

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Новомосковский институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»

Первичная организация Российского химического общества  
им. Д.И. Менделеева  
Совет молодых ученых НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева

*Конференция посвящена 65-летию  
Новомосковского института  
РХТУ им. Д.И. Менделеева*

**XXVI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ  
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**Технические науки**



Новомосковск,  
2024

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

**Д 259 XXVI научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2024. – 102 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*

доцент, кандидат технических наук С.И. Сидельников – *отв. секретарь*

профессор, доктор технических наук В.М. Логачева

доцент, кандидат химических наук Е.И. Костылева

доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова

доцент, кандидат технических наук Ю.В. Гербер

доцент, кандидат философских наук Э.Е. Гордова

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического  
университет им. Д.И. Менделеева»,  
Новомосковский институт (филиал), 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Родина П.И., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Опыт эксплуатации водоводяных сетевых подогревателей модульных отопительных котельных г. Новомосковска.....	7
<i>Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Особенности и перспективы развития источников теплоты теплогенерирующих компаний г. Новомосковска.....	8
<i>Гургулдаева В.П., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> О прогнозировании перспективного развития ТЭК РФ.....	10
<i>Короткова К.С., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> Защита систем водоснабжения от биологического обрастания.....	12
<i>Примак Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> Атомная энергетика с замкнутым ядерным циклом и МОКС - топливом.....	13
<i>Серегин И.М., Раскучев П.А., Золотарева В.Е.</i> Использование маломощных атомных электростанций как автономных источников энергии.....	15
<i>Курило Н.А., Писарев Г.К., Примак Е.В.</i> К вопросу выбора нагревательных приборов систем отопления.....	17
<i>Писарев Г.К., Примак Е.В., Курило Н.А.</i> Методы борьбы с загрязнениями поверхностей нагрева теплообменных аппаратов.....	18
<i>Примак Е.В., Писарев Г.К., Курило Н.А.</i> Геотермальное тепло – самый чистый и неисчерпаемый источник энергии.....	20
<i>Хороших Д.Н., Курило Н.А.</i> Об использовании регенеративных теплообменных аппаратов.....	22
<i>Поперечный С.М., Макрушин В.В.</i> Об особенностях применения труб Перкинса (термосифоны).....	24
<i>Салтыков С.Ю., Макрушин В.В.</i> Об особенностях теплообмена в слое.....	25
<i>Дорохин Н.Ю., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Результаты исследования работы обратного водоснабжения ТЭЦ промышленного предприятия.....	25
<i>Зубков А.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Мониторинг эксплуатационного режима водооборотного цикла ТЭЦ.....	27
<i>Моисеев А.К., Чермошенцев Е.А., Золотарева В.Е.</i> Применение азотнокислого конденсата для стабилизационной обработки оборотной воды на промышленном предприятии.....	28
<i>Александрова Е.А., Потанин Р.А., Майорова Н.Д.</i> Проблемы утилизации трансформаторов.....	30
<i>Алябьев Д.А., Марусов Д.А.</i> Сравнительный анализ программных	

средств для решения дифференциальных уравнений.....	31
<i>Бирюков А.В., Селезнев С.И.</i> Особенности моделирования группового самозапуска.....	32
<i>Вязова А.Е., Савельев А.В.</i> Решение основного уравнения движения ротора синхронной машины.....	33
<i>Гуськов И.А., Селиверстов Д.А.</i> Особенности применения программы RASTRWIN для расчета токов короткого замыкания.....	34
<i>Ильин А.И., Сидоров В.В.</i> Тенденции и проблемы развития мировой энергетики.....	35
<i>Колесников Е.Б., Суханов В.А.</i> Преобразователь активной мощности в напряжение.....	37
<i>Колесников Е.Б., Селезнев А.В.</i> Измеритель коэффициента мощности. Коыхалов И.С., Корнилов И.В. Использование программы RASTRWIN для вариантных расчетов режима.....	40
<i>Майорова Н.Д., Дасаев Б.Р.</i> Автомобили на водороде.....	43
<i>Ошурков М.Г., Паршуков А.В.</i> Ценологическая модель прогнозирования электропотребления.....	44
<i>Ошурков М.Г., Чирков Д.Р.</i> Прогнозирование месячного электропотребления АО "ЩЕКИНОАЗОТ".....	46
<i>Ползиков М.Н., Ашуров М.А.</i> Влияние несимметрии напряжения на работу асинхронных электродвигателей.....	47
<i>Ползиков М.Н., Богачев М.С.</i> Принцип симметрирования напряжений во внутривзаводских электросетях.....	48
<i>Ползиков М.Н., Епишин Р.В.</i> Компенсация реактивной мощности в электросетях с неравномерными нагрузками.....	49
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Макаров М.С.</i> Частотный электропривод с цифровым регулятором скорости.....	50
<i>Стебунова Е.Д., Брик В.А., Чиркова Т.Ю.</i> Кабельные линии на напряжение 6-220 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена.....	51
<i>Суханов В.А., Лагуткин О.Е.</i> Самоорганизация техноценозов.....	53
<i>Суханов В.А., Лагуткин О.Е.</i> Фрактальные свойства техноценозов.....	55
<i>Чиркова Т.Ю., Веневцев В.А., Стебунова Е.Д.</i> Выбор критериев размещения компенсирующих устройств в системах электроснабжения...	56
	57

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

<i>Иванников Д.С., Бурдыкин Н.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> Сравнительный анализ методов аппроксимации кривых разгона объектов с самовыравниванием.....	58
---	----

<i>Андрянова К.А., Романова М.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> Сравнительный анализ методов аппроксимации кривых разгона объектов без самовыравнивания.....	59
<i>Симонов Р.Д., Сидельников С.И.</i> Моделирование системы логического управления отделением метилирования производства аналгина....	60
<i>Гавриленко А.И., Глухов Д.К., Бровкин И.А., Предместын В.Р.</i> Разработка метода оперативного контроля температуры катализатора.....	61
<i>Гавриленко А.И., Ивлев А.Е., Колупаев Н.В., Предместын В.Р.</i> Разработка метода оперативного контроля степени износа катализатора....	62
<i>Беляев Ю.И., Саксонов М.И.</i> Пламенноколориметрический экспресс-метод определения массового состава веществ.....	63
<i>Климаченков Ф.А.</i> Разработка компактного универсального модуля для влагоудаления при 3D печати.....	64
<i>Орлов Н.А., Егоренков М.С., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> Сравнительный анализ систем управления температурой смеси в химическом реакторе синтеза полимеров.....	67
<i>Егоров В.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Основной инструмент моделирования в DSSD – диаграммы Варнье-Орра.....	68
<i>Егоров В.А., Силин А.В., Силина И.В.</i> Интерактивная среда «PASTEALA ENGINE» для разработки компьютерных игр.....	70
<i>Бежикин А.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Основные принципы методологии SSADM.....	71
<i>Бежикин А.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Разработка автоматизированной информационной системы «Системный администратор».	72
<i>Кожин А.Р., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Основные этапы автоматизации системы управления о методологии Джексона.....	73
<i>Кожин А.Р., Силин А.В., Силина И.В.</i> Разработка приложения «Мониторинг здоровья для людей с ограниченными возможностями здоровья».....	74
<i>Сидоров И.В., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.</i> Сравнение нотаций Гейна-Сарсона и Йордана-Де Марко.....	75
<i>Сидоров И.В., Силин А.В., Силина И.В.</i> Разработка MDM системы мониторинга и управления мобильными устройствами сотрудников организации» .....	77
<i>Жаворонков М.В.</i> Развитие операционных систем для локальных сетей.....	79
<i>Жаворонков М.В.</i> Этапы и тенденции развития геоинформационных систем.....	80
<i>Халецкий Е.П.</i> ChatGPT: Революция в области обработки естественного языка и её потенциальные риски.....	81
<i>Мельников Я.С.</i> GauGAN как инструмент для создания фотореали-	

стичных пейзажей.....	82
<i>Халецкий Е.П.</i> Flaig: Автоматическая генерация креативного контента для брендов.....	83
<i>Мельников Я.С.</i> Облачные технологии — это будущее IT-инфраструктуры.....	84
<i>Хананова Д.С.</i> Применение искусственного интеллекта в образовании.....	85
<i>Хананова Д.С.</i> Искусственные нейронные сети и музыка.....	86
<i>Уланов В.Д.</i> Не хватает альтернатив зарубежным сервисам.....	87
<i>Силин А.В., Уланов В.Д.</i> Развитие искусственного интеллекта.....	88
<i>Артамонов П.С., Санаева Г.Н.</i> Разработка нейро-нечеткой модели реактора окислительного пиролиза.....	89
<i>Хайдаров М. Т., Волкова В.В., Волков В.Ю.</i> Постановка задачи разработки системы управления солевым потоком.....	90
<i>Алякимов Е. Д, Волкова В.В., Волков В.Ю.</i> Постановка задачи разработки системы управления процессом получения оксида этилена.....	91
<i>Новиков И. А., Волкова В.В., Волков В.Ю.</i> Оптимизация искусственной нейронной сети за счет удаления или ослабления связей между нейронами.....	92
<i>Смирнов С.А., Соболев К.А., Соболев А.В.</i> Исследование устойчивости ЭСАР с помощью критерия Найквиста.....	93
<i>Кочергин А.Н., Соболев К.А., Соболев А.В.</i> Сравнительный анализ качества работы различных вариантов ЭСАР.....	95
<i>Лукьянов Т.А., Матвеев В.А., Рыбцова П.А.</i> Производящая функция ...	96
<i>Бездомников А. В., Поссен О.С.</i> Целевое программирование.....	97
<i>Бездомников А. В., Поссен О.С.</i> Основные понятия и методы теории принятия решений.....	98
<i>Бездомников А. В., Морозова С. С.</i> Дробно-линейное программирование.....	99
<i>Бездомников А. В., Морозова С. С.</i> Особенности построения прогнозов.....	100
<i>Яковлев Д.С., Волкова В.В., Волков В.Ю.</i> Практические рекомендации выбора параметров МРС-регулятора.....	101

## СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 628.1

*Родина П.И., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.*

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

### **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОВОДЯНЫХ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ МОДУЛЬНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ Г. НОВОМОСКОВСКА**

Новые модульные котельные имеют двухконтурную систему циркуляции воды. Вода первого внутреннего контура, подогретая в водогрейном котле, нагревает воду второго внешнего контура в сетевых подогревателях (водоводяных теплообменниках) пластинчатого типа. Вода второго контура по тепловым сетям подаётся в отапливаемые здания.

Первый контур подпитывается химочищенной водой от автоматической одноступенчатой установки натрий-катионирования. Регенерация натрий-фильтров выполняется с использованием раствора из таблетированной поваренной соли.

Второй контур подпитывается водопроводной водой с использованием реагентной водоподготовки. В воду дозируется ингибитор коррозии и накипеобразования «Эктоскейл-800-1», защищающий трубопроводы тепловой сети от кислородной коррозии, а поверхности теплообмена сетевых подогревателей от отложений солей жёсткости.

Опыт работы котельных с дозированием в сетевую воду ингибитора показал, что наряду с заявленными положительными результатами происходит активное растворение и смыв накопленных продуктов коррозии со стенок трубопроводов тепловой сети и отопительных приборов в зданиях. Это приводит к значительным отложениям соединений железа на поверхности пластин камер второго контура водоводяных сетевых подогревателей. При средней величине зазора между пластинами 3 мм накопление отложений резко увеличивает гидравлическое сопротивление циркуляции сетевой воды (перепад давления на теплообменнике увеличивается до 0,2 МПа). Кроме того, значительно понижается интенсивность теплообмена.

Таким образом, наряду с плановой или аварийной заменой труб тепловых сетей, значительная работа при эксплуатации таких котельных проводится по обслуживанию сетевых подогревателей. На старых котельных при подпитке тепловых сетей умягчённой водой эта проблема не была такой острой.

