В.Е., Макрушин В.В.

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

ХИМИЧЕСКИЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ПОТОКЕ ПАРА ТУРБИН ТЭС

В процессе эксплуатации паротурбинных установок, использующих перегретый пар от барабанных или прямоточных котельных агрегатов, элементы проточной части цилиндра низкого давления (ЦНД) турбин подвергаются химической и электрохимической коррозии. Коррозионные повреждения лопаток паровых турбин в большей части приходится на зону фазового перехода. Причиной этих повреждений является контакт поверхности металла лопаток с потоком влажного пара – смеси пара с мелкодисперсной влагой, имеющей сверхзвуковую

скорость. Соприкосновение лопаток с таким потоком помимо инициации коррозионных процессов дополняется эрозионными явлениями при наличии повышенных механических напряжениях, характерных для рабочих лопаток ЦНД.

Мелкодисперсная влага в паровом потоке в соответствии с коэффициентом распределения представляет собой раствор, насыщенный коррозионно-агрессивными примесями. По составу это большей частью хлориды и сульфаты натрия и других щелочных металлов. Хлориды и сульфаты натрия выполняют роль депассиваторов, разрушающих защитную пленку на поверхности металла лопаток. Кроме солей в этой первичной влаге присутствует гидроксид натрия. Его наличие вызывает межкристаллитное коррозионное растрескивание металла лопаток. Образование и существование жидкой фазы в потоке пара возможно только в виде высоко концентрированного водного раствора, температура насыщения которого выше температуры насыщения чистой воды при данном давлении. Известно, что наличие примесей в воде и паре существенно меняет их свойства. Для образования мелкодисперсной влаги в паровом потоке очень важны поверхностные свойства: поверхностное натяжение и адгезия.

Такие инактивные примеси, как хлорид и гидроксид натрия, сильно гидратируются в воде и тем самым повышают поверхностное натяжение жидкой фазы. Энергия образования зародышей (центров) конденсации очень сильно зависит от межфазного натяжения. Для концентрированных растворов хлорида и гидроксида натрия поверхностное натяжение значительно выше, чем для воды, поэтому и энергия образования будет больше, что приводит к росту размеров зародышей (центров конденсации) и самих капель, образующих мелкодисперсную фракцию влаги в паровом потоке в межлопаточных каналах ЦНД.

По экспериментально полученным данным поверхностного натяжения водных растворов хлорида и гидроксида натрия в широком интервале температур и давлений, были рассчитаны размеры конденсирующихся капель. Установлено, что при наличии инактивных примесей (хлорида и гидроксида натрия) капли конденсирующей влаги будут иметь размер, примерно, в 2 раза выше, чем он бы был при конденсации абсолютно чистого пара. Расчеты показали, что размеры вторичных капель, образующихся при сходе с лопаток пленки влаги, образовавшейся после первичной конденсации на поверхности лопаток, в 1,5-2,0 раза больше, чем при конденсации.

Полученные данные могут быть использованы при выборе материалов и параметров геотермальных тепловых электростанций, оборудование которых, особенно паровые турбины, работает в условиях контакта с высококонцентрированными средами.

УДК 621

Колбасов И.И., Макрушин В.В., Чермошенцев Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)
ЭКОЛОГИЧНОСТЬ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Хорошо известно, что ресурсы, неиспользованные по прямому назначению, или их избыток, не участвующий в технологических процессах, рано или поздно становятся отходами и загрязняют окружающую среду. Очевидно, что более рациональное использование ресурсов повышает экологичность топливосжигающей установки и одновременно повышает экономичность работы установки, поэтому экологичность котельных установок непосредственно связана с их экономичностью или, говоря другими словами, экологичность и экономичность являются «двумя сторонами одной медали».

Не последняя роль в обеспечении экологической чистоты котельного комплекса принадлежит организации сгорания углеводородного топлива в топке котла, которая, в свою очередь, определяется не только видом сжигаемого топлива и технологией его подготовки к процессу горения, но и конструктивным исполнением топливной и воздухоподающей систем котельного комплекса, обеспечивающим качественно-количественные характеристики компонентов и их соотношение в подаваемой на горение горючей смеси, степень равномерного распределения топлива по объему воздуха, параметры топочного факела (длина, ширина, объем, светимость и др.) и, в конечном итоге, полноту и качество процесса сгорания.

УДК 621.18:543.06

Нефёдов В.В., Якунина М.С., Зайцев Н.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И.Менделеева)
**РАЗВИТИЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ОДНОГО
ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

Универсальные вторичные энергоносители электроэнергия и водород могут быть взаимно преобразованы с высокой энергетической эффективностью (теоретически до 100 %). При энергоснабжении потребителей эти энергоносителя обеспечивают практически полное отсутствие вредных выбросов. Но при их производстве происходит процесс преобразования энергии углеводородных топлив, ядерной энергии или возобновляемых источников энергии с воздействием на окружающую среду. При этом в отличие от электроэнергии водород проще и дешевле аккумулировать, хранить и транспортировать. Однако элек-

троэнергия значительно эффективнее, чем водород, преобразуется в механическую работу и широко используется в промышленности и в быту. При этом использование химического энергоносителя водорода позволит экономить первичные энергоресурсы и оптимизировать топливно-энергетическую структуру в целом. Водородная энергетика зародилась как одно из направлений теплоэнергетики в середине 70-х годов двадцатого века. Уже тогда отмечались существенные экологические преимущества водородных технологий особенно в промышленности и качественно новые показатели в работе как отдельных производственных агрегатов, так и систем в целом. Кроме того технико-экономические расчёты показали, что несмотря на то, что водород является вторичным энергоносителем, то есть стоит дороже, чем природное топливо, его применение может оказаться экономически целесообразным.

Химическая энергия водорода может быть преобразована в электроэнергию с помощью трёх методов: - в результате электрохимических процессов окисления водорода в топливных элементах (электрохимических генераторах), - в термодинамических циклах паротурбинных, газотурбинных и комбинированных (парогазовых) энергоустановок при сжигании водорода в кислороде или воздухе, - в гибридных энергоустановках, реализующих оба основных процесса электрохимический с использованием высокотемпературных топливных элементов и термодинамический в газотурбинном или парогазовом цикле.

Топливные элементы - электрохимические устройства, в которых осуществляется прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую. Топливный элемент состоит из слоя электролита (ионного проводника), контактирующего с пористыми анодом и катодом с разных сторон. На аноде происходит реакция электроокисления топлива (водорода), в результате которой образуются свободные электроны, перетекающие по внешней цепи на катод, совершая по пути работу. На катоде происходит электрохимическое восстановление окислителя (кислорода). Электрическая цепь замыкается переносом ионов в электролите от одного электрода к другому. Поскольку в топливных элементах химическая энергия топлива непосредственно преобразуется в электрическую в разомкнутом процессе, близком к изотермическому, а не в термодинамическом цикле, ограничения эффективности, связанные с КПД цикла, отсутствуют, то есть теоретический КПД процесса может быть близок к единице. При создании энергоустановок топливные элементы (мембранно-электродные блоки) объединяются в батарею, на основе которой создается электрохимический генератор. В настоящее время для применений в энергетике разрабатываются раз-

личные типы топливных элементов, которые классифицируются по виду ионного проводника (электролита): с щелочным, фосфорнокислым, твёрдополимерным, расплавленным карбонатным и твёрдооксидным электролитами.

Водородосжигающие технологии более соответствуют современному состоянию теплоэнергетики. При мощностях энергоустановок более 10 МВт они экономически более эффективны, чем установки с топливными элементами. Их внедрение может осуществляться не только путём создания новых ТЭС, но и путём модернизации существующих станций. Водород как топливо для энергоустановок имеет ряд важных особенностей: широкие концентрационные пределы воспламенения и устойчивого горения, высокие скорости распространения пламени (в 7 раз выше, чем для метана). По низшей теплоте сгорания одна тонна водорода эквивалентна 4,1 т условного топлива или 2,75 т бензина, или 2,4 т метана. Продукт сгорания водорода водяной пар при температуре окружающей среды почти полностью конденсируется, то есть водород как топливо может быть использован с максимальной эффективностью. Для энергетики очень важно, что при сгорании стехиометрической смеси водорода в кислороде образуется чистый перегретый водяной пар - рабочее тело современных паротурбинных установок. Передача теплоты от топлива к рабочему телу может осуществляться за счёт смешения продуктов сгорания (перегретого водяного пара с высокой температурой) с рабочим телом (водой или водяным паром), т.е. с минимальными потерями энергии топлива. При этом основным агрегатом водородной ТЭС, использующей паротурбинный цикл, будет водородно-кислородный парогенератор.

УДК 621

Селиверстов П.Р., Макрушин В.В., Чермошнцев Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)

СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В системах теплоснабжения коррозия трубопроводов и оборудования приводит к сокращению срока их службы, авариям и зашламлению воды продуктами коррозии, поэтому необходимо предусматривать меры борьбы с ней. Сложнее обстоит дело с солями, образующими накипь и шлам: с одной стороны, накипь и шлам ухудшают работу систем теплоснабжения, а с другой, слой накипи на поверхности трубопроводов препятствует проникновению кислорода к

металлу и, следовательно, защищает их от коррозии. Поэтому в тепловых сетях нецелесообразно применять воду, полностью очищенную от накипеобразующих солей (в отличие от циклов ТЭЦ и котельных, где накипь не допускается вообще).

Основными направлениями борьбы с внутренней коррозией в системах теплоснабжения являются:

1) снижение коррозионной активности воды за "счет уменьшения содержания в ней агрессивных компонентов (O_2 , CO_2 и др.);

2) повышение антикоррозионной стойкости систем теплоснабжения путем покрытия поверхности металла специальными пленками, защищающими от коррозии;

3) изготовление элементов систем теплоснабжения из материалов, устойчивых против коррозии.

Для снижения коррозионной активности воды применяются два способа: физический — удаление агрессивных газов путем деаэрации (дегазации) и химический — связывание агрессивных компонентов химическими реагентами.

В системах теплоснабжения коррозионные процессы протекают более интенсивно, чем в холодном водопроводе, поэтому противокоррозионная обработка воды на водоочистных станциях является, как правило, недостаточной. При этом проведение ее в больших размерах на водоочистных станциях не всегда целесообразно и возможно, так как доля воды, отбираемая из водопровода в системы теплоснабжения, небольшая, а расходы реагентов возрастают значительно.

УДК 621.1:621.311:621.165

Зубков А.А., Чермошенцев Е.А., Макрушин В.В.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА И ГИДРОКСИДА НАТРИЯ

С повышением температуры происходит объемное расширение всех веществ, что приводит к ослаблению сил взаимного притяжения между молекулами внутри вещества и в поверхностном слое. Термодинамика не дает возможности связать величину поверхностного натяжения с другими термодинамическими свойствами, и в настоящее время строгой теории температурной зависимости поверхностного натяжения не существует. Поэтому все существующие формулы для зависимости поверхностного натяжения от температуры являются эм-

перическими или полуэмперическими. Конкретную зависимость можно получить только экспериментально.

Проведены серии экспериментальных исследований поверхностного натяжения на установке автоклавного типа методом счета капель в широком интервале температур, давлений и концентраций. Обработка результатов опытов показала, что температурный ход кривых поверхностного натяжения растворов хлорида и гидроксида натрия сохраняет симбатность в широком интервале температур, причем, начиная с 200°C, происходит сближение поверхностных свойств растворов и воды. Отмечается, что разница в поверхностном натяжении растворов хлорида и гидроксида натрия всех исследованных концентраций и воды с ростом температуры \, особенно после 230°C, уменьшается и становится при t=350°C для 5% хлористого натрия в 2 раза меньше, чем при t=120°C.

По мере приближения к критической температуре воды в последовательности значений поверхностного натяжения растворов прослеживается перегиб и при дальнейшем увеличении температуры значения поверхностного натяжения растворов асимптотически стремится к нулевому значению при температуре соответствующей критической для данной концентрации раствора. Используя полученные экспериментальные данные по поверхностному натяжению растворов хлорида и гидроксида натрия, были рассчитаны основные термодинамические функции для поверхности методом избыточных величин Гиббса.

Результаты исследований могут быть использованы для понимания процессов концентрирования примесей в проточной части паровых турбин. и образования коррозионно-агрессивных пленок влаги в зоне фазового перехода за счет сильного адгезионного взаимодействия с металлом рабочих лопаток, обусловленного наибольшим значением поверхностного натяжения растворов.