Удаление отложений в пластинчатых теплообменниках на котельных производится в основном механическим путём при разборке тепло-

обменника. Для этого используются щётки с мягким ворсом, что очень трудоёмко при среднем количестве пластин в аппарате 200-300 штук. Облегчает и ускоряет работу использование электрических моек высокого давления. Качество смыва рыхлых отложений повышается.

Кроме того, на котельных №17м (ул. Московская, д. 24а), №13м (ул. Октябрьская, д. 21а) уже накоплен опыт промывки теплообменников без их разбора. Это позволяет не деформировать резиновые уплотнители пластин, которые в настоящее время сравнительно дорогие. Для химической очистки используются циркуляционные установки – аппараты для удаления отложений заводского изготовления (например, НПЦ-200). Так как пластины теплообменников изготовлены из нержавеющей стали, для их очистки невозможно применение наиболее эффективной и дешёвой соляной кислоты, а также широко используемых смесей на её основе заводского изготовления (Солтан, Кристалл S). В качестве реагентов применяются либо готовые композиции для промывки пластинчатых теплообменников, выполненных из нержавеющей стали, которые предлагают химические предприятия (N-фаза, Кристалл N). Либо на котельной готовятся растворы на основе комплексонов-фосфонатов (ОЭДФ, НТФ) или ортофосфорной кислоты, которые способны эффективно растворять железооксидные (железогидроксидные) отложения.

На котельных №17м, №2м (ул. Маяковского, д. 8, стр. 2), №8м (ул. Маяковского, д.32б) растворы указанных реагентов используются также для замачивания пластин теплообменников в специальной ёмкости. Это размягчает слой отложений, ускоряет удаление отложений механическим путём и повышает качество очистки.

УДК 628.1

*Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.*

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

## **ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПАНИЙ Г. НОВОМОСКОВСКА**

Основной теплогенерирующей и теплоснабжающей организацией г. Новомосковска и района является Восточный филиал ООО «Компания коммунальной сферы». Здесь находятся 40 котельных общей мощностью около 200 МВт и более 180 км тепловых сетей. Из 40 котельных 23 находятся в собственности ООО «ККС» и 17 в аренде. На котельных эксплуатируется 118 котлов, из них 3 паровые, остальные водогрейные. Топливом для котельных служит природный газ. Котельные отпускают



тепловую энергию на отопление жилых и общественных зданий и горячую воду на санитарно-бытовые нужды.

В период с 2014 г. вместо морально и физически устаревших котельных построено 23 модульные котельные с современными котлами с высоким КПД (более 90 %). Из выведенных из эксплуатации 5 котельных работало с электродкотлами, что приводило к повышенным тарифам на отпускаемую тепловую энергию. Общая мощность новых котельных составила около 160 МВт или 79 % от всего установленного основного теплового оборудования. Модульные котельные работают в автоматическом режиме без постоянного обслуживающего персонала. По инвестиционной программе в ближайшие годы будет построено еще 5 модульных котельных взамен морально и физически устаревших.

Теплота на нужды отопления потребителей котельными отпускается в виде сетевой воды на отопление по графику 95-70 °С, на горячее водоснабжение: от котельных – 65 °С, у потребителя – 60°С. Системы теплоснабжения - закрытые, тепловые сети – двухтрубные и четырехтрубные при наличии системы горячего водоснабжения (ГВС). Прокладка тепловых сетей – подземная в непроходных каналах и надземная на низких опорах.

Восточный филиал ООО «ККС» также транспортирует и реализует тепловую энергию в г. Новомосковске, покупаемую у Новомосковской ГРЭС.

Тепловая энергия от НГРЭС подается потребителям:

- в заводской район (северная часть города) – с коллекторов НГРЭС, непосредственно по сетям Восточного филиала ООО «ККС»;
- в южную часть города – через 5 центральных тепловых пунктов (ЦТП), смонтированных взамен котельных (№1, 35, 36, 32, 33).

Первичный теплоноситель от НГРЭС подается к ЦТП по двухтрубной тепловой сети диаметром 400-600 мм. Нагрев воды на нужды отопления и горячего водоснабжения производится в теплообменниках, установленных в центральных тепловых пунктах. На горячее водоснабжение и для возмещения утечек из тепловых сетей и систем теплопотребления используется химочищенная вода от НГРЭС. Тепловая энергия от ЦТП-1 (ул. Молодёжная) отпускается по графику 95-70 0С с точкой излома при наружной температуре (-4) 0С и температуре прямой воды 65 0С (открытая система теплоснабжения). От остальных ЦТП – по отопительному графику 95-70 0С (закрытые системы теплоснабжения). Протяженность сетей от НГРЭС в 2-х трубном исчислении – 80 км.

*Гургулдаева В.П., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ  
ТЭК РФ**

За последние годы в мире усилиями западных стран сложилась ситуация, создающая экономические проблемы развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Российской Федерации. К 2024 году против России введено множество различных ограничительных мер, что составляет около 48% от объёма мировых санкций. Остальные 52 % приходятся на Иран (22%); Сирию (16%) и Северную Корею (13%).

Развитие экономики России в девяностых и двухтысячных годах привело к тому, что доля зарубежного оборудования значительно возросла. Их величина на предприятиях ТЭК РФ по состоянию на 2022 г. показана на рис. 1. В сложившейся в последние годы ситуации, связанной с выходом большинства зарубежных производителей с нашего рынка, создан риск вероятного отказа импортного оборудования, связанного с нехваткой оригинальных запасных частей для выполнения техобслуживания и ремонта [1].



Рисунок 1 – Доля импортного оборудования на предприятия ТЭК Российской Федерации

Так как ТЭК РФ оказывает колоссальное влияние на развитие экономики государства, поэтому стагнация и деградация энергетической отрасли недопустима. Для борьбы с возникшими вызовами разработана специальная энергетическая политика РФ, которая заключается в рациональном использовании энергетических ресурсов и устойчивого роста экономики в целях улучшения экономических показателей страны, ос-

нованных на импортозамещении, обеспечении технологической безопасности энергетической отрасли [2].

Сформированная энергетическая политика РФ предусматривает различные варианты развития событий в стране, наряду с чем определяется вектор движения, направленный на достижение требуемых экономических показателей. При прогнозировании развития ТЭК были рассмотрены 3 сценария: стрессовый, консервативный и оптимистичный.

Стрессовый сценарий развития подразумевает значительное снижение спроса на энергоресурсы в краткосрочной или долгосрочной перспективе, приводящее к снижению эффективности энергетического сектора страны в целом. При развитии данного сценария принимаются решения о корректировке существующей стратегии.

Консервативный сценарий развития обеспечивает продолжение сформированного тренда, предусматривающего умеренные темпы роста экономики на основе модернизации и реконструкции топливно-энергетического и сырьевого секторов при относительном отставании перерабатывающих отраслей промышленности.

Оптимистический сценарий определяет максимальное использование потенциала энергетического сектора в целях ускорения роста экономики и повышения благосостояния населения России в сочетании с оптимистичным прогнозом мирового спроса и цен на энергоресурсы; реализации дополнительного числа (более 100) инвестиционных проектов в отраслях промышленности и опережающее развитие энергетической инфраструктуры.

Будем надеяться, что Россия и её энергетика будут развиваться по оптимистичному сценарию.

### *Литература*

1. Белоусов Д.Р. О сценариях социально-экономического развития России на период 2026 г. /Иванов И.Б., Михайленко К.В. // Центр Макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования. – 24.05.2023. – тезис №12 – С.2 - [http://www.forecast.ru/ARCHIVE/Mon\\_13/2023/TT2023\\_12.pdf](http://www.forecast.ru/ARCHIVE/Mon_13/2023/TT2023_12.pdf)
2. Дорохин Н.Ю. (научный руководитель Золотарева В.Е.) О перспективных направлениях развития энергетической системы Российской Федерации// В сб.: 13-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. С. 213 – 217.

*Короткова К.С., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

## **ЗАЩИТА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАСТАНИЯ**

На водозаборах и системах водоснабжения различного назначения сталкиваются с проблемой внутреннего нарастания гидробионтов, в том числе моллюсков Дрейссена. Это явление может быть значительным, что приводит к серьезным потерям давления в системе всасывания водозабора и угрозе выхода насосных станций из строя. В системе водоснабжения личинки Дрейссена перемещаются под воздействием потока воды. Они быстро распространяются по всем поверхностям трубопроводов, образуя тонкий слой, похожий на прозрачный гель. Для предотвращения расселения личинок на поверхности гидротехнических сооружений в настоящее время используется следующие методы: промывка подогретой воды, обработка хлором, применение купороса, воздействие электрическим током и другие [1-3].

Физические методы очистки воды широко используются на этапе предочистки и состоят из фильтрации, процеживания и отстаивания. Их цель - удаление крупнодисперсных примесей из воды. Химические методы обусловлены способностью соединений проводить химические реакции между собой. Путем введения специальных реагентов инициируются определенные взаимодействия, позволяющие превратить токсичные загрязнения в безопасные соединения, а также связать их в сложные трудно растворимые комплексы, образующие осадки, которые удаляются легко с помощью физических методов. Физико-химические методы объединяют в себе совместное воздействие физических явлений и химических реагентов на поступающую для очистки воду. С их помощью удаляются минеральные загрязнения, органические соединения, ионы металлов, растворенные в воде газы [2].

Биологические методы очистки представляют собой способы удаления из воды нежелательных элементов и соединений при участии живой микрофлоры. Суть их заключается в избирательном поглощении загрязнителей из воды живыми организмами в качестве источника питания для своего существования. Эти методы реализуются в биологических прудах. Такие природные пруды могут быть искусственными и естественными, а также иметь свободную аэрацию [1, 3]. В этих прудах обитают живые организмы, которые активно участвуют в процессе биологического очистки воды от примесей, в том числе растения, способствующие процессу улучшения качества воды прудов. Для фильтрации

воды используются различные типы почв: суглинков, глина, песчаная почва и т.д. Живущие в земле микробы очищают воду от различных загрязнений. Эти методы просты в применении, но они эффективны лишь при небольших объемах воды и количествах загрязнений.

Одним из способов решения этой проблемы для биологической очистки является использование биофильтра. Вода проходит через слой загрузки, покрытый биопленкой из аэробной микрофлоры.

Аэротенки и метатенки по своему устройству значительно сложнее биофильтров. Аэрация является обязательной для процесса биологической очистки воды в аэротенках. Перед поступлением в аэротенк, водный раствор смешивается с активным илом, затем проходит через воздушный поток взвеси. Воздух, насыщая воду кислородом, активизирует окислительные и разлагающие процессы загрязнителей и способствует постоянному перемешиванию раствора. Если проводить аэрацию кислородом, то эффективность биологической очистки воды в несколько раз возрастает, и такие установки получают название окситенков [3].

В современных системах водоподготовки применяется комплексный подход, в рамках которого различные методы очистки воды используются совместно для увеличения эффективности процесса. Универсального метода, способного полностью очистить воду от всех загрязнений одной операцией нет. Важно правильно подбирать очистительные сооружения в зависимости от состава загрязнений и обеспечивать их бесперебойную работу в установленных условиях.

#### *Литература*

1. Биологическая очистка воды - <https://diasel.ru/article/biologicheskaya-ochistka-vody/>
2. Комплексное использование водных ресурсов. Водные ресурсы РФ - <https://spravochnik.ru/lektoriy/kompleksnoe-ispolzovanie-vodnyh-resursov-vodnye-resursy-rf/>
3. Биологическая очистка воды - <https://wt-filter.ru/blog/biologicheskaya-ochistka-vody/>

УДК 620.92

*Примак Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.*

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

### **АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА С ЗАМКНУТЫМ ЯДЕРНЫМ ЦИКЛОМ И МОКС-ТОПЛИВОМ**

Атомная энергетика с замкнутым ядерным циклом (АЭЗЯЦ) – это замкнутый ядерный топливный цикл, в котором отработавшее ядерное топливо, выгруженное из реактора, перерабатывается для извлечения

урана и плутония с целью повторного изготовления ядерного топлива [1].