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

УДК 681.513.673

Чеканова В.А., Егоренков М.С., Брыков Б.А.

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

О МЕТОДИКЕ СИНТЕЗА АДАПТИВНОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Классические системы управления (КСУ), применяемые повсеместно для решения задачи стабилизации регулируемых величин в химико-технологических процессах (ХТП), основаны на принципе ПИД регулирования. В большинстве случаев КСУ обеспечивают оптимальное протекание ХТП. Однако, в ходе некоторых ХТП, например, процессах полимеризации, поликонденсации и других, параметры технологического объекта управления (ТОУ) претерпевают существенные изменения. Это связано с действием внутренних, принципиально неконтролируемых возмущений, действующих на процесс. Данное обстоятельство приводит к тому, что применяемые на практике настройки ПИД регулятора априори не могут обеспечить оптимальное протекание ХТП, поскольку его параметры не могут быть изменены в ходе ХТП.

Улучшить качество регулирования можно путем применения адаптивного ПИД-регулятора, коэффициенты которого могут меняться в онлайн режиме, в зависимости от текущего состояния ТОУ.

Синтез адаптивного ПИД-регулятора предполагает разработку корректирующего устройства, представляющего собой систему нечеткого вывода (СНВ) с 2 входными и 3 выходными сигналами.

В качестве опорной информации, используемой для пересчета коэффициентов ПИД-регулятора (входные сигналы), применяется сигнал ошибки рассогласования – $e(t)$, а также скорость изменения этого сигнала – $de(t)/dt$. Выходные сигналы СНВ являются масштабирующими сигналами для ПИД-регулятора.

Для синтеза базы правил СНВ предлагается использовать график типового переходного процесса совместно с графиками $e(t)$ и $de(t)/dt$ с целью выявления закономерностей состояния переходного процесса и знаков величин $e(t)$ и $de(t)/dt$. Каждое сочетание знаков этих величин определяет уникальное состояние переходного процесса, что позволит оптимизировать показатели качества регулирования: время регулирования, динамическое отклонение и перерегулирование.

УДК 681.513.673

Артамонов П.С., Коновалов Д.В., Гербер Ю.В., Брыков Б.А.

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

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА НА КАЧЕСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В настоящее время во многих отраслях легкой и тяжелой промышленности большое распространение получают интеллектуальные системы управления, применение которых способствует решению задач оптимизации и интенсификации производственных процессов. Одной из разновидностей таких систем управления являются системы, основанные на принципах нечеткой логики. Реализация таких систем управления предполагает разработку нечетко-логического контроллера (НЛК), который вырабатывает сигнал управления $u(t)$.

В рамках данной работы проводится исследование одного из типовых НЛК для установления его оптимальной внутренней структуры, а именно вида функций принадлежности (ФП), альфа-уровня их пересечения, вида метода дефазификации. Для исследуемого НЛК с применением генетического алгоритма были рассчитаны 2 набора оптимальных нормирующих коэффициентов - для переходного процесса по заданию и по возмущению.

Было поставлено 3 серии опытов, по результатам которых установлено, что лучшее сочетание показателей качества переходного процесса при регулировании по заданию можно получить при использовании:

- треугольных или трапециевидных ФП;
- альфа-уровня пересечения ФП, равного 0,75;
- метода дефазификации centroid.

Лучшее сочетание показателей качества при регулировании по возмущению можно получить при использовании:

- гауссовских ФП;
- альфа-уровня пересечения ФП, равного 0,75;
- метода дефазификации bisector.

По результатам работы можно сделать ряд выводов. При регулировании по заданию вид ФП оказывает минимальное влияние на качество регулирования, при регулировании по возмущению лучшее качество регулирования достигается только с гауссовскими ФП. При использовании низкого значения альфа-уровня пересечения ФП (0,08) в системе появились автоколебания.

При использовании методов дефазификации средний максимум, наименьший максимум и наибольший максимум система неработоспособна.

УДК 66.095.26 : 004.942

Сарандаев Г.К., Андриянова К.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Процесс суспензионной полимеризации является одним из основных способов получения таких полимеров, как полистирол и полиметилметакрилат. Отличительной чертой этого процесса является эффект Тромсдорфа – процесс резкого увеличения скорости полимеризации при достижении некоторой степени конверсии мономера. Это приводит к заметному повышению температуры реакционной смеси в реакторе, что негативно сказывается на характеристиках готового продукта. Для ликвидации последствий этого явления процесс проводят при высоком значении водного модуля, что способствует эффективному рассеиванию тепла. В таком случае поддержание температуры смеси возможно средствами классических одноконтурных систем регулирования; количество получаемого продукта с 1 цикла производства сравнительно невелико.

Существует возможность оптимизации и интенсификации процесса синтеза полимеров без внесения конструктивных изменений в технологическом объекте управления путем разработки двухконтурной системы автоматического управления. Один контур управления предназначен для регулирования расхода захоложенной воды, подаваемой в рубашку аппарата, а другой – для регулирования скорости вращения мешалки. Контурные управления связаны между собой с помощью корректирующего устройства. В основе каждого контура лежит адаптивный ПИД регулятор, коэффициенты которого меняются, в зависимости от текущего состояния переходного процесса по температуре.

Для разработки алгоритмов управления необходимо наличие качественной модели объекта управления – реактора для проведения имитационных исследований. Эта модель представляет собой 3 уравнения теплового баланса для описания изменения во времени температуры хладагента, реакционной смеси и стенки аппарата, а также 3 уравнения для описания изменения во времени степени конверсии инициатора, мономера и начального момента живой полимерной цепи.

Модель реализована в MATLAB Simulink с учетом всех физико-химических параметров хладагента и реакционной смеси. По результатам имитационного моделирования получены кривые изменения температуры смеси для разных начальных условий процесса. Эти данные будут использованы для синтеза системы автоматического управления.

УДК 681.384

Предместын В.Р., Краснолобов А.С., Гавриленко А.И.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРОБЛЕМЫ АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ В БЫСТРЫХ ПРОЦЕССАХ

Высокотехнологичные процессы точного производства в наше время требуют высокого быстродействия системы управления.

Уровень сложности системы управления определяется, в первую очередь, свойствами управляемого процесса. Среди прочих проблем, усложняющих управление наибольшее влияние, оказывают:

- нелинейность процесса (напр. магнитное насыщение материала);
- изменяющаяся внешняя среда;
- изменение условий самого процесса;
- значительные временные задержки;
- внутренние связи процесса.

Для решения подобных задач применяют аналоговые и цифровые системы регулирования.

Аналоговые системы регулирования имеют ряд плюсов и минусов. Они позволяют непрерывно регулировать процесс, но при этом из-за непрерывного процесса обработки входного сигнала данный вид систем может работать лишь с одним процессом и имеют сравнительно высокую стоимость относительно цифровых систем.

Цифровые системы получили широкое распространение из-за их главного свойства – параллельности вычислений.

Параллельность – одно из важнейших свойств на современных производствах. Все процессы на предприятиях проходят параллельно, которые можно представить в виде множества категорий процессов. В этом и заключается основное преимущество и одновременно недостаток цифровых систем управления.

Благодаря параллельности на современных предприятиях большее распространение получили цифровые системы управления, позволяющие за относительно низкую цену производить различных регулирование процессов независимо от их природы.

Цифровые системы по сравнению с аналоговыми управляют процессами в дискретной форме и производят регулирование тактами для избегания перегрузки.

Таким образом только аналоговые системы управления позволяют проводить современные высокотехнологичные процессы с требуемой точностью.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ИНЕРЦИОННЫМИ ОБЪЕКТАМИ МЕТОДОМ ШАБЛОНОВ
УПРАВЛЕНИЯ**

Рассматривая управление инерционными объектами мы сталкиваемся с тем, что наш объект управления начинает противодействовать внешним воздействиям оказываемых на него, тем самым препятствует изменению своей выходной величины пытаюсь ее сохранить и только постепенно, со временем объект откликается на воздействие изменением реакции. Из-за этих свойств объекта и возникает запаздывание.

На производстве для управления инерционными объектами на сегодняшний день используют ПИД-регулятор. Однако, у ПИД-регулятора есть недостаток по качеству регулирования, которое возникает вследствие изменений динамических свойств объекта, коэффициента передачи, инерционности и т.д.

Так же после каждого изменения в оборудование приходится перенастраивать регулятор и в результате этого производство теряет время которое приводит к финансовым убыткам. Исходя из этого мы посчитали ПИД – регулятор неэффективным и решили найти новый метод управления инерционными объектами.

В качестве альтернативы предлагается регулятор основанный на методе шаблонов управления. Его суть заключается в использовании уже готовых типовых шаблонов регулирования, которые можно автоматически выбрать в любой момент в зависимости от задачи.

Сами шаблоны уже будут изначально загружены в регулятор и если не один из шаблонов не сможет подойти для определенной задачи производства, то есть возможность создать шаблон под требуемую задачу.

У данного регулятора есть только один параметр, плавность регулирования. Из сильных сторон, регулятор способен работать в режиме быстрогодействия, то есть выполнять переходный процесс быстрее, чем ПИД – регулятор. Так же наш регулятор обладает режимом энергоэффективности, что позволит экономить на затратах на электроэнергию.

Данный регулятор не нуждается в многократных перенастройках, он эффективнее в плане быстрогодействия и энергоэффективности и эти факторы позволяют ему быть лучше всеми известного ПИД – регулятора.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**УПРАВЛЕНИЕ С ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛЬЮ
КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОКСИДА ЭТИЛЕНА**

Регулятор MPC (Model Predictive Control) является более современным инструментом управления химико-технологическими процессами по сравнению с классическим ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальным) регулятором. Это объясняется следующими причинами:

Учет динамики процесса: MPC учитывает динамические свойства процесса и способен предсказывать его поведение в будущем на основе математической модели процесса.

Оптимальное управление: MPC стремится к оптимальному управлению процессом на основе определенных критериев оптимальности, таких как максимизация производительности, минимизация энергопотребления или соблюдение ограничений на процессные переменные.

Управление многими переменными: MPC способен эффективно управлять множеством переменных, оптимизируя их взаимодействие, что может быть сложнее для ПИД регулятора.

Адаптивность к изменениям: MPC способен адаптироваться к изменениям в процессе, таким как изменения в условиях сырья, энергии, или других параметров процесса.

Учет ограничений на управление: MPC может учитывать ограничения на управляющие сигналы, такие как ограничения на расходы реагентов, энергопотребление или другие ограничения, что может быть сложно или ограничено в классическом ПИД регуляторе.

Возможность работы с нелинейными процессами: MPC может быть использован для управления нелинейными и сложными процессами, такими как процесс получения оксида этилена, которые могут иметь нелинейные зависимости между переменными и требуют более сложных алгоритмов управления.

Таким образом, регулятор MPC обладает рядом преимуществ по сравнению с классическим ПИД регулятором, благодаря своей способности учитывать динамику процесса, оптимально управлять ограничениями, адаптироваться к изменениям и оптимизировать режимы работы процесса.

УДК 536.58:661.91-404

Краснолобов А.С., Беляев Ю.И.

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

МОНИТОРИНГ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНЕРЦИОННОГО ОБЪЕКТА

Управляя объектами с высокой инерционностью, свойства которых неизвестны или изменяются с течением времени, появляется необходимость в определении их динамических характеристик.

Создание системы для мониторинга за изменениями динамических свойств инерционного объекта может повысить эффективность работы систем автоматического управления. Например, имея объект, модель которого можно описать уравнением первого порядка и динамические свойства которого известны, используя реакцию этого объекта на некоторое возмущение возможно рассчитать для него критерий динамического состояния.

При изменении динамических свойств такого объекта и продолжая расчет критерия динамического состояния, появляется возможность рассчитать динамические свойства объекта.

Задав порог чувствительности, необходимо сравнивать значение критерия динамического состояния объекта со значениями нормального объекта до тех пор, пока оно не достигнет заданного порога чувствительности. Под нормальным подразумевается тот же объект до того момента, когда его динамические свойства не изменились.

Точность определения динамических свойств объекта можно регулировать путем увеличения количества входных данных и изменения порога чувствительности.

Мониторинг состояния динамических свойств объекта позволит добиться более эффективного управления за счет постоянной актуализации динамических свойств объекта управления.