Двухкомпонентная ядерная энергетика, объединенная замкнутым ядерным топливным циклом (ЗЯТЦ), обеспечит кардинальное решение двух основных проблем: обращение с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), радиоактивными отходами (РАО) и на много повышает эффективность использования природного урана [1]. Такая технология применяется в реакторах четвертого поколения, которые разрабатываются в различных странах. Такие установки предполагают более безопасную и эффективную генерацию электроэнергии на ядерном топливе. Реакторы с замкнутым ядерным циклом могут использовать в качестве топлива как уран-235, так и другие ядерные материалы: уран-238, торий и плутоний. Помимо стационарной генерации электроэнергии АЭЗЯЦ может использоваться в качестве судовых двигателей в мореходстве, для производства тепла на плавучих атомных станциях.

Переработка отработанного ядерного топлива имеет некоторые экономические выгоды при восстановлении неиспользованного урана и плутония, который был произведен в реакторе. Переработка топлива уменьшает объём высокоактивных и опасных отходов, которые необходимо надлежащим образом хранить, что также имеет определенную экономическую целесообразность [1].

В отработанном ядерном топливе содержится примерно 1 % плутония. Это очень хорошее ядерное топливо, которое не нуждается ни в каком процессе обогащения. Оно может быть смешано с обедненным ураном. В этом случае получается так называемое смешанное оксидное топливо или МОКС-топливо. Оно должно поставляться в виде свежих топливных сборок для загрузки в реакторы. Его можно использовать для загрузки в будущие реакторы-размножители [1].

Восстановленный уран может возвращаться на дополнительное обогащение, или поставляться в виде свежего топлива для действующих реакторов.

Закрытый топливный цикл является наиболее эффективной системой максимального использования урана без его дополнительной добычи на рудниках [2]. Поэтому в промышленности такой метод нашел свое одобрение.

МОКС-топливо является топливом будущего. Реализация замкнутого ядерно-топливного цикла в промышленных масштабах позволит в десятки раз увеличить топливную базу атомной энергетики России и сократить образование радиоактивных отходов. Это следующий шаг на пути к новой двухкомпонентной ядерной энергетике, в которой реакторы на быстрых и на тепловых нейтронах будут работать совместно, обмениваясь топливом. Реализо-

вать это становится возможно сооружением энергоблока с головным образом серийного реактора БН-1200М, что позволит в максимально полно воплотить все экологические и экономические преимущества технологии реакторов на быстрых нейтронах [2].

#### *Литература*

1. Андрианов А. А., Коробейников В. В., Поплавская Е. В. и др. Оптимизационные исследования структуры ядерной энергетики России с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах с использованием пакета MESSAGE. – Изв. вузов. Ядерная энергетика. 2010. №2, с. 156-164.
2. Андрианов А. А., Коровин Ю. А., Федорова Е. В. Метод критериальных ограничений в задачах оптимизации структуры глобальной ядерной энергетики в среде MESSAGE // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2010. № 2, с. 165-175.

УДК 620.92

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

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОМОЩНЫХ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ КАК АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

В наше время есть множество источников добычи электроэнергии. Одним из эффективнейших инструментов являются атомные электростанции (АЭС). Их мощность и экономическая выгода достигает невообразимых величин. Таким примером является Ленинградская АЭС, укомплектованная реакторами типа РБМК – 1000 в количестве 4 штук и одним реактором ВВЭР 1200. Данная АЭС обеспечивает более 50 % электропотребления города Санкт-Петербурга.

Что делать, если для выработки тепловой и электрической энергии такие мощности излишни? На этот случай существуют малые атомные электростанции (МАЭС) [1, 2]. В последние десятилетия МАЭС стали одним из наиболее обсуждаемых направлений в области энергетики. Вопросы энергетической безопасности, экологичности, эффективности и доступности энергоресурсов ставят перед мировым сообществом задачу разработки новых технологий для производства электроэнергии. В России, обладающей богатыми запасами ядерного топлива и передовыми технологическими разработками в области ядерной энергетики, МАЭС являются одним из перспективных направлений для обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития страны. Рассмотрим основные аспекты функционирования и перспективы развития малых атомных электростанций в России.

Малая атомная электростанция в первую очередь отличается своей мощностью. «Стандартная» АЭС это несколько энергоблоков мощностью от 1 ГВт до 1,6 ГВт каждый. В свою очередь МАЭС по документации и классификации состоит из реакторов, которые в пике своих нагрузок достигает всего 0,3 ГВт электрической мощности [3, 4].

Реактор для испытания топливных материалов РИТМ-200 представляет собой уникальный объект, предназначенный для проведения испытаний топливных элементов и материалов ядерных реакторов при различных условиях эксплуатации. Разработанный и построенный специалистами института «ГосНИИ «Реактор», данный реактор обладает рядом особенностей, делающих его важным инструментом в области ядерной энергетики. Заявленная мощность данного реактора 53 МВт(э). Перегрузка топлива производится каждые 6 лет, а срок эксплуатации более 60 лет. Это является отличным показателем для МАЭС и позволяет использовать их для электро- и теплоснабжения в труднодоступных районах, как автономные источники энергии.

Благодаря своей конструкции и техническим характеристикам, реактор РИТМ-200 позволяет проводить испытания при высоких температурах и давлениях, что является критически важным для обеспечения безопасности и эффективности работы ядерных установок.

РИТМ-200 также используется для проведения различных исследований, направленных на повышение уровня безопасности ядерной энергетики. Благодаря возможности моделирования различных аварийных ситуаций и анализа поведения материалов при них, данный реактор играет важную роль в разработке новых технологий и методов обеспечения безопасности ядерных установок [3, 4].

Кроме того, реактор РИТМ-200 активно применяется для тестирования новых типов топливных элементов и материалов, которые могут быть использованы в различных типах ядерных реакторов. Это позволяет оценить их работоспособность, эффективность и безопасность перед внедрением в промышленную эксплуатацию.

В целом, реактор РИТМ-200 является важным инструментом для проведения различных исследований и испытаний в области ядерной энергетики. Благодаря своим уникальным характеристикам и возможностям, он способствует развитию новых технологий, обеспечению безопасности ядерных установок и повышению эффективности использования ядерной энергии.

### *Литература*

1. Атомный реактор в каждый дом: что такое малые АЭС. - <https://energy.media/news/28216>



2. Малые АЭС и зачем они нужны. - <https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/674834/>
3. Малый модульный реактор - <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
4. АЭС малой мощности - <https://rusatom-overseas.com/ru/smr/>

УДК 697.35

*Курило Н.А., Писарев Г.К., Примак Е.В.*

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

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ**

Для обеспечения жилых помещений теплом применяют отопительные системы с горячей водой или паром. Приборами такой системы являются радиаторы: алюминиевые, биметаллические, стальные и чугунные. Существует два способа отдачи тепла: конвективный и радиационный. На радиационный способ приходится 25% от общего теплового потока, а на конвективный - 75%. По своей конструкции радиаторы водяного отопления делятся на панельные (стальные, биметаллические) и секционные (чугун, сталь, алюминий). При выборе радиаторов необходимо учитывать его теплоотдачу, компактность, небольшой вес и дизайн.

Алюминиевые радиаторы изготавливаются из сплава алюминия, магния и кремния, они имеют максимальный уровень теплоотдачи за счет его высокой теплопроводности и высокой скорости нагрева. Температура нагрева достигает 110 °С, а мощность одной секции составляет 200 Вт. Радиаторы имеют большую площадь проходного сечения межколлекторных трубок, они имеют малый вес (плотность алюминия 2,7 г/см<sup>3</sup>). Мощность радиатора, его длину и конфигурацию можно подобрать за счет изменения числа секций. Алюминиевые радиаторы подвергаются коррозии за счет кислотности теплоносителя, тем самым снижают срок службы.

Чугунные радиаторы имеют длительный срок службы, они устойчивы к агрессивным теплоносителям. Температура нагрева достигает 130 °С, мощность одной секции составляет 100 Вт, а теплоотдача за счет излучения составляет 70%. Чугунные радиаторы обладают отличной тепловой инертностью. Радиаторы обладают большим весом, так как у них большая плотность 7 г/см<sup>3</sup>, при этом возникает проблема монтажа. Если наблюдается существенная разница между стояком и сечением батареи радиатора, то замедляется циркуляция теплоносителя.

Стальные радиаторы по своей форме и конструкции подразделяются на трубчатые и панельные. Трубчатые радиаторы состоят из

прямоугольных или круглых труб, а панельные из нескольких панелей. Стальные радиаторы подвергаются коррозии, их физический износ может достигать 0,1 мм в год. Температура теплоносителя для продолжительного применения панельных радиаторов не должна превышать 100 °С, а для трубчатых радиаторов 130 °С. Теплоотдача за счет излучения составляет 50%, а мощность одной секции составляет 120 Вт. Стальные радиаторы обладают низкой тепловой инерцией. Они просты в монтаже, имеют гладкую поверхность.

Биметаллические радиаторы применяются для отопительных магистралей высокого давления. Внутри радиатора расположен стальной корпус, а сверху на него установлен алюминиевый корпус. Такая конструкция позволяет не иметь контакта с теплоносителем, что позволяет увеличить срок службы до 20 лет. Мощность биметаллических радиаторов одной секции составляет 150 Вт, а максимальная температура 110-130 °С. Прочность конструкции биметаллического радиатора обеспечивается за счет стального корпуса, который способен перенести серьезный гидравлический удар, а зауженные каналы обеспечивают биметаллическим радиаторам тепловую инертность и минимизируют расход количества теплоносителя.

Если учесть все перечисленные достоинства и недостатки приборов отопления и добавить к ним высокую теплоэффективность, длительный срок службы, стильный внешний вид, то биметаллические радиаторы являются оптимальными для установки в жилых помещениях.

#### *Литература*

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-priborov-otopleniya-dlya-zhilyh-pomescheniy>

УДК 621.182.4

*Писарев Г.К., Примак Е.В., Курило Н.А.*

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

### **МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

На данный момент существует три метода очистки теплообменного оборудования. Каждый из них предназначен для различной степени загрязнения нагревательного элемента и технических характеристик оборудования.

1. Механический способ – механическое воздействие на аппарат.
2. Химический способ – очищение поверхности химическими растворами и растворимыми средствами.

3. Комбинированный способ – разборка теплового нагревателя, а потом применение химических средств.

*Механическая промывка* используется в основном на больших предприятиях промышленного характера, метод называют кавитационным и гидродинамическим. Данный способ состоит из нескольких этапов:

- Ручной этап – разборка агрегата по деталям с использованием слесарных инструментов. Очистка происходит с помощью абразивной щетки.

- Чистка грязи производится пескоструйным оборудованием. Налет счищается фрезой, радиальной щеткой, а также с помощью полого стержня в виде сверла. Очищение таким способом проходит быстро, очищение и подача реагентов подается одновременно.

- Гидродинамическая струя – на накипь направляется струя с высоким давлением, для этого используют аппараты высокого давления.

- Кавитация – подача под малым давлением жидкости или мелких парогазовых пузырьков. При этом образуется ударное микроволновое воздействие. С помощью него разрушается грязевой слой и удаляются ненужные образования.

При *химическом методе чистки* теплообменника не требуется разборка теплообменных аппаратов, с помощью химических средств удаляется налет, ржавчина, накипь и прочая грязь, которая мешает нормальной работе агрегата.

- Отсоединяем теплообменник от питания.

- Подсоединяем установку для промывания, предварительно добавляем химические средства для очистки.

- Производим запуск оборудования и на протяжении 2-8 часов осуществляется промывка агрегата.

- Если загрязнения сложные, то необходимо применять несколько реагентов. Каждое из используемых средств предусматривает удаление старых химических веществ при смывании водой.