УДК 514.182.7

Амелин А. О, Подколзин А. А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Как известно, в последнее время Правительством Российской Федерации принят ряд решений о переходе системы высшего образования на подготовку специалистов инженерно-технического профиля. Следовательно, возрастает актуальность изучения дисциплин графиче-

ского цикла, таких как, начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика.

Учебный процесс при изучении теории начертательной геометрии, формирующей у студентов основы пространственных представлений и образов на плоском эюре, строится, как правило, классическим способом: теоретические лекционные занятия и практические занятия с решением задач графическими методами, при помощи дополнительных построений. При этом остаётся невостребованным процесс моделирования пространственных объектов при помощи современных ИТ-технологий [1].

Преимущества 3D моделирования: 1) точность и наглядность (3D моделирование позволяет создавать точные трёхмерные объекты, которые легко исследовать и анализировать); 2) интерактивность (специализированные программы для 3D моделирования предоставляют инструменты для манипуляции с объектами, что облегчает графическое исследование их свойств); 3) эффективность (3D моделирование сокращает время, необходимое для решения задач начертательной геометрии, и упрощает проверку результатов) [2].

Наиболее эффективно применение твердотельного моделирования, например, при изучении темы "Взаимное пересечение поверхностей". Данная тема может быть максимально визуализирована с применением компьютерных технологий. Линии пересечения позволяют точно и правильно определить взаимное расположение различных элементов модели, а также улучшают её визуальное восприятие. Применяются несколько методов построения линий пересечения поверхностей в 3D моделировании [3].

Первый метод - использование математических алгоритмов: используются алгоритмы интерполяции, такие как Bezier и B-Spline. Эти алгоритмы основаны на функциях, которые обеспечивают точность и плавность в результате. Линия пересечения создаётся путём вычисления точек пересечения между поверхностями, а затем применением графического алгоритма интерполяции для создания плавной линии, проходящей через эти точки.

Второй метод - использование специальных инструментов, предназначенных для построения линий пересечения поверхностей. Некоторые из этих инструментов включают в себя команды, такие как "Slice Plane" и "Intersect Tool", которые могут быть использованы для создания линий пересечения. "Slice Plane" позволяет создавать плоскость, которая проходит через выбранные поверхности, а затем создаёт линию пересечения между этими поверхностями. "Intersect Tool" создаёт линию пересечения путём определения точек пересечения между дву-

мя выбранными поверхностями и затем соединяет эти точки для создания линии пересечения.

Третий метод - это использование программного обеспечения для 3D моделирования, такого как Blender, 3ds Max и Maya. Эти программы обладают различными инструментами и возможностями, которые позволяют создавать линии пересечения поверхностей. Например, в Blender можно использовать модификатор "Boolean", который позволяет объединять и нарезать поверхности для создания линий пересечения.

В 3ds Max можно использовать инструмент "Connect" для создания линий пересечения между выбранными поверхностями. Кроме того, некоторые программы могут использовать алгоритмы, которые позволяют автоматически находить линии пересечения между поверхностями. Например, в Maya можно использовать инструмент "Intersect Surfaces", который позволяет находить линии пересечения между выбранными поверхностями автоматически.

Важно отметить, что выбор метода для построения линий пересечения зависит от конкретной ситуации. Некоторые методы могут быть более подходящими для определённых типов поверхностей или форм объектов.

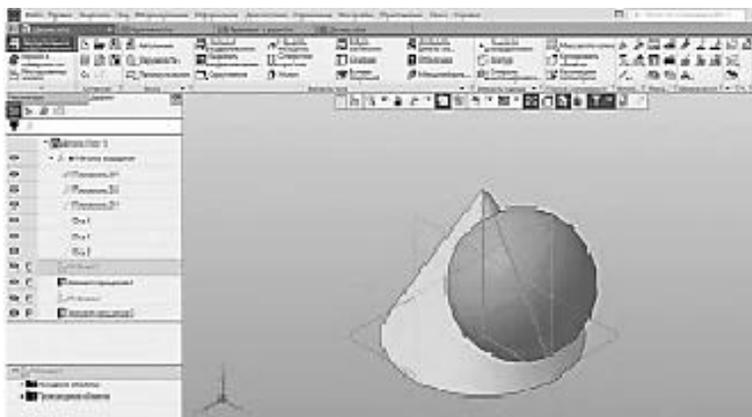
Кроме того, каждый метод имеет свои преимущества и недостатки и необходимо учитывать их при выборе подходящего метода.

Форма линии пересечения зависит от пересекающихся поверхностей, например, для пересекающихся тел вращения форма линии пересечения – плавная пространственная кривая.

Алгоритм построения модели пересекающихся поверхностей в программе Компас-3D:

1. Выбираем плоскость ZY .
2. Выполняем эскиз, состоящий из наклонной образующей конуса и штрихпунктирной оси, совпадающей с осью Z .
3. Выполняем элемент вращения (конус) по построенному эскизу.
4. Выбираем плоскость ZY .
5. Выполняем эскиз, состоящий из дуги и осевой линии, выполненной штрихпунктирной линией.
6. Выполняем элемент вращения (сфера) по заданному эскизу.

В результате построений получена трёхмерная модель пересекающихся поверхностей, представленная на рисунке.



Для построения 2D чертежа по построенной модели используем панель "Виды" и команду "Вид с модели". Ориентация чертежа вертикальная в двух проекциях: вид спереди и вид сверху. Участки линии пересечения выполняем с учётом их видимости на проекциях

Литература

1. Легкова, И. А. Начертательная геометрия и современные возможности в процессе её изучения / И. А. Легкова. — Текст: электронный // NovaInfo, 2017. — № 58. — С. 399-404. — URL: <https://novainfo.ru/article/10600> (дата обращения: 17.04.2023).
2. Баянов, Е. В. Моделирование в системе КОМПАС-3D. Базовый уровень //Правообладатель НГТУ 2020 год.
3. Горелик, А. Г. Васильева Ю.Д., Самоучитель 3ds Max 2022 // Издательство "БХВ-Петербург" 2022 год.

УДК 303.094.7

Тихонов В.В., Сидельников С.И.

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

РАЗРАБОТКА НЕЙРОНЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ОТДЕЛЕНИЯ ВЫПАРКИ ПРОИЗВОДСТВА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Развитие химической промышленности сопровождается негативным влиянием на состояние окружающей среды. Это приводит, особенно среди городского населения, к увеличению количества людей, болеющих хроническими бронхитами, астмой, аллергией, раком. В Новомосковском районе сконцентрировано значительное количество

промышленных предприятий, являющихся основными поставщиками загрязняющих веществ в окружающую среду. В частности, свой негативный вклад вносят сбросы цеха по производству аммиачной селитры НАК «Азот» в Шатское водохранилище. В связи с этим для уменьшения их отрицательного воздействия на окружающую природную среду и здоровье населения необходимо эффективно управлять процессами и производствами. Для построения модели, позволяющей определять концентрации загрязняющих веществ в стоках рабочей зоны, необходимо иметь данные о содержании вредных примесей в контролируемой зоне, измеренные в реальном масштабе времени. Для управления процессом загрязнения промышленных площадок в реальном масштабе времени необходима не эпизодическая информация о значениях концентраций вредных веществ, а непрерывная. Одним из методов решения этой проблемы является разработка соответствующих математических моделей. В работе предлагается на основе аппарата нечетких множеств построение нечеткой математической модели, позволяющей по измеряемым значениям технологических параметров рассчитать концентрации сбрасываемых веществ в режиме реального времени и затем используя ситуационную советующую систему поддержки принятия решений эффективно управлять процессом производства аммиачной селитры, не допуская предельно допустимых концентраций вредных веществ в стоках цеха. Для создания модели собрана на производстве выборка, которая была разбита на обучающую и тестирующую. Построение нечеткой математической модели проводилось с использованием адаптивных нейронных сетей - приложение Anfistdit. Разработка и исследование нечеткой модели производилась в среде «Matlab» Fuzzy Logic. Имитационное моделирование показало адекватность полученной модели.

УДК 66.02:519.771.3

Лопатин А.Г., Брыков Б.А., Санаева Н.А.

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

РОБАСТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТОРОМ СУСПЕНЗИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

В настоящее время значительная часть полимеров может быть получена путем суспензионной полимеризации в химических реакторах периодического действия, представляющих собой металлический резервуар с мешалкой. Для охлаждения реакционной смеси используется хладагент, подаваемый рубашку реактора. Для получения максимального выхода продукта необходимо обеспечить требуемый температур-

ный режим в реакторе в условиях неопределенности информации о действующих на реактор как внешних, так и внутренних возмущениях.

Процесс суспензионной полимеризации является достаточно сложным, его параметры сильно изменяются во времени, поэтому классические методы управления не всегда могут обеспечить приемлемое качество регулирования.

Для управления реактором-полимеризатором целесообразно использование робастных систем управления, которые позволяют получить заданное качество регулирования при изменении параметров объекта управления (ОУ), возможными причинами изменения которых могут служить внешние возмущения, запаздывания, шумы датчиков, непредсказуемые изменения внутри реактора, изменение положения рабочей точки процесса.

Робастная система управления (PCY) должна сохранять устойчивость и обладать низкой чувствительностью к изменению параметров ОУ на всех этапах процесса суспензионной полимеризации в широком диапазоне изменения параметров процесса. При синтезе PCY следует разработать структуру регулятора и определить закон изменения параметров его настройки, обеспечивающих требуемое качество управления в соответствии с сформулированным критерием качества управления температурным режимом процесса.

Для реализации адаптивности системы управления к внутренним и внешним воздействиям на ОУ целесообразно использование специального устройства – супервизора, позволяющего менять настройки регулятора в зависимости от текущего состояния процесса.

Таким образом, для реализации эффективного управления рассматриваемым процессом в условиях неопределенности информации необходимо синтезировать систему управления в виде, включающем в себя робастный регулятор и супервизор.

УДК 004.032.26

Бурдыкин Н.А., Климаченков Ф.А., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.

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

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В настоящее время искусственные нейронные сети широко используются в различных областях человеческой деятельности: в экономике, промышленности, медицине и пр. Использование нейронных сетей для генерации изображений по словесно сформулированному условию является относительно новым способом их применения, уже завоевав-

шим симпатии значительного числа пользователей. Как правило, при этом нейронная сеть включает две составляющие: отвечающую за распознавание текста и собственно за генерацию изображений (диффузионная нейронная сеть).

В большинстве случаев формулировка критерия осуществляется на английском языке, что может привести к получению изображения, не соответствующего исходному запросу на русском языке из-за возможного некорректного перевода. В зависимости от возможностей данной сети, определяемых особенностями ее обучения, сеть может генерировать более реалистичные (DALL·E2) или более художественные (Midjourney) изображения. Некоторые сети позволяют объединять две и более картинки, дорисовывать фон, создавать различные варианты одного и того же изображения (Kandinsky). Кроме того в зависимости от примеров, на которых обучается та или иная сеть, может быть получен реалистичный пейзаж (GauGAN2), достаточно правдоподобный портрет (Artbreeder, StarryAI), арт-иллюстрации (Lexica Aperture). «Универсальными» можно считать сети, способные генерировать практически любое изображение (Kandinsky, Шедеврум, This X Does Not Exist). Основным недостатком большого числа нейронных сетей является несоблюдение пропорций при отображении фигур людей и животных.

В ряде сетей применяется прямой запрет на создание изображений реальных людей (DALL·E2, Imagine), в то время как другие (Stable Diffusion) таких ограничений не имеют, что может привести к формированию недостоверного контента.

Перспективы развития нейронных сетей в данный момент выглядят достаточно впечатляюще в таких областях, как создание иллюстраций, обработка фотографий, дизайн, но при этом серьезное внимание нужно уделять этической составляющей во избежание распространения ложной (фейковой) информации.

УДК 338.27.015

Бездомников А. В., Трофимова Д.И.

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

БАЙЕСОВСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

В байесовском подходе неизвестный параметр θ является не детерминированной (постоянной) величиной, а случайной величиной, для которой априори известна плотность распределения $\pi(\theta)$ возможных значений θ .

После наблюдения x получим плотность апостериорного распределения вероятностей

$$\pi(\theta|x) = \frac{[\prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)]\pi(\theta)}{\int [\prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)]\pi(\theta)d\theta}$$

Байесовский доверительный интервал $(\theta_H; \theta_B)$ с вероятностным содержанием определяется следующим образом:

$$\int_{\theta_H}^{\theta_B} \pi(\theta|x)d\theta = \beta$$

Согласно этому определению, доверительный интервал соответствует доле β полной веры наблюдателя в значение оценки параметра θ , т.е. составляет $\beta/(1-\beta)$. Полное апостериорное распределение $\pi(\theta|x)$ как бы заменяется дискретным двухточечным распределением:

$$P(\theta_H \leq \theta \leq \theta_B) = \beta, P\{\notin [\theta_H; \theta_B]\} = 1 - \beta$$

Как и в классическом варианте нахождения интервальной оценки, доверительный интервал определяется неоднозначно. В обоих случаях не указывается, какое значение внутри интервала является наиболее вероятным. Поэтому желательно дополнительно провести точечную оценку по максимуму распределения вероятностей $\pi(\theta|x)$.

Для нелинейных функций оценку свободных параметров часто проводят после линеаризации заданной функции, например:

$$\begin{aligned} \eta &= Ae^{\lambda x} \rightarrow \ln \eta = \ln A + \lambda x, \text{ или} \\ \eta_1 &= \theta_1 + \theta_2 x, \text{ где} \\ \eta_1 &= \ln \eta, \theta_1 = \ln A, \theta_2 = \lambda. \end{aligned}$$

Однако здесь возникают две проблемы: единственности оценок и изменения законов распределения исходных данных, которые влияют на величину интервальных оценок.

УДК 338.27.015

Бездомников А. В., Трофимова Д.И.

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

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ПОИСКУ ОПТИМУМА

Традиционные методы экспериментального нахождения оптимума функции нескольких переменных $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ предполагают последовательное изучение зависимостей $y = f_i(x_i)$ от каждого из факторов при фиксированных значениях остальных. Недостатком таких методов является большое количество необходимых экспериментов и невозможность учесть взаимодействие факторов.

В последние годы разработаны специальные методы поиска оптимума, базирующиеся на математической теории экстремального эксперимента. Бокс и Уилсон предложили метод планирования экспериментов, сочетающий движение по градиенту функции отклика с ортогональным линейным планированием – метод крутого восхождения. В соответствии с этим методом сначала проводится полнофакторный или дробнофакторный эксперимент с центром в некоторой точке факторного пространства с координатами $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{k0}$. Методами линейного регрессионного анализа вычисляются оценки коэффициентов модели отклика b_i ($i = 1, \dots, k$). Дальнейшее движение к оптимуму осуществляется изменением интервалов варьирования основных факторов в соответствии с уравнением $\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i0} = \lambda b_i \Delta x_i$ причем используются некодированные значения переменных. Параметр λ выбирается следующим образом. Вычисляются произведения $b_i \Delta x_i$ и определяется базовый фактор x_g , для которого $b_i \Delta x_g$ наибольший по абсолютной величине в сравнении с остальными факторами. Вычисляется значение $\lambda = \lambda_1 = \frac{\varepsilon}{|b_g|}$, где $0 < \varepsilon < 1$, b_g – коэффициент линейной модели при факторе x_g . Затем вычисляются шаги и координаты первой точки крутого восхождения по формуле $\tilde{x}_i^1 = \lambda_1 (b_i \Delta x_i) + \tilde{x}_{i0}$. Шаги и координаты последующих точек на линии крутого восхождения подсчитываются по формуле $\tilde{x}_i^j = j \lambda_1 (b_i \Delta x_i) + \tilde{x}_{i0}$ где j номер шага в направлении крутого восхождения.

Из всех реализованных опытов, выбирается тот, который дал наилучший результат (например, максимальный отклик). Условия наилучшего опыта принимаются за основной уровень факторов, и цикл крутого восхождения повторяется до тех пор, пока все коэффициенты линейной модели b_i не будут признаны незначимыми.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Власов Д.А.

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

РЕКУРРЕНТНЫЕ ФОРМУЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ

Рекуррентные формулы дают возможность свести интеграл, зависящий от индекса $n > 0$, к интегралу того же типа с меньшим индексом.

Рассмотрим $I_{n-1} = \int \frac{\sin^n x}{\cos^m x} dx$.

Применим метод интегрирования по частям, положив $u = \sin^{n-1} x$;
 $dv = \frac{\sin x}{\cos^m x} dx$, откуда

$$du = (n-1)\sin^{n-2}x \cos x dx; \quad v = \frac{1}{(m-1)\cos^{m-1}x} \quad (m \neq 1).$$

$$I_{n-m} = \frac{\sin^{n-1}x}{(m-1)\cos^{m-1}x} - \frac{n-1}{m-1} \int \frac{\sin^{n-2}x dx}{\cos^{m-2}x}$$

$$= \frac{\sin^{n-1}x}{(m-1)\cos^{m-1}x} - \frac{n-1}{m-1} I_{n-2, 2-m} \quad (m \neq 1).$$

Рассмотрим $I_n = \int (a^2 - x^2)^n dx$

Интегрируем по частям, положив

$$u = (a^2 - x^2)^n; \quad dv = dx,$$

$$du = -2nx(a^2 - x^2)^{n-1} dx; \quad v = x.$$

$$I_n = x(a^2 - x^2)^n + 2n \int x^2(a^2 - x^2)^{n-1} dx =$$

$$= x(a^2 - x^2)^n + 2n \int (x^2 - a^2 + a^2)(a^2 - x^2)^{n-1} dx =$$

$$= x(a^2 - x^2)^n - 2n I_n + 2na^2 I_{n-1}.$$

Отсюда, приведя подобные члены, получим

$$(1 + 2n)I_n = x(a^2 - x^2)^n + 2na^2 I_{n-1}.$$

$$I_n = \frac{x(a^2 - x^2)^n}{2n + 1} + \frac{2na^2}{2n + 1} I_{n-1}.$$

Например, заметив, что

$$I_{-1/2} = \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C,$$

Мы можем последовательно найти

$$I_{1/2} = \int \sqrt{a^2 - x^2} dx = \frac{x}{2} (a^2 - x^2)^{1/2} + \frac{a^3}{2} I_{-1/2} =$$

$$= \frac{x}{2} \sqrt{a^2 - x^2} + \frac{a^3}{2} \arcsin \frac{x}{a} + C,$$

$$I_{3/2} = \int (a^2 - x^2)^{3/2} dx = \frac{x}{4} (a^2 - x^2)^{3/2} + \frac{3}{4} a^2 I_{1/2}, \text{ и т. д.}$$

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Могош Р.О.

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

МЕТОД ОСТРОГРАДСКОГО

Остроградского метод интегрирования рациональных дробей.

Рассмотрим рациональную дробь – выражение вида $\frac{P_m(x)}{Q_n(x)}$, где числитель и знаменатель – многочлены степени m и n соответственно. При

этом мы будем рассматривать случай, когда дробь правильная, т.е. когда $m < n$, в противном случае сначала выделим «целую часть» дроби.

В случае, когда знаменатель рациональной дроби имеет несколько корней большой кратности и не имеет простых корней, при ее интегрировании удобно применять метод Остроградского.

Суть метода состоит в том, что интеграл представляют в следующем виде:

$$\int \frac{P_m(x)}{Q_n(x)} dx = \frac{R_{m_1}(x)}{S_{n_1}(x)} + \int \frac{T_{m_2}(x)}{U_{n_2}(x)} dx, \quad (1)$$

где знаменатель подынтегральной функции правой части – многочлен $U_{n_2}(x)$ – имеет лишь простые корни, причем они – все различные корни многочлена $Q_n(x)$; знаменатель первого слагаемого правой части – многочлен S_{n_1} – частное от деления многочлена $Q_n(x)$ на многочлен $U_{n_2}(x)$, а числители обоих слагаемых правой части – многочлены R_{m_1} и T_{m_2} – многочлены с неопределенными коэффициентами, степени которых на 1 меньше степеней соответствующих знаменателей.

После нахождения всех четырех многочленов правой части (это делается с помощью почленного дифференцирования выписанного выше равенства Остроградского (1)) полученный справа интеграл легко считается методом разложения на простейшие дроби, причем из-за того, что все корни знаменателя подынтегральной функции правой

части простые, получаются табличные интегралы вида $\int \frac{dx}{x+a}$ и/или

$\int \frac{dx}{x^2+px+q}$, где $p^2 - 4q < 0$ – знаменатель дроби в подынтегральной

функции последнего интеграла не имеет действительных корней.

УДК 5176.165.

Герасимов Ю.О., Матвеев В.А.

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

АРИФМЕТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ СРЕДНЕЕ

Для двух положительных чисел a и b , как известно, средним арифметическим называется число $(a+b)/2$ и средним геометрическим – число \sqrt{ab} . Легко проверяется справедливость неравенства

$\sqrt{ab} \leq (a+b)/2$ для любых положительных a, b . При этом равенство соблюдается только при совпадении этих чисел.

Пусть даны два положительных числа $a_0 = a, b_0 = b$. Построим по рекурсии следующие две последовательности: $a_{n+1} = \sqrt{a_n b_n}$ и $b_{n+1} = (a_n + b_n)/2$. Например, взяв среднее геометрическое и среднее арифметическое и отправляясь от чисел 1 и 3 получаем, $a_4 \approx 1,863616784$ и $b_4 \approx 1,863616784$.

Мы видим, что последовательности очень быстро сближаются. Оказывается, подобные последовательности всегда имеют общий предел и возникает вопрос его нахождения.

Действительно, так как всегда $a_n \leq b_n$, то $a_{n+1} = \sqrt{a_n b_n} \geq \sqrt{a_n^2} = a_n$. Далее, $b_{n+1} = (a_n + b_n)/2 \geq 2b_n/2 = b_n$. Итак доказано, что первая последовательность не убывает, а вторая – не возрастает. При этом первая из них ограничена сверху, а вторая – снизу. А поэтому эти последовательности имеют пределы α и β соответственно, что следует из теоремы Вейерштрасса. Тогда $\beta = \lim_{n \rightarrow \infty} b_{n+1} = \lim_{n \rightarrow \infty} (a_n + b_n)/2 = (\alpha + \beta)/2$, откуда следует, что $\alpha = \beta$. Этот предел называется арифметико-геометрическим средним чисел a и b и обозначается через $\mu(a, b)$.

Найти явное выражении этого предела не просто. Он был найден Гауссом в результате виртуозных и необычайно остроумных рассуждений и преобразований с помощью эллиптических интегралов. Приведем его выражение без доказательства.

$$\mu(a, b) = \frac{\pi}{2 \int_0^{\pi/2} \frac{dx}{\sqrt{a^2 \cos^2 x + b^2 \sin^2 x}}}. \text{ Заметим, что } \mu(a, a) = a.$$

УДК 62-503.5

Тепикин А.Р., Соболев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**АППРОКСИМАЦИЯ ФИЛЬТРОВ НИЗКИХ ЧАСТОТ
 ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭСАР**

Наиболее просто исследовать устойчивость энергосберегающей системы автоматического регулирования (ЭСАР) при наличии реального фильтра путем использования аппроксимирующей АЧХ фильтра,

представленной в виде трапецеидальной кривой. В качестве примера рассмотрим фильтр низких частот, представляющий собой апериодическое звено первого порядка с передаточной функцией:

$$W_{\phi}(s) = \frac{1}{Ts + 1}, \text{ где } T - \text{ постоянная времени фильтра. АЧХ такого}$$

фильтра имеет вид: $A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}}$. Аппроксимирующая АЧХ

фильтра аналитически задается выражением:

$$\tilde{A}(\omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \leq \omega_1 \\ \alpha_2(\omega_2 - \omega), & \text{если } \omega_1 < \omega \leq \omega_2 \\ 0, & \text{если } \omega > \omega_2 \end{cases}$$

где ω_1, ω_2 – пороговые частоты, $\alpha_2 = 1/(\omega_2 - \omega_1)$ – угловой коэффициент наклона прямой в средней части аппроксимирующей АЧХ.

Исследуем поведение АЧХ фильтра на монотонность. Производная от АЧХ по частоте равна:

$$A'(\omega) = -T^2\omega / \sqrt{(T^2\omega^2 + 1)^3}$$

Непосредственно из выражения видно, что во всем диапазоне положительных частот производная отрицательная, а, следовательно, амплитуда убывает.