- На финишном этапе очищаем систему водой и проверяем герметичность, запускаем теплообменник в работу.

*Комбинированный способ* - один из трудоемких способов очистки:

- Разборка аппарата на запчасти.

- Замачивание деталей в емкостях со специальными реагентами.

● Очистка под давлением загрязнений с поверхности. Сборка оборудования после просушки, проверка герметичности и запуск системы в работу.

Химический метод считается одним из самых удобных и требует минимального человеческого ресурса. Просто подключаем оборудование, добавляем химические реагенты и запускаем процесс.

Перечень недостатков данного метода:

● отложения, которые накапливались длительный срок сложно удалить, не разбирая весь агрегат;

● довольно сложно подобрать химические средства, предназначенные именно для данного теплообменника;

● потребность в специализированной утилизации химического состава, в специальное место.

Механический способ – не влияет на окружающую среду и менее опасный для человека. Недостаток – разборка и сборка агрегата, а также возможные повреждения пластин и уплотнений, которые могут возникнуть в процессе сборки и разборки. Механическое повреждение может потребовать замены деталей. Минусы механического способа:

● разборка и сборка агрегата;

● почти вся разборка осуществляется человеком;

● вероятность механического повреждения элементов очищаемого аппарата;

● требуется правильный подбор инструментов для механической чистки загрязнений.

Комбинированный метод считается наиболее эффективным, так как очистка происходит максимально быстро, а самое главное качественно. Недостатки метода – временные затраты и разборка агрегата на детали, возможность возникновения непредвиденных затрат на замену запасных частей в связи с износом.

### *Литература*

1. <https://e8company.ru/blog/metody-ochistki-teploobmennikov/>

УДК 620.91

*Примак Е.В., Писарев Г.К., Курило Н.А.*

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

## **ГЕОТЕРМАЛЬНОЕ ТЕПЛО – САМЫЙ ЧИСТЫЙ И НЕИСЧЕРПАЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ**

Геотермальная энергия — это энергия, которая добывается из тепла, находящегося в недрах Земли. Источники геотермальной энергии вклю-

чают в себя гейзеры, вулканы, горячие источники, гейзерные поля, геотермальные водоносные горизонты и геотермальную энергию магмы. Процесс добычи геотермальной энергии включает в себя бурение скважин для извлечения горячей воды или пара из геотермальных резервуаров в недрах Земли. Это тепло может затем использоваться для производства электроэнергии, обогрева зданий и теплиц, а также для других коммерческих и промышленных целей.

Типы геотермальной энергии:

1. Гидротермальные системы: наиболее распространенный тип геотермальной энергии. Гидротермальные системы обычно включают горячие источники, гейзеры и паровые поля. Горячая вода и пар из геотермальных резервуаров могут использоваться для производства электроэнергии или для отопления.

2. Геотермальные тепловые насосы: Этот вид геотермальной энергии используется для отопления или охлаждения зданий. Тепловой насос работает как термотрансформатор. По принципу действия это тот же самый холодильник. Назначение теплового насоса заключается в передаче тепла от низкотемпературного источника при помощи внешнего подвода энергии (обычно электрической) к потребителю с более высоким температурным уровнем, достаточным для теплоснабжения. Геотермальные тепловые насосы используют стабильную температуру земли для перекачивания тепла в помещения зимой и его отвода летом.

3. Петротермальные установки: Этот вид геотермальной энергии включает бурение глубоких скважин, чтобы использовать высокие температуры внутри Земли для производства электроэнергии.

4. Геотермальная энергия магмы: Этот тип геотермальной энергии использует тепло магмы под землей для производства больших количеств электроэнергии. Однако такие проекты обычно требуют значительных инвестиций и сложной технологии.

Плюсы геотермальной энергии - экологичность, возобновляемость, надежность и стабильность; к минусам можно отнести ограниченные области расположения электростанций и возможные побочные эффекты для окружающей среды.

Эти недостатки геотермальной энергии решает петротермальная энергетика. Петротермальную установку можно соорудить в любом месте планеты. Бурят две скважины от 3 до 10 км. Температура на такой глубине достигает 350 °С. В одну скважину заливают воду, из другой получают пар.

Как сказал научный руководитель Института теплофизики имени С.С. Кутателадзе РАН академик Сергея Алексеенко: «В обозримом будущем петротермальная энергетика может заменить собой углеводородное топ-

ливо, и это не фантастика. Вполне обоснованно можно выдвинуть такой постулат: петротермальной энергии достаточно, чтобы навсегда обеспечить энергией все человечество. Но пока эти технологии находятся на стадии научных исследований и пилотных проектов». По его мнению, другие способы получения возобновляемой энергии – ветряная, солнечная – нестабильны и наносят вред окружающей среде. Он также рассказал о «побочном эффекте» развития геотермальной энергетики – добыче ценных минералов. Например, в подземных водах Дагестана лития достаточно, чтобы полностью покрыть потребности России в этом металле.

### *Литература*

1. Саламов А.А. Геотермические электростанции в энергетике мира // Теплоэнергетика. - 2000.- №1.- С. 79-80.
2. Тепло Земли: Из доклада «Перспективы развития геотермальных технологий» // Экология и жизнь. - 2001.- №6.- С.49-52.
3. Тарнижевский Б.В. Состояние и перспективы использования НВИЭ в России// Промышленная энергетика. - 2002.- №1.- С. 52-56.

УДК 66.045.1

*Хороших Д.Н., Курило Н.А.*

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

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

Регенеративные теплообменные аппараты зачастую применяются для увеличения эффективности теплотехнологических систем, работающих с высоким перепадом температур между теплоносителями.

В регенеративных теплообменниках одна и та же поверхность нагрева периодически омывается то горячим, то холодным теплоносителем. При протекании горячего теплоносителя тепло воспринимается стенками аппарата и в них накапливается, при протекании холодной жидкости накопленное тепло передаётся ей.

Регенеративные теплообменники делятся на:

Доменные воздухонагреватели (кауперы) - регенеративные теплообменники с периодическим переключением теплоносителей, которые состоят из одной или нескольких камер, в которые поочередно поступают горячий и холодный теплоносители.

Роторные рекуперативные теплообменники, или просто роторные теплообменники, представляют собой регенеративные устройства для теплообмена, характеризующиеся непрерывным переключением теплоносителей. В таких теплообменниках теплопередающая поверхность либо подвижна и чередует вход в зону омывания различными теплоносителями.

лями, либо остается неподвижной, в то время как специальные роторы с каналами для горячих и холодных теплоносителей непрерывно вращаются. Эти теплообменники широко применяются в системах приточно-вытяжной вентиляции. В роторном теплообменнике тепло от горячего газа к холодному передается с помощью вращающегося цилиндрического ротора, состоящего из тонких металлических пластин. Пластины нагреваются горячим газом, затем перемещаются в поток холодного газа, передавая ему тепло. Такие теплообменники применяются в крупных котельных для использования тепла, которое в противном случае ушло бы вместе с дымовыми газами.

Существует разнообразие регенераторов, применяемых в различных областях техники, работающих при разных температурных режимах. Например, в металлургии и стеклоплавильной промышленности широко используются регенераторы с огнеупорными кирпичами.

Недостатками регенераторов с неподвижной кирпичной конструкцией являются их громоздкость, сложности в использовании из-за периодических переключений, колебаний температуры внутри печи и сдвигов теплоносителей при перемещении заслонки.

Для процессов с умеренными температурами в области техники применяются воздухонагреватели непрерывного действия с вращающимся ротором системы "Юнгстрем". Регенеративные вращающиеся подогреватели (РВП) используются на электростанциях как воздухонагреватели, чтобы использовать тепло дымовых газов, выходящих из котлов. В качестве насадки на них устанавливают плоские или гофрированные металлические листы, прикрепленные к валу. Насадка в виде ротора вращается со скоростью 3–6 оборотов в минуту и чередует облучение горячими газами (нагреваясь) и охлаждение холодным воздухом. Преимущества РВП перед регенераторами с неподвижной насадкой включают непрерывный режим работы, компактность и почти постоянную среднюю температуру нагреваемого воздуха. Недостатки включают сложность конструкции, дополнительный расход электроэнергии и невозможность герметичного разделения полости нагрева от полости охлаждения из-за прохождения через них одной и той же вращающейся насадки. В настоящее время в различных отраслях промышленности, когда термостойкость высоколегированных сталей недостаточна, получили применение теплообменники с неподвижным, кипящим или падающим слоем из жаростойкого сыпучего твердого теплоносителя. В таких теплообменниках перегревают пары воды и органических жидкостей, нагревают воздух и газы до 2000 °С. В регенеративных теплообменниках непрерывного действия твердый теплоноситель перемещается при помощи виброподъемников, пневматических устройств или механических ковшовых элеваторов.

### *Литература*

1. <https://studfile.net/preview/7439432/page:10/>
2. <https://stroy-podskazka.ru/teploobmennik/regenerativnyj/>
3. [https://eti.su/articles/over/over\\_1553.html](https://eti.su/articles/over/over_1553.html)

УДК 621

*Поперечный С.М., Макрушин В.В.*

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

### **ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБ ПЕРКЕНСА (ТЕРМОСИФОНЫ)**

В технике трубы Перкенса обычно называют термосифоны.

Термосифоны (ТТ) способны охлаждать тепловыделяющие поверхности достаточно сложной конфигурации, когда установка пористой структуры ТТ на вышеобозначенной поверхности довольно-таки затруднена, а также простота конструкции – вот основные преимущества термосифонов.

Энергетика, холодильная техника, нефтехимическая промышленность, системы охлаждения, а также системы термостабилизации радиоэлектронной аппаратуры – вот перечень области применения ТТ.

Что такое ТТ — это герметично замкнутый объём, часть которого заполнена жидким теплоносителем. К нижней части термосифона подводится тепловой поток плотностью  $q$ , а от верхней отводится. В зоне испарения ТТ происходит процесс испарения, пары поднимаются вверх при подводе теплоты к жидкому теплоносителю, и на внутренней стенке ТТ конденсируются. Образуется конденсат, который затем за счёт сил гравитации стекает в зону испарения ТТ.

Термосифоны классифицируются на цилиндрические и плоские, в зависимости от геометрии, а также ТТ с торцевым и боковым подводом, в зависимости от места подвода теплоты к испарителю ТТ.

С боковым подводом теплоты термосифоны получили максимальное распространение, в зависимости от количества теплоносителя в зоне подвода теплоты, теплового потока на стенке и диаметра ТТ.

В термосифонах может быть осуществлено два режима работы, которые качественно отличаются друг от друга - режим 2-х фазной среды и режим стекающей плёнки.



УДК 621

*Салтыков С.Ю., Макрушин В.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)  
**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕПЛООБМЕНА В СЛОЕ**

Теплообмен в слое происходит в аппаратах металлургической, энергетической, химической, и других отраслей промышленности.

От поведения частиц различают кипящий и взвешенный (плотный) слой. Порозность -  $\varepsilon$  – это параметр, определяющим состояние слоя (отношение  $V$  (объема) пустот между частицами ко всему  $V$  слоя). Во взвешенном слое ( $\varepsilon=0,35-0,55$ ) при продувании газом касание между собой частиц сохраняется. В кипящем же ( $\varepsilon=0,6$ ) частицы в камере перемещаются беспорядочно, но потоком продуваемого газа из неё не выносятся.

Во взвешенном слое теплообмен сложный, он характеризуется:

- 1)  $T$  (температура) на поверхности насадки характеризуется как теплоотдачей от газа к насадке, так и переносом  $Q$  (теплоты) внутри её;
- 2) Конвекцией, излучением и теплопроводностью производится внешний теплообмен от одного элемента насадки к другому.
- 3) Размерами и формой элементов насадки, теплообменом на поверхности, их теплопроводностью определяется внутренний теплоперенос.