Исследуем поведение АЧХ фильтра на выпуклость/вогнутость. Вторая производная по частоте равна:

$$A''(\omega) = -T^2(1 - 2T^2\omega^2) / \sqrt{(T^2\omega^2 + 1)^3}$$

Приравняв вторую производную к нулю, получим два решения: $\omega_1 = -1/T\sqrt{2}$ и $\omega_2 = 1/T\sqrt{2}$. С учетом области изменения частоты находим, что график АЧХ выпуклый на интервале $\omega \in (0, 1/T\sqrt{2})$ и вогнутый на интервале $\omega \in (1/T\sqrt{2}, +\infty)$. Частота $\omega = 1/T\sqrt{2} \approx 0.707/T$ – есть точка перегиба графика функции АЧХ фильтра низких частот. Значение АЧХ в этой точке равно:

$$A(1/T\sqrt{2}) = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0.816$$

а производная равна:

$$A'(1/T\sqrt{2}) = -\frac{2T}{3\sqrt{3}} \approx -0.385T$$

Следовательно, аппроксимирующая АЧХ фильтра низких частот в средней части характеристики задается выражением:

$$\tilde{A}(\omega) = 0.816 - 0.385T \left(\omega - \frac{0.707}{T} \right) = 1.039 - 0.385T\omega$$

Из последней функции найдем пороговые частоты:

$$\tilde{A}(\omega_1) = 1.039 - 0.385T\omega_1 = 1$$

$$\omega_1 = 0.1/T$$

$$\tilde{A}(\omega_2) = 1.039 - 0.385T\omega_2 = 0$$

$$\omega_2 = 2.7/T$$

УДК 62-503.5

Иванников Д.С., Соболев А.В.

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

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ НАСТРОЕК РЕГУЛЯТОРОВ В ЭСАР

Одной из задач синтеза энергосберегающей системы автоматического регулирования (ЭСАР) является определение оптимальных настроек регуляторов. Предполагая, что каждый контур работает независимо от другого, расчет настроек производится на основании известной передаточной функции фильтра и передаточной функции энергосберегающего или динамически эффективного канала регулирования.

Рассмотрим ЭСАР, содержащей ПИ-регулятор в энергоэффективном канале и П-регулятор в динамически эффективном канале регулирования. Передаточная функция фильтра высоких частот (динамически эффективный канал регулирования) имеет вид:

$$\Phi_1(s) = 1 - \frac{1 - e^{-T_1 s}}{T_1 s},$$

где T_1 – настроечный параметр фильтра.

Для расчета настройки регулятора П-регулятора (k_{p1}) используем метод расширенных частотных характеристик (РЧХ), а передаточная функция эквивалентного объекта равна:

$$\tilde{W}_1(s) = W_1(s)\Phi_1(s),$$

где $W_1(s)$ – передаточная функция объекта по динамически эффективному каналу регулирования. В качестве критерия оптимальности выбираем интегральный квадратичный показатель с учетом заданного ограничения на запас устойчивости системы:

$$I_1 = \int_0^{\infty} y^2(\tau) d\tau \rightarrow \min_{k_{p1}} \left| m = m_{зд} \right|$$

Настройку регулятора определяем, исходя из выполнения условия:

$$k_{p1} = \frac{1}{\left| \operatorname{Re}(\tilde{W}_1(m, \omega_{\pi})) \right|}$$

$$\operatorname{Arg}(\tilde{W}_1(m, \omega_{\pi})) = -\pi$$

Аналогично рассчитываются оптимальные настройки для энергоэффективного контура регулирования.

Если передаточная функция низкочастотного фильтра равна:

$$\Phi_2(s) = \frac{1 - e^{-T_2 s}}{T_2 s},$$

где T_2 – настроечный параметр фильтра, то передаточная функция эквивалентного объекта имеет вид: $\tilde{W}_2(s) = W_2(s)\Phi_2(s)$ (где $W_2(s)$ – передаточная функция объекта по энергоэффективному каналу регулирования). Учитывая, что настройками регулятора являются k_{p2} – коэффициент усиления и $k_{и2}$ – коэффициент усиления интегральной части, задача поиска оптимальных настроек имеет следующую формализованную запись:

$$I_2 = \int_0^{\infty} y^2(\tau) d\tau \rightarrow \min_{k_{p2}, T_{и2}} \left| m = m_{зд} \right|$$

Оптимальные настройки рассчитываем по формулам:

$$k_{p2}(m, j\omega) = \frac{-\operatorname{Re}(\tilde{W}_2(m, j\omega)) - m \cdot \operatorname{Im}(\tilde{W}_2(m, j\omega))}{\operatorname{Re}(\tilde{W}_2(m, j\omega))^2 + \operatorname{Im}(\tilde{W}_2(m, j\omega))^2},$$

$$k_{и2}(m, j\omega) = -\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \frac{\operatorname{Im}(\tilde{W}_2(m, j\omega))}{\operatorname{Re}(\tilde{W}_2(m, j\omega))^2 + \operatorname{Im}(\tilde{W}_2(m, j\omega))^2},$$

Рабочую частоту определяем из условия:

$$\omega_p \cong 1,2 \cdot \omega_{\max},$$

где ω_{\max} – частота, соответствующая максимуму на линии $m = \text{const}$.

О РАБОТЕ АТПР ПРИ ДЕЙСТВИИ ГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Адаптивные трехпозиционные регуляторы (АТПР) обеспечивают оптимальное по быстродействию подавление ступенчатого возмущающего воздействия и позволяют получить в соответствующей системе регулирования состояние равновесия. Наименее изученным вопросом является работа такого регулятора под действием гармонического воздействия.

Пусть на вход АТПР подается гармонический сигнал вида: $f(t) = A \sin \omega t$. Управляющее воздействие, формируемое регулятором, аналитически задается следующей системой:

$$u(t) = \begin{cases} u, & \text{если } \varepsilon \geq a \\ u_{\text{ад}}, & \text{если } -a < \varepsilon < a, \\ -u, & \text{если } \varepsilon \leq -a \end{cases}$$

где ε – ошибка регулирования (входной сигнал регулятора), $\{-a, a\}$ – соответственно нижняя и верхняя границы зоны нечувствительности, $u_{\text{ад}}$ – управляющее воздействие адаптивной средней позиции. Подстройку средней позиции осуществляет звено перенастройки (ФЗП) в сторону работающей крайней позиции либо дискретным (фиксированный шаг адаптации Δ), либо аналоговым образом (шаг адаптации определяется временем выбега входной переменной за пределы границ зоны нечувствительности). В последнем случае звено ФЗП имеет передаточную функцию либо $W(s) = \frac{1}{T_a s + 1}$ (апериодическое звено),

либо $W(s) = \frac{1}{T_n s}$ (интегрирующее звено), где T_a, T_n – настроечные параметры ФЗП.

Если амплитуда входного сигнала такова, что $A < a$, то перехода в крайние положения не происходит (регулятор не чувствителен к воздействию). Если $A \geq a$, то сформируется последовательность управляющих воздействий $u_{\text{ад}}^0, u, u_{\text{ад}}^1, -u, u_{\text{ад}}^2, \dots$. В случае дискретной перенастройки адаптивная позиция будет принимать значения: $u_{\text{ад}}^0, u_{\text{ад}}^1 = u_{\text{ад}}^0 + \Delta, u_{\text{ад}}^2 = u_{\text{ад}}^1 - \Delta = u_{\text{ад}}^0, \dots$, т.е. регулятор периодически

формирует четыре возможных управляющих воздействия. В случае ФЗП, реализующей интегрирующий закон перенастройки, адаптивная средняя позиция будет изменяться следующим образом:

$$u_{ад}^0, u_{ад}^1 = u_{ад}^0 + \frac{\theta u}{T_{и}}, u_{ад}^2 = u_{ад}^1 - \frac{\theta u}{T_{и}}, \dots, \text{ где } \theta - \text{ продолжительность вы-}$$

бега за границы зоны нечувствительности. При этом величина θ равна:

$$\theta = \frac{1}{\omega} \left(\pi - 2 \arcsin \frac{a}{A} \right).$$

Следовательно, средняя позиция будет принимать значения:

$$u_{ад}^0, u_{ад}^1 = u_{ад}^0 + \frac{\theta u}{T_{и}}, u_{ад}^2 = u_{ад}^0, \dots$$

Наконец, в случае аналоговой перенастройки адаптивная позиция принимает значения:

$$u_{ад}^0, u_{ад}^1 = u\beta + u_{ад}^0 \alpha, u_{ад}^2 = -u\beta + u\beta \alpha + u_{ад}^0 \alpha^2, \dots,$$

где $\alpha = e^{-\frac{\theta}{T_{а}}}$ и $\beta = 1 - \alpha$. Если количество выходов за верхнюю границу зоны равно n , то соответствующее значение средней позиции составит:

$$u_{ад}^n = \frac{u\beta((- \alpha)^n - 1)}{- \alpha - 1} + u_{ад}^0 \alpha^n$$

При очередном выбеге за нижнюю границу $(n+1)$ значение средней позиции будет равно:

$$u_{ад}^{n+1} = \frac{-u\beta((- \alpha)^{n+1} - 1)}{- \alpha - 1} + u_{ад}^0 \alpha^{n+1}$$

Переходя к пределу, т.е., полагая, что $n \rightarrow \infty$, получим:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} u_{ад}^n = \frac{u(1 - \alpha)}{1 + \alpha} \text{ и } \lim_{n \rightarrow \infty} u_{ад}^{n+1} = \frac{-u(1 - \alpha)}{1 + \alpha},$$

т.е. в установившемся режиме снова формируются только четыре управляющих воздействия.

УДК 62-503.5

Романова М.А., Соболев А.В.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ САР ПРИ НАЛИЧИИ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА

При синтезе любой САР некоторой технологической величиной важное внимание уделяется вопросу определения устойчивости систе-

мы регулирования, что связано с нахождением оптимальных настроек регулятора и последующим исследованием ее работы в условиях изменяющихся динамических и статических характеристик объекта. В ситуации с энергосберегающей системой автоматического регулирования (ЭСАР) вопрос устойчивости является наиболее важным, поскольку в силу неидеальности полосовых фильтров происходит влияние одного контура регулирования на другой.

В качестве примера рассмотрим влияние полосового фильтра на работу одноконтурной САР, содержащей регулятор с передаточной функцией $R(s)$ и объект с передаточной функцией $W(s)$. Характеристическое уравнение такой системы имеет вид:

$$1 + W(s)R(s) = 0$$

Система регулирования будет устойчивой, если АФЧХ разомкнутой САР не охватывает точку с координатой $(-1, j0)$. Выражение для АФЧХ разомкнутой САР имеет вид: $W(j\omega)R(j\omega) = A(\omega)e^{-j\varphi(\omega)}$, где $A(\omega)$ – АЧХ, $\varphi(\omega)$ – ФЧХ разомкнутой АСР. Будем считать, что запас устойчивости по амплитуде и фазе составляют соответственно ΔA и $\Delta\varphi$ соответственно. При введении в структуру САР фильтра с передаточной функцией $\Phi(s)$ характеристическое уравнение принимает вид:

$$1 + W(s)R(s)\Phi(s) = 0$$

Соответственно АФЧХ разомкнутой САР будет иметь вид:

$$W(j\omega)R(j\omega)\Phi(j\omega) = A(\omega)A_\phi(\omega)e^{-j(\varphi(\omega)+\varphi_\phi(\omega))},$$

где $A_\phi(\omega)$ и $\varphi_\phi(\omega)$ – соответственно АЧХ и ФЧХ фильтра.

В случае идеального фильтра низких частот его характеристики следующие:

$$A_\phi(\omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \leq \omega^* \\ 0, & \text{если } \omega > \omega^* \end{cases} \text{ и } \varphi_\phi(\omega) = 0,$$

где ω^* - пороговая частота. В результате вид АФЧХ разомкнутой САР с фильтром в диапазоне частот $\omega \leq \omega^*$ совпадает с АФЧХ разомкнутой САР без фильтра, а при частотах $\omega > \omega^*$ АФЧХ равна нулю, тем самым условия устойчивости системы не изменяются.

В случае реального полосового фильтра $A_\phi(\omega) \leq 1$ и $\varphi_\phi(\omega) \neq 0$, тогда АФЧХ разомкнутой САР:

$$A(\omega)A_\phi(\omega)e^{-j(\varphi(\omega)+\varphi_\phi(\omega))} \leq A(\omega)e^{-j\varphi(\omega)}$$

Из последнего неравенства следует, что САР сохранит устойчивость, если $\varphi_\phi(\omega) < \Delta\varphi$.