Стоит отметить, что и в кипящем слое вышеуказанное тоже справедливо, разве что в зависимости от уровня рабочих температур и прочих параметров примесей удельная значимость отдельных видов теплопередачи может несколько изменяться.

УДК 628.1

*Дорохин Н.Ю., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И.Менделеева)  
**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ  
ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭЦ ПРОМЫШЛЕННОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Водооборотный цикл (ВОЦ) котлотурбинного цеха (КТЦ) предназначен для охлаждения конденсаторов турбин и масло-холодильников ТЭЦ, расположенной в Тульской области. В состав водооборотного цикла входят 2 градирни башенного типа. Источник подпитки речная вода. При применении в производстве оборотного водоснабжения качество выпускаемой продукции зависит от качества и температуры оборотной воды. Она не должна вызывать: образование биологических об-

растаний; коррозию труб и оборудования; образование накипи и солевых отложений.

В практике производственного водоснабжения подготовка оборотных вод осуществляется на отдельных сооружениях водоподготовки. Водооборотные циклы состоят из комплекса связанных сооружений – насосов, емкостей, установок для улучшения и очистки воды, градирен и сети трубопроводов.

На сегодняшний день актуальной проблемой для Первомайской ТЭЦ является образование отложений на поверхности нагрева конденсатора и в трубопроводах, что приводит к снижению эффективности работы оборудования. Причиной накипеобразования является повышенное содержание, вследствие упаривания воды в процессе охлаждения на градирнях, не смотря на регламентные параметры продувки, подпитки и коррекционную обработку.

В процессе работы на площадке ТЭЦ были проведены исследования основных параметров и режимов эксплуатации ВОЦ КТЦ, проведена оценка и анализ качества оборотной воды, технические особенности поддержания стабильности оборотной воды

Рассмотрены и рассчитаны 3 варианта методов по повышению надежности работы оборотного водоснабжения: увеличение добавки свежей речной воды в систему; введение соответствующую обработку добавки (подкисление); замена добавочную речную воду коагулированной водой после осветлителя.

В результате исследования были получены показатели качества оборотной воды для каждого метода, и на основании их сравнения сделан вывод о том, что наиболее эффективно использовать замену добавочной воды коагулированной водой после осветлителя. Выбор данного метода коррекционной обработки обусловлен тем, что действующий режим работы с текущими показателями приводит к накипеобразованию, а подпитка осветленной водой изменяет основные показатели, что позволяет приблизиться к оптимальному значению индекса Ланжелье. Индекс Ланжелье, близкий к нулю, свидетельствует о том, что вода практически стабильна и не склонна к существенному накипеобразованию. Смешение потоков осветленной фильтрованной и умягченной воды позволяет:

- снизить риск электрохимической коррозии;
- снизить скорость коррозии, создавая тонкие пассивационные пленки;
- минимизировать расходы реагентов при коррекционной обработке оборотной воды.

*Зубков А.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА  
ВОДООБОРОТНОГО ЦИКЛА ТЭЦ**

Мониторинг эффективности стабилизационной обработки оборотной воды ТЭЦ проводится на основании: данных аналитического контроля состава подпиточной и оборотной воды; данных скорости коррозии и накипеобразования на образцах свидетелей (купонах); эксплуатационных параметров теплообменного оборудования – конденсаторов; пара турбин и теплообменников; визуального осмотра теплообменников при их остановочном вскрытии; анализа отобранных образцов отложений с теплопередающих поверхностей.

Аналитический контроль выполняет ЦОТК в соответствии с действующим графиком и включает в себя: определение состава подпиточной и оборотной воды по утвержденному перечню показателей; расчет соответствующих показателей  $K_u$ , LSI (индекс Ланжелье), TrCa и т.д., характеризующих стабильность оборотной воды.  $K_u$  рассчитывается по хлоридам и электропроводности; определение ОМЧ.

Скорость коррозии определяется гравиметрически по купонам, устанавливаемых в стенд на оборотной воде, после их экспозиции от 10 до 30 суток. Эксплуатационные параметры конденсаторов пара и технологических теплообменников фиксируются и заносятся в соответствующую таблицу.

По результатам еженедельного контроля готовится итоговый отчет по анализу эффективности реагентной подготовки за прошедший месяц. В случае необходимости, разрабатываются дополнительные мероприятия. Отчет направляется соответствующим службам и производственным подразделениям.

Водно-химический режим эксплуатации водооборотных циклов ведет инженерно-технический персонал цеха ТВиК и соответствующих подразделений при консультационно-технической поддержке ПТУ энергопроизводства.

Во всех расчетах используется показатель коэффициента упаривания, рассчитанного по хлоридам. Контроль расхода подпиточной воды, требуемое для компенсации воды, потерянной на испарение, продувку, потерь на каплеунос и всех других потерь в системе.

Промышленный кондуктометр позволяет измерять и контролировать удельную электропроводность водной среды, солесодержание. Главным критерием эффективности работы ингибиторов солесодержания и наки-

пеобразования принимается значение транспорта кальция, которое рассчитывается не реже раза в неделю по данным анализов воды.

Широкое распространение получил комплексные ингибиторы на основе органических соединений фосфора-фосфонатов. Преимущество фосфонатов перед другими реагентами является их способность ингибировать формирование карбонатных осадков при более высоких значениях pH, что позволяет снизить или вовсе отказаться от использования сильных кислот для снижения pH. Оценка текущей стабильности воды рекомендуется производить с помощью периодического определения Индекса Ланжелье (*LSI*, индекс насыщения). На практике он рассчитывается как функция электропроводности, кальциевой жесткости, щелочности pH и максимальной температуры нагрева поверхности. Для определения коррозионной агрессивности воды по отношению к стали также используется индекс Ризнера (ИР), который в настоящее время наиболее представительный из числа индексов, учитывающих карбонатное равновесие. Вода является стабильной в том случае, когда индекс Ризнера находится в диапазоне 3-3,5.

Общий вывод об эффективности/неэффективности мероприятий стабилизационной обработки воды делается при достижении следующих показателей: колебания коэффициента упаривания оборотной воды не более 20%; скорости коррозии образцов-свидетелей из углеродистой стали не превышает 0,1 мм/год, латунных - не более 0,05 мм/год; бактериологическая зараженность по показателям ОМЧ и СВБ не превышает  $10^4$  и  $10^2$  КОЕ/мл соответственно; качество оборотной воды соответствует нормируемым значениям; дозировка реагентов соответствует рекомендациям поставщика на протяжении всего периода пробега; тепловая нагрузка на теплообменное оборудование не превышает указанные в проекте рабочие значения.

УДК 628.1

*Моисеев А.К., Чермошенцев Е.А., Золотарева В.Е.*

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

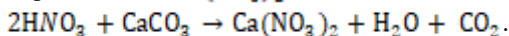
## **ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНОКИСЛОГО КОНДЕНСАТА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Главное требование к водно-химическому режиму систем оборотного водоснабжения состоит в том, что в системе должны отсутствовать накипеобразование, коррозия оборудования и трубопроводов.

Основным критерием эффективности работы ингибиторов соледержания и накипеобразования принимается значение транспорта каль-

ция, которое рассчитывается не реже раза в неделю по данным анализов воды. При значении транспорта кальция в пределах от 80% до 100% оборотная вода практически стабильна (нет отложений солей). Значение транспорта кальция выше 100% свидетельствует не только об ингибировании процессов накипеобразования, но и об отмывке уже существующих отложений солей. Значение транспорта кальция ниже 80% свидетельствует о протекании процессов солеотложения и низкой эффективности защиты. Таким образом, анализируя показатель транспорта кальция в процессе обработки, можно эффективно управлять дозированием реагента, не допуская снижения  $Tr(Ca)$  ниже 80%. Проведение стабилизационной обработки воды (СОВ), включает в себя ряд химико-технологических процедур, таких как периодическая и постоянная обработка оборотной или подпиточной воды, фильтрации от механических примесей, продувка за счет замены части оборотной воды на свежую подпиточную. Как известно, накипеобразование в системах обуславливается выпадением из раствора  $CaCO_3$ , возникающего при разложении бикарбоната кальция:

Одним из методов стабилизационной обработки оборотной циркуляционной воды является подкисление. Такая обработка производится с целью предотвращения образования в оборотной системе карбонатных отложений. Если на предприятии промышленные стоки в результате технологического процесса содержат азотную кислоту, т.е. представляют собой азотнокислый конденсат, его можно добавлять в оборотную воду в качестве подкислителя. Азотнокислый конденсат, являющийся, например, отходом производства цеха ГАС (гидроксил амин сульфат), собирается в резервуаре-накопителе. При добавлении этого конденсата в оборотную воду для подкисления происходит растворение  $CaCO_3$  и переход в растворимые соли  $Ca(NO_3)_2$ :



чем достигается снижение щелочности добавочной воды на некоторое значение  $\Delta Щ_{доб}$  и увеличение концентрации, растворенной  $CO_2$  в оборотной воде. Оба эти процесса способствуют стабилизации щелочности воды в оборотном цикле, то есть устранению накипеобразования.

По расчётным данным индексов Ланжелье, Ризнера, карбонатному показателю и коэффициенту упаривания, наиболее оптимальным решением является проведение подкисления азотнокислым конденсатом. При его применении убираются часть уже выпавшей накипи, вода становится более стабильной. Достигается экономия средств за счет отказа от закупки кислоты, необходимой для проведения процесса подкисле-

ния оборотной воды, у внешнего поставщика и экономия средств на устранения необходимости утилизации кислого конденсата.

УДК 621.314.04

*Александрова Е.А., Потанин Р.А., Майорова Н.Д.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Нормативный срок службы трансформаторов и автотрансформаторов устанавливается заводами изготовителями и составляет 25-30 лет. Как правило, фактический срок эксплуатации трансформаторов может значительно превышать указанные значения. После 30 лет эксплуатации в трансформаторах развиваются характерные дефекты, вызванные, прежде всего, старением изоляции, а также другими факторами.

Вышедшие из строя трансформаторы запрещено выбрасывать на свалку бытовых отходов. Содержащиеся в устройствах электролит, совтол, различные сплавы и металлы загрязняют окружающую среду. При длительном нахождении на открытом воздухе, под воздействием солнечных лучей и атмосферных осадков, диэлектрик совтол, например, превращается в пожароопасное вещество. Нельзя допустить его протечку в почву или водоемы, попадание в грунтовые воды, поскольку это грозит ухудшением экологической обстановки и может негативно воздействовать на здоровье людей.

Являются токсичными металлические сплавы, входящие в состав трансформатора, а также трансформаторное масло. По этой причине самостоятельная утилизация трансформаторов или отдельных частей недопустима. Кроме этого, она противоречит действующему законодательству.

Объекты захоронения отходов - предоставленные в пользование в установленном порядке участки недр, подземные сооружения для захоронения отходов I - V классов опасности в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах [1].

В Федеральных законах указано, что самостоятельная утилизация трансформаторов запрещена не только для физических лиц-предпринимателей, но также и для юридических лиц. В противном случае будут наложены штрафные санкции.

Единственное правильное решение — обращение в специализированную компанию.

Утилизация осуществляется в несколько этапов:

1. слив совтола, трансформаторного масла для последующего применения в качестве вторсырья;

2. удаление специальным растворителем остатков совтола;
3. разбор конструкций на секции, сортировка элементов. Пригодные для переработки детали прессуются и переплавляются, оставшиеся части подвергаются захоронению в бункерах;
4. удаление наполнения из трансформаторов и переплавка их корпусов;
5. дробление корпуса трансформатора и сортировка фракций для переработки на вторсырье.

Вторичные материалы трансформатора, такие как медь, железо и изоляционные материалы, могут быть использованы повторно для производства других продуктов. Например, медь может быть переработана и использована для производства проводов или электроники. Железо может быть использовано для производства стальных изделий. Изоляционные материалы могут быть переработаны для производства упаковки или изоляционных материалов для других электрических устройств. Этот подход способствует уменьшению отходов и эффективному использованию ресурсов.

#### *Литература*

1. Федеральный закон N 458-ФЗ О внесении изменений в ФЗ «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты РФ и признании утратившими силу отдельных законодательных актов // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014.

УДК 621.311+ 681.5.015.23

*Алябьев Д.А., Марусов Д.А.*

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

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Динамический (переходный) процесс любой природы описывается системой дифференциальных уравнений (ДУ). Стандартные методы расчета режимов (как электрических цепей, так и объектов силовой энергетики) основаны на линеаризации моделей – замене дифференциалов приращениями функции и ее аргумента. Современные информационные технологии позволяют строить более строгие модели и, как следствие, получать наиболее точные значения параметров режима.

Основной современной тенденцией является отказ от использования алгоритмических языков программирования с выбором в пользу пакетов прикладной математики (Matlab, MathCAD, Maple, Mathematica). В качестве объекта исследования рассмотрены переходные процессы в RLC-цепях. Непосредственное решение ДУ позволяет отказаться от декомпо-

зиции режима на две компоненты – принужденный режим и свободный процесс (классический метод расчета переходных процессов).

Выполнено сравнение основных программных продуктов – Matlab, MathCAD – для численного решения ДУ. В целом – обе программы предоставляют эквивалентные средства для интегрирования ДУ. MathCAD позволяет записывать уравнения с привычным для математиков синтаксисом и не требует решения ДУ высших порядков относительно старшей производной.

Но Matlab представляется более гибким: 1. позволяет решать уравнения в численном виде (аналог решения в виде разделяющихся переменных) функцией *dsolve*; 2. содержит несколько функций, идентичных по обращению к ним и набору исходных данных; 3. рекомендованная по умолчанию функция *ode45* (метод Рунге-Кутты 4/5 порядка) обеспечивает устойчивые решения для большинства ДУ, имеющих для технических систем (включая электрические цепи) прикладное значение.

Помимо этого, библиотека визуального моделирования динамических систем Matlab Simulink создает информационную основу для построения различных математических моделей (визуальное, имитационное, инструментальное моделирование) на основе реализации обширного набора математических функций с хорошими возможностями визуализации исходных данных и результатов.

УДК 621.311+ 681.5.015.23

*Бирюков А.В., Селезнев С.И.*

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

## **ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУППОВОГО САМОЗАПУСКА**

Самозапуск – пуск двигательной нагрузки с промежуточной (отличной от нуля) скорости. Этот процесс является важным средством обеспечения устойчивости технологического процесса, но в этом случае режим может развиваться как аварийный (токи могут быть соизмеримы с максимальными токами КЗ). Поэтому оценка успешности и расчет параметров (время самозапуска и режимные характеристики) является важной прикладной задачей эксплуатации системы электроснабжения.

Объектом исследования является высоковольтная двигательная нагрузка АО «Щекиноазот». Инструментальным средством моделирования режима – библиотека построения визуальных технических систем SimPowerSystems. Подобное моделирование режима позволяет отказаться от известных упрощений (в частности, неизменность напряжения в ходе переходного процесса), приводившими к заметному (для объекта



исследования – не менее 40%) уменьшению критического (максимального) времени перерыва питания.

Установлено, что в пределах имеющихся быстродействующих АРВ индивидуальный самозапуск нагрузки обеспечен. Групповой – является гораздо более сложным режимом. Одновременный пуск 8 двигателей напряжением 6 кВ приводит к недопустимому режиму (хотя сам самозапуск обеспечивается) – токи превышают длительно допустимые на 30%, значение напряжения составляет 62% от номинального (что недопустимо). Универсальным способом обеспечения самозапуска является уменьшение количества двигателей в группе – для 4 двигателей параметры режима входят в приемлемый диапазон. Поэтому необходимо рассмотреть возможность остановки половины двигательной нагрузки (наименее ответственные механизмы) в соответствии с технологической картой.

Предложены общие рекомендации по улучшению самозапуска. Уменьшение перерыва питания практически реализовать затруднительно. Поэтому наряду с уменьшением числа двигателей в группе предлагается уменьшение нагрузки на валу (именно этот параметр является определяющим). Также сформулированы рекомендации по модернизации сети предприятия, которые могут быть использованы при мероприятиях модернизации и реконструкции.

УДК 621.311+ 681.5.015.23

*Вязова А.Е., Савельев А.В.*

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

## **РЕШЕНИЕ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОТОРА СИНХРОННОЙ МАШИНЫ**

Поворот угла ротора  $\delta$  синхронной машины описывается уравнением на основе общих закономерностей вращательного движения твердого тела в виде:

$$T_j \frac{d^2 \delta}{dt^2} + R_d \frac{d\delta}{dt} = P_0 - P_m \sin \delta, \quad (1)$$

где  $T_j$  – постоянная инерции;  $R_d$  – постоянная демпфирования;  $P_0$ ,  $P_m$  – мощности, соответственно нагрузки и электромагнитная.

Ранее (1) решалось методом последовательных интервалов (метод Эйлера первого порядка) без учета постоянной демпфирования  $R_d$ . Это позволяет качественно оценить устойчивость режима без получения параметров нового установившегося (результат соответствует цикличес-

скому колебательному процессу для консервативной системы). Использование современных информационных технологий позволяет получить более точное решение.

В качестве инструментального средства принят Matlab. Получено решение (1) для типовых параметров энергосистемы. Установлено отсутствие решения в общем виде (функция *dsolve*), что соответствует отсутствию решения как уравнения с разделяющимися переменными.

Основная сложность решения (1) заключается в том, что параметры правой части не являются неизменными. При коммутации величина электромагнитной мощности  $P_m$  изменяется скачком. Поэтому для удобства моделирования уравнения использована библиотека Simulink, позволяющая на основе блоков математических операций (например, для интегрирования используется блок *Integrator*) моделировать динамический процесс – в данном частном случае интегрирование дифференциального уравнения. Результаты выводятся на электронные осциллографы *Scope*.

Таким образом, получено более точное решение для реальной (диссипативной) энергосистемы. Корректность результатов подтверждается соответствием известным теоретическим положением теории электро-механических переходных процессов. Развитие работы представляется в ее адаптации для лабораторного практикума – построение виртуального лабораторного стенда (приложение Matlab Dashboards).

УДК 621.311

*Гуськов И.А., Селиверстов Д.А.*

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

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ RASTRWIN ДЛЯ РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**

Расчет параметров режима короткого замыкания (КЗ) является актуальным для широкого круга задач в сфере проектирования (прежде всего, проверка оборудования по условиям протекания токов аварийного режима). Ранее в качестве инструментального средства расчета режима использовался пакет MathCAD, для моделирования - библиотека построения мехатронных систем Matlab SimPowerSystems (Simscape). Уход в силу санкционного давления большинства правообладателей программного обеспечения (ПО) из РФ приводит к необходимости ориентации на программные продукты РФ. Из имеющихся разработок на рынке ПО выделяется RastrWin, академическая лицензия этой программы является бесплатной – при этом удовлетворяет всем требованиям по функциональным возможностям.

Программа имеет интуитивно понятный интерфейс, рассматривая схему как направленный граф – нумерация узлов и топология построения расчетной схемы полностью соответствует теоретическим положениям предметной области математических задач энергетики. Хотя необходимо учитывать определенные особенности построения съемы – в частности, учет в качестве одного из узлов схемы базисного (балансирующего) узла.

Нами проведены расчеты токов КЗ для типовой схемы электроснабжения типичного предприятия. Выполнена верификация результатов сравнением с расчетом по известным инженерным методикам. Установлено хорошее совпадение результатов в высоковольтной сети (погрешность менее 1% – она вызвана, прежде всего, увеличением в программе напряжения энергосистемы). Выполнено развитие программы, направленное на определение аperiodической составляющей тока КЗ в заданный момент времени  $i_{at}$  и ударного тока  $i_{y0}$ . Для этого составлен макрос, позволяющий рассчитать эквивалентную постоянную времени  $T_a$  на основании эквивалентирования схемы относительно точки КЗ (в терминологии RastrWin – «расчет эквивалентного шунта»).

Продолжение работы заключается в адаптации программы для расчетов низковольтной сети – прежде всего, учет дополнительных (активных) переходных сопротивлений, соответствующих сопротивлениям контактов коммутационных аппаратов.

УДК 621.311

*Ильин А.И., Сидоров В.В.*

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

## **ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), рост потребления электроэнергии за 2023 составил 2%, а рост производства электроэнергии 2.5%. Лидеры роста по производству: Индия-9.7%, Индонезия-7.9%, Алжир-7.3%, Испания-6.3%, Саудовская Аравия-5.9%, Великобритания-5.6%, Колумбия-4%, Китай-3.7%, Малайзия-3.6%, Объединенные Арабские Эмираты-3.5%. По потреблению список лидеров тот же: Индия-9.6%, Индонезия-7.7%, Малайзия-6%, Саудовская Аравия-5.9%, Объединенные Арабские Эмираты-5.1%, Алжир-4.5%, Колумбия-3.7%, Аргентина-3.6%, Таиланд-3.6%, Китай-3.4%.

Отрицательный рост в потреблении показывают страны ЕС и центральной Африки – падение 1.5-3.2% [1]. Проблемы связаны снижением потребления в промышленном секторе на фоне общего экономического

кризиса. МЭА прогнозирует, что спрос на электроэнергию в ЕС восстановится до уровня 2021 года не ранее 2026 года (до 2.3%).

По прогнозу до 2026 года около 85% дополнительного увеличения спроса на электроэнергию ляжет на страны с развивающейся экономикой.

Предполагается [2], что весь объем дополнительной генерации в ближайшие годы будет обеспечиваться за счет низкоуглеродных источников энергии – ВИЭ и атомной энергии. МЭА предполагает, что к 2026 году доля ВИЭ достигнет 46% мирового производства электроэнергии.

Прогнозы по выходу мировой экономики на тотальную электрификацию отодвигаются с 2030 на 2045-2050 годы. Это связано с тем, что на данный момент, вся зеленая энергетика убыточна. Правительства субсидируют около половины ее затрат. Например, компания Siemens в отчете за четвертый квартала 2023 признала, что зеленая энергетика убыточна, но надеется, что к 2026 году она станет рентабельной. Основные проблемы зеленой энергетике:

- Затраты на передачу энергии намного выше, чем у других видов электроэнергии-большая длина линий электропередач;
- При передаче электроэнергии на большие расстояния возрастают расходы на обслуживание линий электропередач;
- Зависимость от погодных условий требует наличия зарядных станций и резервных источников питания приводит к росту затрат;
- Необходимость утилизации ветряных турбин, солнечных батарей и накопителей требует разработки новых технологий (отсутствуют или очень дороги) и повышает смету расходов;
- ВИЭ не могут заменить многие устройства и процессы;
- При производстве солнечных панелей, аккумуляторов, электротранспорта требуются материалы, добыча и разведанные запасы невелики.

### *Литература*

1. Мировая Энергетическая Статистика Yearbook компании Enerdata. <https://yearbook.enerdata.ru/> (дата обращения: 20.04.2024).

2. Сборнику статистических данных о генерирующих мощностях, работающих на основе ВИЭ 2023

<https://www.irena.org/News/pressreleases/2023/Mar/Record-Growth-in-Renewables-Achieved-Despite-Energy-Crisis-RU> (дата обращения: 20.04.2024).

*Колесников Е.Б., Суханов В.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ  
В НАПРЯЖЕНИЕ**

К числу важнейших параметров, характеризующих потребителей электроэнергии, относится активная мощность.

Большинство известных измерителей активной мощности имеют невысокое быстродействие, обусловленное большой постоянной времени применяемых в них фильтров низких частот. Постоянная времени фильтра низких частот выбирается достаточно большой исходя из обеспечения заданных пульсаций напряжения на самой нижней частоте рабочего диапазона, что предопределяет низкое быстродействие преобразователя во всем рабочем диапазоне частот.