Результаты исследований на примере одноконтурной САР можно применить для исследования устойчивости и более сложных систем, например, ЭСАР.

УДК 66.02:519.771.3

Беляев Ю.И., Гербер Ю.В., Санаева Н.А.

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

**ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ
РЕЖИМОМ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ
ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

Одна из задач автоматизации периодических реакторов состоит в изменении температурного режима реактора по определенному графику, задаваемому технологией синтеза целевого продукта. Она осложняется тем, что в ходе протекания реакции изменяются теплофизические свойства смеси, а также изменяется масса смеси (при добавлении промежуточных реагентов), что приводит к непрерывному изменению теплофизических свойств реактора и существенному изменению его динамических характеристик, которое создает значительные трудности в обеспечении приемлемой точности регулирования температуры. Регулирование по отклонению состоит в непрерывном подборе входного воздействия по отклонению от задания. Объективная задержка реакции объекта на изменение управляющего воздействия из-за его инерционности приводит к отставанию переходного процесса от графика либо возникновению колебаний вплоть до потери устойчивости системы управления. Для непрерывных процессов такая проблема решается выбором оптимальных настроек регуляторов, но для периодических процессов этот принцип не применим, поскольку не обеспечивает плавного регулирования из-за непрерывного изменения его динамических свойств.

Для управления температурой по заданному графику предлагается использовать эффективное управление, построенное на основе двух тактов: такта управления и такта наблюдения. Такт управления состоит из двух фаз. Первая – мониторинг динамических свойств реактора, вторая – формирование управляющего воздействия, у которого отсутствует статическая ошибка. На каждом такте управления достигается точное значение заданной температуры в данный момент времени. При этом отсутствует непрерывная динамическая связь выхода со входом, что исключает потерю устойчивости и не требует предварительной настройки системы.

Предлагаемый метод позволяет подобрать управление на основе прогноза реакции системы на управляющее воздействие с помощью заранее созданных шаблонов управления, что исключает возможность возникновения ситуаций, при которых могут произойти недопустимые изменения параметров протекания процессов.

УДК 531.8; 81

Климаченков Ф.А., Фатюшина Е.Ю., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРОБЛЕМА ИДЕАЛЬНОСТИ ПЕРВОГО СЛОЯ В 3D ПЕЧАТИ

Несмотря на кажущую с первого взгляда простоту технологии 3D печати (сопло, приводимое в движение при помощи моторов, проталкивает себя нагретый пластик, создавая цельные), на деле она имеет множество тонкостей, и печать первого слоя – не исключение.

Так как выдавленный расплавленный пластик имеет радиальную форму, то нити филамента прилегают друг к другу не всей своей площадью, и если на промежуточных слоях это не играет роли (слои идут перпендикулярно друг другу, следовательно, взаимно перекрываются), то на первом слое достаточно заметны канавки в пластике.

В канавках может со временем скапливаться грязь, что значительно портит внешний вид, особенно на светлых моделях. Первой же идеей для решения этой проблемы стало увеличение ширины линии (потока) на первом слое.

В теории дополнительный процент пластика должен был бы заполнять рвы в слое, но на деле это только сильнее увеличило радиальность, усугубив ситуацию еще больше. Значит, надо идти от обратного, т.е. понизить этот параметр.

Уже при 80 % результат стал заметно лучше, а при 60 % – в некоторых местах появились практически идеальные участки. И, казалось бы, решение проблемы найдено, но все оказывается куда сложнее.

При выставлении потока в 40% адгезия к поверхности стала настолько большой, что модель пришлось в буквальном смысле отбивать от модели, а при потоке в 20 % время печати увеличилось практически вдвое по сравнению с начальным - с 40 минут (при значении в 100%) до 1 часа и 10 минут.

Эта разница в значениях стала очевидна при печати всего лишь одного слоя.

Более того, при таком проценте адгезии укладка слоя происходит крайне нестабильно. Этот слой получается настолько тонким, что любые искривления поверхности начинают влиять на качество печати

материала, тем самым повышая требования к качеству сборки и деталей.

Следовательно, для достижения идеального первого слоя нужен какой-то принципиально другой подход.

УДК 531.8; 81

Климаченков Ф.А., Фатюшина Е.Ю., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ПЕРВОГО СЛОЯ МОДЕЛИ В 3D ПЕЧАТИ

Одним из способов решения проблемы идеальности первого слоя является идея растворять некоторое количество пластика (консистенция должна быть достаточно жидкой) и наносить данную субстанцию на печатаемую поверхность.

Работоспособность данного способа была проверена экспериментально. Эксперименты проводились с использованием пластика PETG и растворителя дихлорэтана. Растворитель был замешан с пластиковой стружкой мелкой фракции. Полученная субстанция была нанесена мягкой кистью на стол в несколько слоев. В результате практически мгновенно образовалась тонкая пластиковая корка с идеальным прилеганием к столу. Использование одного лишь такого метода позволяет получить удовлетворительный внешний вид поверхности на отблеск.

Первый тест в рамках данного эксперимента был проведен с неправильными настройками и некоторыми нештатными сбоями, но стоит отметить, что большая часть первого слоя была почти идеальной. В саму смесь для первого образца попали маленькие частицы грязи, образовав небольшие вкрапления на слое, которые удалить механически не представлялось возможным. Но данный недостаток можно использовать для создания декоративных эффектов (например, добавив в смесь блестки, разноцветную мельчайшую пыль другого пластика и т.п.)

Для второго теста использовался пластик PETG другого цвета. Для наглядности саму модель напечатали одним цветом, а нулевой слой – другим. По задумке пластики должны были бы перемешаться, дав промежуточный оттенок. Однако в результате этого не произошло. Нулевой слой пластика выглядел, как налет на модели. И чем более толстым слоем он был нанесен, тем сильнее это проявлялось.

Таким образом, оптимальная адгезия обеспечивается при простом нанесении нулевого слоя, а именно не слишком сильным, чтобы не

пришлось модель выламывать, но и не слишком слабым, чтобы модель легко отсоединялась во время печати

Таким образом, для наилучшего возможного качества первого слоя необходимо:

- уменьшить поток пластика на первом слое до 50%-70%;
- увеличить температуру экструдера и поверхности стола относительно рабочей температуры для увеличения текучести пластика;
- нанести пластик в растворенном виде слоем на поверхность.

Для увеличения шанса на достижение желаемого результата при печати можно также уменьшить скорость печати для первых двух слоев, напечатать кайму (кольцо) вокруг рабочей зоны печати для предотвращения влияния «сквозняков» на печать и полностью отключить обдув модели.

УДК 336.722.242.1

Бежикин А.А., Силина И.В., Силин А.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ НА ЖИЗНЬ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА

Современный человек не может представить свою жизнь без электронных географических карт. Они применяются во многих сферах жизни, начиная от навигации по городам и планирования путешествий до глобальных экологических и геополитических исследований.

Одним из главных преимуществ электронных карт является их удобность. Они доступны в любой момент времени и в любом месте, ведь для их использования не требуется никаких специальных устройств или навыков. Также электронные карты обладают большим функционалом, позволяющим не только определять местонахождение объектов, но и изучать их характеристики, делать на них пометки, составлять маршруты, совершать покупки и пр.

Электронные карты помогают сократить время на поиски нужных объектов и позволяют быстро ориентироваться в незнакомом городе или районе. Они также способствуют развитию туризма, делают транспортировку грузов более эффективной, помогают планировать маршруты транспорта и многое другое.

Кроме того, электронные карты стали неотъемлемой частью научных исследований. Они помогают в оценке экологической ситуации в различных регионах, изучении геополитических процессов и ситуации в районах чрезвычайных ситуаций.

Ко всему прочему хочется отметить, что значимость электронных карт продолжает увеличиваться с развитием технологий. К примеру, не так давно люди получили возможность отслеживать местоположение маршрутных транспортных средств, состояние пробок на дорогах, получать информацию от других пользователей.

В скором будущем, для более точного отражения информации на картах, вид зданий, дорог, подземных пешеходов и других объектов на них приблизят к реальному, в то числе по цветам и форме. Например, у моделей зданий появятся окна, крыши, подъезды и пандусы — чтобы здание было проще узнать. Кроме того, на карте в деталях покажут остановки, входы в подземные переходы и даже деревья — они расположатся там, где растут на самом деле. Подробные карты помогут пешеходам и водителям быстрее ориентироваться на улицах.

Также, электронные карты способствуют устойчивому развитию городов и регионов, обеспечивая более эффективное управление территориями и ресурсами. Например, электронные карты могут использоваться для мониторинга изменений в ландшафте и экосистемах, определения зон риска природных катастроф, планирования зон строительства и развития инфраструктуры.

В целом, электронные географические карты - это незаменимый инструмент для современного общества, который помогает решать множество задач и задач в различных областях жизни. Они облегчают нашу жизнь, ускоряют ее и делают ее более продуктивной и комфортной, а также предоставляют больше возможностей для исследований и развития науки.

УДК 004.032.26

Бежикин А.А., Силина И.В., Силин А.В.

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

НЕЙРОСЕТИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИГРОВЫХ МИРОВ

С развитием компьютерных технологий на сегодняшний день игровая индустрия является одной из самых перспективных и быстроразвивающихся отраслей. Она предоставляет возможность создания виртуальных миров, которые могут быть реалистичными, захватывающими и масштабными. Но создание игровых миров является сложным и многопроцессным заданием, которое требует от разработчиков много времени и труда. В этой работе будут рассмотрены возможности использования нейросетей в проектировании игровых миров.

Создание игрового мира – это процесс, который состоит из нескольких этапов. Сначала разработчики задают параметры мира, какие

объекты и элементы в нем будут использоваться, настраивают графический движок и определяют физические свойства объектов. Далее проектировщики создают ландшафт, потом добавляют здания и другие элементы инфраструктуры. После этого создаются декорации и освещение. После создания всех этих элементов разработчики отдельно настраивают их поведение, задают параметры, такие как скорость передвижения, сила удара, живучесть и т.д.

Один из наиболее сложных этапов проектирования игровых миров – это создание ландшафта. Он должен быть максимально реалистичным, иметь подходящую топологию, с различными типами рельефа, такими как горы, долины, озера и реки. Общий дизайн игрового мира должен соответствовать выбранной теме, с учетом требований игры.

Другой сложный этап – создание объектов и декораций. Чтобы все объекты мира были реалистичными, разработчикам нужно тщательно изучить, как они ведут себя в реальном мире: какие свойства и характеристики у них есть, как они взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой. Они также должны иметь правильные формы и размеры.

Нейросети – это математические модели, которые могут обучаться и использоваться для классификации, прогнозирования, оптимизации и других задач. Они могут использоваться для моделирования комплексных систем, таких как игровые миры, и помогать разработчикам повышать качество их работы.

Один из способов использования нейросетей – это генерация ландшафта. Например, заранее обученная нейросеть может создавать реалистичные ландшафты на основе определенных параметров, таких как тип земли, наклон, высота и т.д.

Нейросети также могут использоваться для создания объектов и декораций. Например, можно обучить нейросеть распознавать различные варианты объектов и их физические свойства, чтобы она могла создавать реалистичные варианты этих объектов, которые будут соответствовать требованиям игры.

Еще один способ использования нейросетей – это поведенческий анализ персонажей. Например, можно использовать нейросети для создания более умных и реалистичных NPC, которые будут более адекватно реагировать на действия игрока и принимать более сложные решения.

Использование нейросетей в проектировании игровых миров может значительно ускорить и улучшить процесс разработки. Это позволит создавать более реалистичные, захватывающие и масштабные игровые миры. Однако, разработчики также должны учитывать ограничения

нейросетей и продолжать улучшать свои навыки визуального и программного проектирования игровых миров, чтобы создавать уникальные и оригинальные игровые миры.

УДК 004.418

Егоров В.А., Силина И.В., Силин А.В.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВЫХ ДВИЖКОВ НЕ ДЛЯ ИГР

Современные игровые движки являются комплексными приложениями, которые могут использоваться не только для создания игр, но и для различных других задач, связанных с моделированием, проектированием, интерактивной визуализацией, различными трёхмерными симуляторами для обучения нейросетей и роботов, а также тренажерами для подготовки людей к различным ситуациям.

Основные сферы использования игровых движков:

1. Игровые движки используются для создания 3D-моделей архитектурных проектов, автомобилей, интерьеров, а также для проектирования городской среды и ландшафта.

2. Обучение и симуляция - игровые движки используются в создании виртуальных сред для обучения, тренировки и симуляции различных процессов, например, авиационный тренажер.

3. Рекламные кампании – возможности игровых движков позволяют создавать интерактивные рекламные кампании, где пользователи смогут взаимодействовать с продуктом.

4. Телевизионные шоу и фильмы – благодаря новым графическим ускорителям и технологиям игровых движков можно создавать визуальные эффекты в фильмах и телевизионных шоу, в режиме реального времени.

5. Медицинская симуляция - игровые движки могут использоваться для создания симуляций, которые помогают медикам обучаться и тренироваться в различных клинических случаях.

6. Виртуальные туры – графические возможности игровых движков могут быть использованы для создания виртуальных туров по городам, достопримечательностям и другим местам, что позволяет пользователям получить более полное представление о местах, которые они посещают или планируют посетить.

Таким образом, игровые движки становятся все более востребованными и могут быть использованы в различных областях, включая образование, медицину, архитектуру, науку, промышленность, рекламу и развлечения. Они предоставляют мощные инструменты для создания

высококачественных и интерактивных приложений, которые потенциально могут улучшить жизнь людей и изменить мир вокруг нас. Сегодня игровые движки не ограничиваются только играми, они выходят за рамки и создают новые возможности для развития других отраслей.

УДК 004.032.26

Егоров В.А., Силина И.В., Силин А.В.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Проектирование операционных систем является сложным процессом, требующим работы большого количества специалистов и использования различных методов и технологий. Использование нейросетей в проектировании и оптимизации операционных систем может значительно ускорить и упростить процесс разработки, а также улучшить качество и производительность системы.

Нейросети могут использоваться для анализа данных, оптимизации алгоритмов, идентификации багов и уязвимостей системы, а также для принятия сложных решений в режиме реального времени. Они могут обучаться на больших объемах данных и быстро находить оптимальные решения задач, которые традиционно требуют большого количества времени и ресурсов.

Кроме того, стоит обратить внимание на применение нейросетей в области безопасности операционных систем, например, в обнаружении и предотвращении кибератак. Поскольку киберпреступники используют все более сложные и изощренные методы атаки, возможности нейросетей могут быть крайне полезными для повышения безопасности операционных систем.

Использование нейросетей в операционных системах может улучшить пользовательский опыт и упростить управление системой. Например, нейросети могут использоваться для автоматического настройки системы под нужды пользователя, а также для обнаружения и исправления проблем в системе без участия пользователя.

Одной из проблем, с которыми сталкиваются исследователи в данной области, является отсутствие доступных данных для обучения нейросетей. Однако, существующие исследования показывают, что нейросети могут давать хорошие результаты при решении задач, связанных с разработкой операционных систем.

В итоге, применение нейросетей в проектировании операционных систем имеет большой потенциал для повышения безопасности и эф-

фективности систем. Однако, для достижения этих результатов необходимо учитывать риски и недостатки, проводить тщательную обучающую выборку и создавать современные методы для обучения нейросетей.

УДК 004.032.26

Кожин А.Р., Силин А.В., Силина И.В.

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

ВЛИЯНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ НА СОВРЕМЕННОЕ ИСКУССТВО

Нейросети стали важным инструментом в искусстве и культуре, от создания музыки и изображений до моделирования искусственных культурных процессов. Некоторые из областей, в которых нейросети имеют наибольшее влияние на искусство, включают:

Генеративное искусство: Нейросети используются для создания новых произведений искусства, которые могут варьироваться от музыки и изображений до текстов и видео. Например, певец Риджли Скот создал альбом "Hi, This Is Flume" при помощи нейросети, которая генерировала звуковые эффекты и мелодии.

Распознавание образов: Нейросети используются для распознавания образов и обработки изображений. Это может применяться в стилеобразовании (например, мимикрирование одного изображения под другое с использованием стиля), совместном создании коллажей и комбинировании различных визуальных элементов.

Виртуальная реальность: Нейросети используются для создания виртуальных окружений и персонажей в виртуальной реальности. Это может быть полезно для различных целей, таких как дизайн и симуляция окружающей среды в медицине.

Обработка естественного языка: Нейросети используются для обработки естественного языка через анализ текста, что может быть полезно для создания поэзии, создания диалогов или придания эмоциональности голосу.

Автоматизированное искусство: Нейросети используются для создания искусственных интеллектов, которые могут автоматически создавать новые произведения искусства. Это может включать в себя музыку, изображения и даже целых персонажей.

Нейросети также могут помочь в создании инновационных идей и концепций, увеличивая творческие возможности и ускоряя процесс создания произведений искусства. Они могут изменить то, как мы привыкли воспринимать и создавать искусство, предоставляя новые возможности для экспериментов и развития в этой области.

Таким образом, нейросети имеют огромное влияние на искусство, помогая художникам и культурным производителям создавать новые и интересные произведения искусства, которые ранее не были доступны.

УДК 004.032.26

Кожин А.Р., Силин А.В., Силина И.В.

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

ПОМОЩЬ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Нейросети могут быть очень полезными в помощи проектирования в различных областях таких как:

Проектирование графических интерфейсов пользователя: Нейросети могут помочь в разработке удобных и понятных интерфейсов, которые легко запоминаются и интуитивно понятны для пользователей.

Архитектура зданий и строительство: Нейросети могут помочь в создании оптимальных планировок зданий и оптимизации процессов строительства.

Промышленный дизайн: Нейросети могут помочь в создании продуктов, которые отвечают требованиям рынка и потребителей.

Проектирование систем безопасности: Нейросети могут помочь в создании систем безопасности, которые обнаруживают и предотвращают преступные или опасные ситуации.

Конечно, областей, в которых нейросети могут помочь в проектировании, гораздо больше. Однако, при использовании нейросетей необходимо учитывать их ограничения и не забывать, что нейросеть - инструмент, который не заменит человеческий ум и опыт.

Соответственно, для эффективного использования нейросетей в проектировании, необходимо составлять комплексные задачи, где будет задействовано как искусственное, так и человеческое мышление, и экспертиза.

Также для обучения нейронной сети необходимы качественные данные, иначе результаты работы могут быть неточными и некорректными. Поэтому нейронные сети необходимо использовать в сочетании с другими методами и методами проектирования.

Например, можно использовать методы машинного обучения для анализа больших объемов данных, а затем принимать решения на основе этих данных с помощью человеческого опыта и интуиции.

Наконец, нужно также учитывать этические аспекты использования нейросетей в проектировании, включая защиту конфиденциальности и личной жизни пользователей, а также избежание дискриминации и недопустимости использования нейросетей для навязывания каких-

либо предпочтений или поведенческих стереотипов. В целом, нейросети могут быть очень полезными в проектировании, но их использование должно быть осознанным, грамотным и этически правильным.

УДК 004.032.26

Сидоров И.В., Силина И.В., Силин А.В.

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

РОЛЬ CHATGPT В АКАДЕМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Дебаты о последствиях использования больших языковых моделей (LLMs) стали все более ожесточенными после выпуска нового ChatGPT от OpenAI 30 ноября 2022 года. Новый чат-бот был выпущен в качестве предварительного исследования для получения отзывов пользователей и определения сильных и слабых сторон технологии.

Вскоре после выпуска нового чат-бота были подняты всевозможные вопросы о его последствиях. Как эта технология повлияет на роль заданий для написания эссе в академическом образовании? Потеряют ли инженеры-программисты свою работу по мере того, как эти системы искусственного интеллекта станут лучше писать код? Какие последствия для работников умственного труда в целом? В данной статье рассматриваются несколько предварительных соображений о том, влияет ли быстрый прогресс технологии LLM на то, что редакторы академических журналов теперь должны разработать новую редакционную политику, специально для решения проблем, которые LLM создают для академических публикаций.

Один из способов взглянуть на ChatGPT - рассматривать его просто как еще один инструмент в постоянно растущем наборе инструментов, доступном ученым при проведении исследований и написании статей. Можно было бы, например, развернуть его как поисковую систему, которая отвечает на вопросы напрямую, вместо того чтобы ссылаться только на источники, где нужно искать ответы самостоятельно. Более того, те, кто боится пустой страницы, могут развернуть ChatGPT, чтобы предоставить самый первый черновик нового текста. Нужно только придумать хорошую подсказку, которая должна быть выполнима даже для того, кто страдает творческим кризисом. Далее, можно представить себе привлечение чат-бота в качестве собеседника к своего рода мозговому штурму. Однако изменения также влекут за собой существенные ограничения. Иногда он дает неправильные ответы, может быть чрезмерно чувствителен к произвольным различиям в формулировках подсказок, может страдать от дальновидности и неспособности

систематически исправлять двусмысленные подсказки. Эти недостатки ограничивают его полезность в качестве исследовательского инструмента. В целом, выпуск ChatGPT является дальнейшим шагом в неуклонном развитии научных устройств, с которыми мы знакомы с самого зарождения науки и, постепенно, со времен научной революции. В более общем плане внедрение LLMs в научных исследованиях и издательской деятельности, вероятно, будет иметь ряд преимуществ и недостатков, специфический характер и баланс которых станут яснее только в предстоящие годы.

Другой способ взглянуть на ChatGPT подчеркивает его революционный характер. По общему признанию, ChatGPT пока не умеет писать полноценные научные статьи лучше, чем самые известные ученые мира. Сказав это, учитывая экспоненциальный недавний прогресс в области искусственного интеллекта, разумно подготовиться к получению в ближайшем будущем LLM, способной писать статьи, которые проходят рецензирование в уважаемых журналах. В долгосрочной перспективе – системы на базе искусственного интеллекта могут даже полностью захватить целые области научных исследований. Мы наблюдали подобное развитие событий в шахматах, где поначалу лишь горстка людей верила, что компьютеры когда-нибудь смогут стать лучше людей. Тем не менее, в 1997 году IBM Deep Blue обыграла чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова. Аналогичным образом, в 2016 году AlphaGo из Deep Mind победил Ли Седоля, тогдашнего чемпиона мира по игре Go. Три года спустя Седоль ушел в отставку, заявив, что «Искусственный интеллект - это сущность, которую невозможно победить». Возможно, написание научных статей – это просто еще одно интеллектуальное занятие, в котором компьютеры могли бы научиться справляться лучше, чем люди.

ChatGPT в его текущем состоянии имеет лишь ограниченную полезность. Более того, как исследовательский инструмент, он, по-видимому, имеет существенные недостатки, особенно когда речь заходит о научной честности. Например, чрезмерно наивное внедрение ChatGPT сопряжено с риском фактических неточностей, плагиата, мошенничества и нарушений авторских прав. В дальнейшем будет жизненно важно проанализировать в какой степени это действительно так. При необходимости следует внести соответствующие коррективы в существующую редакционную политику.

Таким образом, нам следует не бояться использования новых технологий, но и не исключать человеческий фактор из учебной и профессиональной деятельности. Лучшее решение заключается в том, чтобы стремиться создавать совершенные гибридные системы, кото-

рые объединяют в себе лучшие качества человеческого и машинного мышления. Важно помнить о том, что новые технологии должны быть использованы с осторожностью и сознательностью, чтобы их преимущества перевесили возможные риски, связанные с их введением.

УДК 004.45

Сидоров И.В., Силина И.В., Силин А.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Российское программное обеспечение уже имеет определенный уровень развития и пользуется спросом как на внутреннем рынке, так и за рубежом. Однако, есть ряд направлений, в которых оно может продолжать развиваться и улучшаться:

1. Искусственный интеллект и машинное обучение. Российские компании уже создают инновационные продукты на основе искусственного интеллекта и машинного обучения, но им не всегда удается продвинуться на мировой рынок. Однако, в этой области есть большой потенциал, и в ближайшие годы мы можем ожидать новых разработок и продуктов на основе интеллектуальных алгоритмов.

2. Кибербезопасность. Российские компании имеют некоторый опыт в области кибербезопасности, но этот рынок все еще имеет большой потенциал для роста. В последнее время стала особенно актуальной защита от кибератак и кибершпионажа, и российские компании могут предлагать уникальные решения в этой области.

3. Интернет вещей. С развитием интернета вещей возникает необходимость в различных программных решениях, которые бы обеспечивали взаимодействие между устройствами и управление ими. Российские компании уже работают в этой области, и в ближайшие годы она может продолжать развиваться.