На рис. 1 приведена функциональная схема управляемого фазовращателя, преобразователя активной мощности, который содержит амплитудный детектор АД, квадратурный фазовращатель КФ, управляемый фазовращатель УФ, компаратор К, счетный триггер СТ, сумматор С, усилитель-ограничитель УО, преобразователь частота-напряжение ПЧН, источник опорного напряжения ИОН, два перемножителя ПМ1 и ПМ2, интегратор И и переключатель полярности ПП.

Преобразователь работает следующим образом. Сигнал  $u_u = U_m \sin(\omega t - \varphi)$ , пропорциональный напряжению исследуемой цепи, подается на вход КФ, и на его выходе формируется напряжение  $u_1$ , сдвинутое по фазе на  $90^\circ$  относительно  $u_u$  в сторону отставания (рис. 2):

$$u_1 = U_m \sin(\omega t - 90^\circ).$$

При этом сигнал  $u_i = U_m \sin(\omega t - \varphi)$ , пропорциональный току исследуемой цепи, подается на вход К, который преобразует это напряжение в напряжение  $u_2$  прямоугольной формы, которое подается на входы ПЧН и вход СТ (рис. 1). СТ делит частоту его входного напряжения  $u_2$  на два, и на его выходе формируется напряжение  $u_3$  прямоугольной формы с частотой  $f/2$  (рис. 2).

В С напряжение  $u_3$  суммируется с отрицательным напряжением  $u_4$  от ИОН, величина которого выбирается около половины амплитуды  $u_3$ .

В результате на выходе С формируется переменное напряжение  $u_5$  прямоугольной формы с частотой  $f/2$  и амплитудой близкой к 2,5 В, которое поступает на вход УО, который формирует на своем выходе переменное напряжение  $u_6$  прямоугольной формы с фиксированным значением амплитуды, равным  $\pm 10$  В. Это напряжение поступает на первый вход ПМ1, на второй вход которого поступает напряжение с выхода ПЧН,

пропорциональное частоте  $f$  входного сигнала преобразователя. При этом коэффициент передачи  $K_{п1} = U_7/f$  ПЧН выбирается таким образом, чтобы при максимальной рабочей частоте  $f_{max}$  преобразователя, максимальное напряжение на втором входе ПМ1 не превышало 10 В, т. е.  $K_{п1} = 10/f_{max}$ .

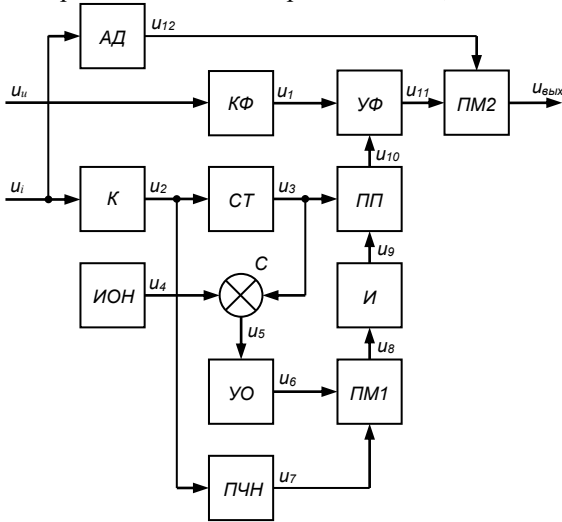


Рисунок 1 - Функциональная схема преобразователя активной мощности

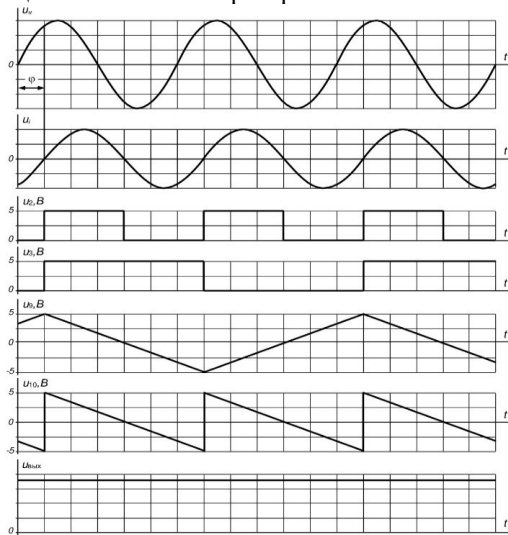


Рисунок 2 - Временные диаграммы работы преобразователя

В результате перемножения напряжений  $u_6$  и  $u_7$  в ПМ1, на его выходе и на входе И формируется прямоугольное напряжение, амплитуда которого  $U_{8m}$  пропорциональна текущей частоте  $f$  входного сигнала преобразователя:

$$U_{8m} = u_6 \times u_7 = U_{6m} K_{n1} f K_{n2} = 10 \cdot \frac{10}{f_{max}} \cdot f \cdot 0,1 = 10 \cdot \frac{f}{f_{max}},$$

где  $K_{n1} = 10/f_{max}$  – коэффициент передачи ПЧН;

$K_{n2} = 0,1$  – коэффициент передачи ПМ1;

$U_{6m} = 10$  В – амплитуда выходного напряжения УО.

И преобразует его входное напряжение  $u_8$  прямоугольной формы в переменное напряжение треугольной формы, амплитуда которого определяется выражением:

$$U_{9m} = -\frac{1}{RC} \int u_8 dt = -\frac{U_{8m} t}{RC} = -\frac{U_{8m} 2T}{4RC} = -\frac{U_{8m}}{2RCf} = -\frac{U_{6m} K_{n1} f K_{n2}}{2RCf} = -\frac{5}{RCf_{max}}.$$

Так как амплитуда входного напряжения  $u_8$  И пропорциональна частоте  $f$ , то выходное напряжение  $u_9$  И треугольной формы имеет стабильную амплитуду  $U_{9m} = 5$  В и не зависит от частоты  $f$  входного сигнала преобразователя.

Отсюда следует, что для выбора параметров времязадающих элементов  $R$  и  $C$  схемы И необходимо выдержать следующее соотношение  $1/RC = f_{max}$ .

Выходное напряжение  $u_9$  И треугольной формы с частотой  $f/2$  подается на вход ПП, на управляющий вход которого подается напряжение  $u_3$  прямоугольной формы с выхода СТ. Это напряжение приводит к переключению полярности выходного напряжения  $u_{10}$  ПП. Причем положительная полярность напряжения  $u_3$  не изменяет полярность выходного напряжения  $u_9$  И, а отрицательная полярность – приводит к изменению полярности напряжения  $u_9$  на противоположную. Коэффициент передачи ПП выбран, равным единице, поэтому в первый полупериод выходного напряжения  $u_3$  СТ он работает как повторитель, а во второй – как инвертор (рис. 2).

В результате на выходе ПП формируется переменное пилообразное спадающее напряжение амплитудой равной  $U_{10m} = 5$  В и частотой  $f$ . Это напряжение  $u_{10}$  подается на управляющий вход УФ (рис. 2).

УФ линейно изменяет фазу  $\varphi$  входного сигнала от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$  при изменении величины управляющего напряжения от  $-5$  В до  $+5$  В. Это напряжение  $u_{10}$ , воздействуя на управляемый фазосмещатель 3, изменяет фазу  $\varphi$  его входного сигнала от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$  с частотой  $f$  входного напряжения  $u_{вх}$  (рис. 2).

Учитывая то, что напряжение  $u_i$  исследуемой цепи совпадает по фазе

с выходным напряжением  $u_{10}$  ПП, на выходе УФ формируется напряжение  $u_{11}$ :

$$u_{11} = U_{mu} \sin(\omega t + \psi) = U_{mu} \sin\{\omega t - 90^\circ + [180^\circ - (\omega t - \varphi)]\} = \\ = U_{mu} \sin(90^\circ + \varphi) = U_{mu} \cos\varphi.$$

Одновременно сигнал  $u_i = U_{mi} \sin(\omega t - \varphi)$ , пропорциональный току исследуемой цепи, подается на вход АД, на выходе которого формируется напряжение  $u_{12} = U_{mi}$ .

Напряжения  $u_{11}$  и  $u_{12}$  перемножаются в ПМ2, на выходе которого и на выходе преобразователя формируется выходное напряжение  $u_{\text{вых}}$ :

$$u_{\text{вых}} = u_{11} u_{12} = u_{11} U_{mi} = U_{mu} U_{mi} \cos\varphi = \sqrt{2} U_u \sqrt{2} U_i \cos\varphi = 2 U_u U_i \cos\varphi = \\ = 2 K_U U K_I I \cos\varphi = 2 K_U K_I S \cos\varphi = 2 K_U K_I P = K_p P,$$

где  $U, I$  – действующие значения напряжения и тока исследуемой цепи;

$S$  – полная мощность исследуемой цепи;

$P$  – активная мощность исследуемой цепи;

$K_U$  – коэффициент передачи датчика напряжения;

$K_I$  – коэффициент передачи датчика тока;

$K_p$  – коэффициент передачи преобразователя.

В результате на выходе преобразователя формируется постоянное напряжение  $u_{\text{вых}}$ , пропорциональное активной мощности исследуемой цепи.

### *Литература*

1. Патент № 215007 РФ, МПК *G01R 21/00*. Преобразователь активной мощности в напряжение постоянного тока / Е.Б. Колесников. Опубл. 24.11.2022. Бюл. № 33.

2. Патент № 206198 РФ, МПК *G01R 25/04, H03H 11/15, H03H 17/08*. Управляемый фазовращатель / Е.Б. Колесников. Опубл. 30.08.2021. Бюл. № 25.

УДК 621.317.772

*Колесников Е.Б., Селезнев А.В.*

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

### **ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ**

Измерение коэффициента электрической мощности  $\cos\varphi$  широко используется для управления и контроля потоками реактивной энергии в электроэнергетической системе.

Большинство измерителей коэффициента мощности имеют низкое быстродействие, обусловленное наличием в них одного или нескольких фильтров низких частот. Разработанный измеритель коэффициента



мощности свободен от вышеприведенного недостатка, имеет высокое быстродействие и точность особенно в переходных режимах.

На рис. 1 приведена функциональная схема измерителя коэффициента мощности. Измеритель содержит амплитудный детектор АМ, блок деления БД, управляемый фазовращатель УФ, квадратурный фазовращатель КФ, компаратор К, преобразователь частота-напряжение ПЧН, одновибратор ОВ, интегратор со сбросом И, сумматор С, источник задающего сигнала ИЗС и отсчетное устройство ОУ [1].

Измеритель работает следующим образом. Сигнал  $u_u = U_{mi}\sin(\omega t - \varphi)$ , пропорциональный напряжению исследуемой цепи, подается на вход АД и на первый вход БД, на второй вход которого подается амплитуда напряжения  $U_{mi}$ , выделяемое АД. В результате на выходе блока деления формируется напряжение  $u_1$  с единичной амплитудой  $u_i = \sin\omega t$ .

Одновременно сигнал  $u_i = U_{mi}\sin(\omega t - \varphi)$ , пропорциональный току исследуемой цепи, подается на вход КФ, и на его выходе формируется напряжение  $u_2$ , сдвинутое по фазе на  $90^\circ$  относительно  $u_u$  в сторону опережения (рис. 2):

$$u_2 = U_{mi}\sin(\omega t + 90^\circ - \varphi),$$

где  $\omega = 2\pi f$  – круговая частота напряжения сети;

$\varphi$  – угол сдвига фаз между напряжением и током исследуемой цепи.

Напряжение  $u_2$  подается на вход К, который преобразует это напряжение в напряжение  $u_3$  прямоугольной формы (рис. 2), которое подается на входы ПЧН и ОВ.

По фронтам импульсов напряжения  $u_3$  запускается ОВ и на его выходе формируются узкие импульсы  $u_5$  фиксированной длительности с частотой  $\omega$ , которые подаются на вход сброса И.