4. Конкурентоспособность. Российское ПО должно стать более конкурентоспособным, чтобы успешно соревноваться с мировыми лидерами. Для этого нужно улучшать качество продуктов, расширять их функциональность и улучшать пользовательский интерфейс.

5. Развитие экосистемы. Чтобы увеличить долю российского ПО на мировом рынке, нужно создавать сильную экосистему из различных компаний, которые будут разрабатывать, внедрять и продвигать продукты на мировом рынке. В этом процессе нужно привлекать инвестиции, специалистов и налаживать партнерские отношения.

Таким образом, можно сказать, что у российского ПО есть хорошие перспективы развития. Но для того, чтобы реализовать свой потенциал, нужно продолжать работать над улучшением качества продуктов, расширением экосистемы и укреплением позиций на мировом рынке.

УДК 004.78

Зайцев Р.А., Силина И.В., Силин А.В.

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

РАЗРАБОТКА МНОГОВАРИАНТНЫХ ТЕСТОВЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАВЫКОВ И ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Подготовка специалиста в области сетевых технологий сложна, занимает годы и требует крайне дорогостоящего оборудования. Уже несколько лет для обучения сетевого специалиста используются имитационные программы с режимом симуляции работа реальнодействующей сети, как например, Cisco Packet Tracer, Huawei eNSP. В настоящее время при устройстве на работу приобретают значимость практические навыки, выработка которых важна при постоянном контроле правильности выполнения. Бесконечное оттачивание мастерства выполнения стандартных сетевых операций, сформулированных в виде лабораторной работы, упрощается при автоматическом контроле отслеживания настраиваемых параметров и повышает объективность оценки.

Для этой цели были разработаны имитационные тестовые модули в виде лабораторных работ по курсам «Сети и телекоммуникации» и «Сетевые технологии» в среде Cisco Packet Tracer. Достоинством этих тестовых модулей является использование многовариантности через создаваемые переменные в блоке «Variable Manager», причем не только строковые и числовые, но единичные IP-адреса или их диапазоны, количество хостов.

Исходная «Initial Network» и финальная сеть «Answer Network» отличаются друг от друга деревом настроек сетевого оборудования, хостов, конфигурации разъемов, наличия кабеля. Тестируемый может быть ограничен в средствах решения задачи. Это можно сделать с помощью блокировки в блоке «Locking Options» самых привычных способов решения задачи. Тогда тестируемый будет вынужден вспомнить и применить другой способ, например, вместо упрощенной настройки IP-адресов интерфейсов и масок маршрутизатора воспользуется командной строкой Command Line Interface, что позволит быстрее выучить сетевые команды и их синтаксис. Ограничения могут коснуться

конфигурации устройств, невозможности их удаления, изменения топологии сети, что заставит тестируемого непрерывно повышать квалификацию, тем самым имитируя ограничения реальных сетей.

Автоматическая проверка настраиваемых параметров весьма удобна, так как сокращает время работы преподавателя. Проверке подлежат физическое включение портов, настройка адресов, протоколов, имен, паролей, VLAN, списков доступа, настроек политик безопасности и даже выполнение тестов связности между различными устройствами.

Однако, тестовый файл должен быть настолько точен и опробован на большом количестве испытуемых, что требует большого внимания и мастерства преподавателя. Если тест используется для оценки знаний тестируемого, то, конечно, должна быть предусмотрена защита от мошенничества. Кроме того, для имитирования реальных условий работы сети можно ограничить способ выполнения работы единственным путем, ограничить время. Тестируемый сам может отслеживать процент и время выполнения, оценить процент выполнения работы и правильность в окне оценки результатов «Check Result».

УДК 004.4

Старкова В.К., Медведев С.В., Силина И.В., Силин А.В.

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «СОЦИАЛЬНОЕ ТАКСИ» ДЛЯ ГУ ТО «КЦСОН № 4»

С каждым годом смартфоны и прочие мобильные устройства все плотнее входят в быт людей. В этих условиях как коммерческим, так и бюджетным организациям особенно важно следить за качеством и плотностью контакта с потребителями услуг, сокращать дистанцию с ними, использовать методы продвижения услуг с учетом динамично меняющихся реалий рынка. Организациям стало ещё важнее правильно выстраивать коммуникации с потребителями – ненавязчиво быть в поле их постоянного внимания и предлагать товары и услуги, которые интересны и полезны им персонально. Универсальным посредником, облегчающим контакт между поставщиком услуг и его клиентом и является мобильное приложение.

ГУ ТО «КЦСОН № 4» – это государственное учреждение Тульской области «Комплексный центр социального обслуживания №4», осуществляющее на территории района деятельность по оказанию различных видов социальной помощи престарелым гражданам, инвалидам другим группам населения, нуждающихся социальной защите. Центр

осуществляет следующие основные виды деятельности:

- предоставление срочных социальных услуг в установленном порядке;
- содействие в предоставлении медицинской, психологической, педагогической, юридической, социальной помощи, не относящейся к социальным услугам (социальное сопровождение);
- проведение мероприятий по социальной реабилитации и абилитации инвалидов в соответствии с индивидуальной программой реабилитации и абилитации инвалидов;
- информирование граждан о порядке предоставления социальных услуг;
- обследование условий жизнедеятельности гражданина в целях определения причин, влияющих на ухудшение этих условий;

Так же одной из функций центра социального обслуживания является предоставление услуги «Социальное такси». Социальное такси – это сервис такси с льготными тарифами, предоставляемый социальными центрами обслуживания населения для людей с разной степенью инвалидности.

Приложение «Социальное такси» при предоставлении услуги ГУ ТО «КЦСОН №4» предоставляет его клиентам следующие возможности:

- заказ можно осуществить с любого мобильного устройства;
- можно выбрать улицу, дом и подъезд с помощью карты;
- расчет предварительной стоимости происходит мгновенно;
- не нужно запоминать, какая машина подъедет: все будет написано в приложении.

Использование мобильного приложения «Социальное такси» позволяет достичь очень существенных результатов и для организаций социального обслуживания.

Так, использование мобильного приложения принесет ряд преимуществ:

- автоматический прием заказов, что позволяет экономить на работе диспетчера и телефонии;
- мобильные устройства всегда находятся у клиентов под рукой, а так как приложение останется у них в смартфоне, то вероятность того, что они закажут такси в следующий раз очень велика.
- мобильное приложение - составляющее имиджа компании, и по его наличию и уровню вас будут оценивать клиенты.

Недостатками, подлежащими модернизации в мобильном приложении, являются:

- отсутствие регистрации и авторизации пользователя;
- отсутствие подсчета длительности поездки для интерфейса водителя;
- отсутствие кнопки ожидания пассажира;
- некорректно работающие карты в интерфейсе водителя;
- отсутствие возможности оплаты поездки;
- невозможность определения маршрута.

Основной задачей проекта является модернизация мобильного приложения «Социальное такси». Для необходимо:

- спроектировать новую архитектуру приложения;
- разработать интерфейс для новых функций;
- обновить структуры базы данных;
- добавить в код функции для водителя и пользователя;
- модернизировать интерфейс приложения для водителя;
- внедрить все новые функции в имеющиеся приложение.
- максимальная автоматизация функций приложения;
- повышение уровня защиты аккаунтов заказчиков;
- упрощение взаимодействия водителя с приложением.

УДК 004.031

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

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

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДАнных

В настоящий момент выделены основные направления, по которым происходит современное развитие управления качеством данных, что позволяет правильно оценить перспективы направления и сформировать приоритеты развития.

1. Обеспечение качества данных в реальном времени: необходимо для сохранения согласованности данных между системами.

2. Координация с другими направлениями управления качества данных: внедрение практик управления качеством должно осуществляться в контексте уже сложившегося управления ИТ-архитектурой и управления проектной деятельностью.

3. Углублённое профилирование на основе логической модели данных: позволяет определить более сложные уязвимости для качества данных. Обязательное профилирование должно производиться для данных, участвующих в интеграционных потоках между системами.

4. Разработка специализированных программных средств для обеспечения качества данных: в настоящее время применимость данных решений ограничена отсутствием масштабируемой архитектуры.

Грамотность работы с данными (Data Literacy) – направление деятельности внутри организаций, которое усиливает свое значение во всем мире. Это направление охватывает четыре основных навыка сотрудников организаций – умение читать данные, владение аналитическими инструментами для работы с данными, понимание, как анализировать эти данные и способность аргументировать с помощью данных принятие решений.

Идеальной с точки зрения управления на основе данных является ситуация, когда все необходимые для принятия решения данные, независимо от их физического расположения, организованы в единый каталог, доступный для анализа в соответствии с правами доступа. В качестве инструмента при этом должна использоваться быстрая BI-система, предоставляющая возможность самостоятельного исследования данных и поддерживающая запросы на естественном языке.

УДК 004.031

Мохаммад Али К.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ BI-ПЛАТФОРМ

С течением времени и под воздействием цифровизации меняются не только бизнес-процессы сотрудников компаний, но и их ИТ-инструменты.

Сегодня Business Intelligence (BI) – это централизованная репортиговая технология, инструмент создания дашбордов, которые состоят из графических компонентов, выполняющих SQL-запросы к базам данных,

В настоящее время BI базируется на технологиях OLAP и имеет следующие отличия от классических репортиговых инструментов:

- многомерный анализ, который позволяет увидеть итоги внедрения;
- высокая интерактивность, в результате чего пользователю предоставляется возможность управлять отчетами и выполнять все ключевые OLAP-операции;
- детальная визуализация, в результате которой можно быстрее и точнее понимать данные, которые отображаются в виде визуальных образов.

Помимо выше обозначенного BI-платформа позволяет разграничивать права доступа к различным объектам, операциям и элементам данных и т.д. Тем самым благодаря своим инструментам BI-платформа переводит коллективную работу организации на новый уровень.

Это обеспечивает возможность все многообразие корпоративных отчетов обобщить до четырех основных типов:

- стратегический обобщенный отчет для руководства (дашборд);
- план-фактный отчет для менеджеров (scorecard);
- аналитический многомерный отчет для экспертов;
- регламентный отчет фиксированной формы для исполнителей.

Современная BI-платформа должна позволять создавать все эти виды отчетов, и комбинировать их в репортиговых порталах. Многие разработчики BI-платформ активно реализовывают эти алгоритмы, чтобы расширить области использования данной технологии не только для бизнес-задач корпоративного сектора, но и для сбора и обработки официальной статистики.

УДК 004.031

Халецкий Е.П., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.

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

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА BI

Повышение эффективности корпоративной аналитики часто требует согласованных финансовых вложений и действий на нескольких уровнях: от платформ данных (чтобы обеспечить большую открытость, гибкость, масштабируемость и возможность коммуникаций) до различных процессов (для достижения более качественной и последовательной обработки данных). Кроме того, во внимание необходимо брать различные инструменты, способы принятия решений и культурные аспекты.

1. Искусственный интеллект становится «умнее» и «быстрее»: создаются более адаптируемые и гибкие системы для работы в сложных бизнес-ситуациях

2. Значение панели инструментов падает: динамический анализ данных, нацеленный на пользователя, заменит принцип «укажи и щелкни».

3. Искусственный интеллект для поддержки принятия решений: новые инструменты позволят проектировать, моделировать, согласовывать, выполнять, отслеживать и настраивать модели и процессы принятия решений в контексте бизнеса.

4. X-аналитика: путем внесения дополнений из ряда структурированных и неструктурированных данных повысится качество прогнозирования кризисных ситуаций.

5. Расширенное управление данными: преобразование метаданных из аудиторской и другой отчетности позволяет оптимизировать конфигурацию, безопасность и производительность бизнес-процессов.

6. «Облачные» технологии как основа всего: необходимо определить приоритеты рабочих нагрузок, которые могут использовать «облачные» возможности

7. Столкновение мира данных и аналитики: инструменты расширенной аналитики стирают различия между данными и аналитикой в привычном понимании.

8. Торговые площадки и биржи данных: предоставляется единая платформу для консолидации предложений по продаже и покупке данных.

9. Блокчейн в сфере данных и аналитики: обеспечивается полная линия активов и транзакций, а также прозрачность в сложных сетях.

10. Взаимосвязи – основа ценности данных и аналитики: такие инструменты помогают специалистам находить неизвестные связи и анализировать данные, которые не поддаются традиционным методикам.

Научное издание

XXV научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов

Технические науки

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 04.05.2023 г. Формат 60x84^{1/16}

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 5,75. Уч.- изд. л. 3,7.

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