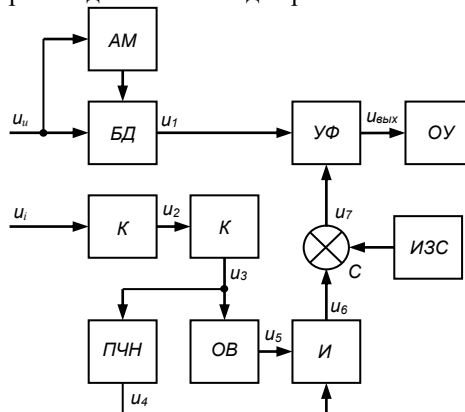


Рисунок 1 - Функциональная схема измерителя

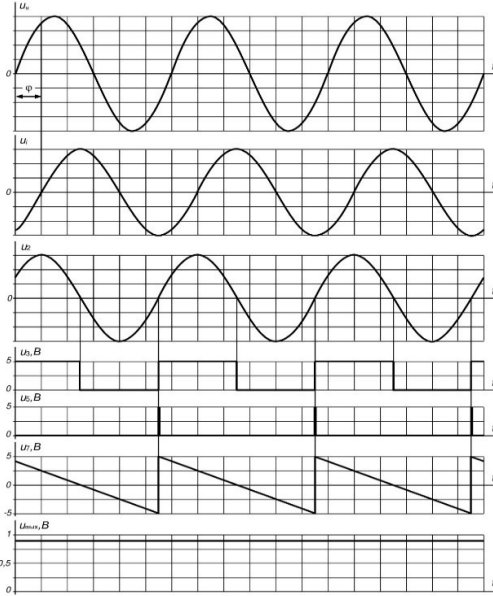


Рисунок 2 - Временные диаграммы работы измерителя

Одновременно ПЧН преобразует частоту этих импульсов в постоянное напряжение  $U_4$  положительной полярности величиной:

$$U_4 = K_{\text{ПЧН}} f = \frac{10f}{f_{\text{max}}},$$

где  $K_{\text{ПЧН}}$  – коэффициент передачи ПЧН;

$f$  – частота напряжения исследуемой цепи;

$f_{\text{max}}$  – максимальная рабочая частота измерителя.

При этом значение  $K_{\text{ПЧН}}$  выбирается из условия получения максимального выходного напряжения  $U_4 = 10$  В при  $f_{\text{max}}$ , т.е.  $K_{\text{ПЧН}} = 10/f_{\text{max}}$ .

Выходное напряжение  $U_4$  ПЧН поступает на вход И, на выходе которого формируется пилообразное напряжение  $u_6$  отрицательной полярности с частотой  $f$  напряжения исследуемой цепи измерителя, амплитуда которого определяется по формуле:

$$U_{6m} = -\frac{1}{RC} \int U_4 dt = -\frac{U_4 t}{RC} = -\frac{U_4 T}{RC} = -\frac{U_3}{RCf} = -\frac{K_{\text{ПЧН}} f}{(1/f_{\text{max}})f} = -\frac{10/f_{\text{max}}}{(1/f_{\text{max}})} = -10\text{В}.$$

Таким образом, при выборе постоянной интегрирования  $RC$  И равной  $RC = 1/f_{\text{max}}$  амплитуда его выходного напряжения  $U_{6m}$  не зависит от частоты напряжения  $u_u$  во всем рабочем диапазоне частот измерителя.

Выходное напряжение  $u_6$  И суммируется в С с напряжением смещения  $U_{см} = 5$  В от ИЗС, в результате чего на выходе С формируется переменное пилообразное напряжение  $u_7$  амплитудой 5 В. Это напряжение подается на управляющий вход УФ.

УФ позволяет линейно изменять фазу  $\psi$  входного сигнала от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$  при изменении величины управляющего напряжения от  $-5$  В до  $+5$  В [2]. Это пилообразное управляющее напряжение  $u_7$ , воздействуя на УФ, изменяет фазу  $\psi$  его входного сигнала от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$  с частотой  $\omega$  напряжения  $u_{и}$  (рис. 2).

Учитывая то, что напряжение  $u_{и}$  исследуемой цепи отстает от выходного напряжения  $u_6$  И на угол  $90^\circ$ , на выходе УФ и на выходе измерителя, формируется выходное напряжение  $u_{вых}$ :

$$u_{вых} = \sin(\omega t + \psi) = \sin\{\omega t + [180^\circ - (\omega t + 90^\circ - \varphi)]\} = \sin(90^\circ + \varphi) = \cos\varphi.$$

В результате на выходе измерителя формируется постоянное напряжение  $u_{вых}$ , пропорциональное коэффициенту мощности  $\cos\varphi$  исследуемой цепи. Напряжение  $u_{вых}$  подается на вход отсчетного устройства ОУ, проградуированного в значениях коэффициента мощности исследуемой цепи.

### *Литература*

1. Патент № 213443 РФ, МПК *G01R 22/06*. Измеритель коэффициента мощности / Е.Б. Колесников. Опубл. 13.09.2022. Бюл. № 26.
2. Патент № 206198 РФ, МПК *G01R 25/04, H03H 11/15, H03H 17/08*. Управляемый фазовращатель / Е.Б. Колесников. Опубл. 30.08.2021. Бюл. № 25.

УДК 621.311

*Кольхалов И.С., Корнилов И.В.*

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ RASTRWIN ДЛЯ ВАРИАНТНЫХ РАСЧЕТОВ РЕЖИМА**

Режим – состояние системы в заданный момент времени. При расчете параметров режима реальных электрических сетей (ЭС) основная сложность заключается в задании нагрузок мощностью. Это приводит к необходимости проведения итерационных расчетов. Практические инженерные методики основаны на расчете двух последовательных приближений – при задании номинальных напряжений в качестве начального приближения и последующей коррекции по уровню напряжения в ходе одной итерации. Использование информационных технологий поз-

воляет строить более строгие модели и проводить более точные расчеты (до момента полной сходимости итерационного процесса).

Среди специализированного программного обеспечения выделяется RastrWin (разработка специалистов РФ). Использование программы основано на известных алгоритмах расчета параметров режима – последовательное заполнение таблиц узлов (нагрузок), ветвей (элементов). Достоинством программы является хорошая визуализация результатов, которые отображаются как в табличной форме, так и в графическом виде (выдается расчетная схема с параметрами режима), а также обширные справочные данные по допустимым токовым нагрузкам для оборудования типичной номенклатуры (что позволяет оценить возможную перегрузку).

При проведении вариантных расчетов их особенностью является возможность программного «отключения» линий. В этом случае рассчитываются параметры форсированного режима (с учетом перегрузки) или рассчитываются несколько возможных вариантов конфигурации сети.

Выполнен расчет типичных конфигураций питающих сетей напряжением 110 кВ. В результате получено хорошее соответствие результатов инженерным методикам для замкнутых сетей (погрешность менее 0,6%) и удовлетворительное для разомкнутых (погрешность около 5%). При этом погрешностью для радиальных/магистральных сетей обладают именно результаты расчета по стандартной методике – погрешность вызвана невязкой решения системы итерационных уравнений до условия достижения требуемой точности.

УДК 621.434.622

*Майорова Н.Д., Дасаев Б.Р.*

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

## **АВТОМОБИЛИ НА ВОДОРОДЕ**

Без преувеличения можно сказать, что две проблемы, которые неотвратно стоят перед человечеством – истощение запасов углеводородных топлив и опасность нарастающего загрязнения окружающей среды – таят в себе вполне реальную перспективу гибели цивилизации под воздействием ей же созданных угроз. Замена углеводородных топлив водородом могла бы реально их решить [1].

В настоящее время изобретено большое количество разных транспортных средств, работающих на водородном топливе. Водород используется в двигателях внутреннего сгорания, в двигателях с топливными элементами.

Созданный впервые Франсуа Исаак де Ривазом двигатель в 1806 году работал на водороде, производимом электролизом воды. Через тридцать пять лет в Великобритании оформлен первый патент на водородный двигатель. А еще через одиннадцать лет в Германии изобрели двигатель внутреннего сгорания, работающий на воздушно-водородной смеси. Первым транспортным средством на водороде был трактор, выпустила его в 1959 году американская компания Allis-Chalmers Manufacturing Company. Самым первым автомобилем на водородных топливных элементах стал Electrovan его выпустила в 1966 году компания General Motors.

В нашей стране использовать водород в транспорте начали впервые в блокадном Ленинграде. В тот момент была нехватка бензина и эту проблему решил Борис Шелищ, который предложил переоборудовать подъемный механизм аэростатов, оберегавших город от немецких бомбардировщиков, с бензина, на чистый водород. После нескольких неудачных попыток, он смог поднять эти воздушные «колбасы» в небо. Увидев в этом потенциал, он смог перевести около 200 грузовиков ГАЗ-АА на водородное топливо.

В водородном двигателе имеется две камеры, являющиеся анодом и катодом, между которыми расположена мембрана. В двигателе роль катализатора выполняют редкоземельные металлы. В результате химической реакции, происходящей в электролизере водород, находящийся в анодной камере, соединяется с кислородом из воздуха в катод, превращается в водяной пар. Химический процесс происходит с выделением свободных электронов, далее поступающих в электрическую сеть автомобиля. Такой принцип работы автомобиля очень эффективен и практически исключает вредные выхлопы.

В мире уже есть серийные автомобили на водороде. Компании Toyota, Honda и Hyundai уже серийно выпускают автомобили на водороде. А почти все крупные автопроизводители (Audi, BMW, Ford, Nissan и др.) намерены начать выпускать технику на водороде.

Достоинства и недостатки водородных топливных элементов преимущественно связаны с особенностями газообразного водорода. Недостатки водородных автомобилей: большая масса автомобиля; взрывоопасность водорода; высокая эксплуатационная стоимость автомобиля; значительная цена топлива; отсутствие водородной инфраструктуры.

К достоинствам автомобилей на водороде относятся: простота конструкции двигателя, высокий КПД относительно ДВС; минимальные шумы при работе двигателя; минимальное количество вредных выбросов; мощность двигателей высокая.

В настоящее время одним из главных российских водородных проектов, является автомобиль Aurus Senat, разработанный в институте «НАМИ». Пробег Aurus Senat между заправками составляет 700 км, время заправки водородом составляет от двух до четырех минут. Автомобилей Aurus Senat создано всего четыре, и в настоящий момент они проходят испытания.

В России водородные транспортные средство не распространены из-за отсутствия водородной инфраструктуры. Совсем недавно в Московской области появилась возможность заправлять водородные автомобили. Этой заправкой водорода в день могут воспользоваться до шести автомобилей. В Минпромторге РФ планируется к 2030 году масштабная программа по созданию сети водородных заправочных станций.

До полной замены водородным топливом бензина и дизеля ещё далеко, но если производители сделают его производство, хранение более дешевым, безопасным, то будущее будет за автомобилями на водороде.

#### *Литература*

1. Галышев Ю.В. Анализ и перспективы создания водородного двигателя /Ю.В. Галышев //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2005. – №2(22). – С.19-23.  
<http://elibrary.ru/item.asp?id=9428504>

УДК 621.311

*Ошурков М.Г., Паршуков А.В.*

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

### **ЦЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

В основе модели – ранговый анализ: выделение системы-ценоза и определения перечня (списка) его объектов; построение таблицы рангового распределения; графическое построение ранговых распределений; описание структуры ценоза в целом ранговым по параметру  $H$ -распределением; исследование динамики 1-го рода – показателей  $\beta$  и  $W_1$  или 2-го рода – структурно-топологической динамики (для некоторых специфических исследований). и прикладных задач. Методика прогнозирования параметров электропотребления на основе рангового анализа заключается в следующем:

1. Ранжирование подразделений ценоза по величине электропотребления за каждый известный временной ряд предыстории с вычислением констант рангового распределения ( $W_{1i}$ ,  $\beta_i$ ,  $i=1, \dots, t$ , где  $t$  – число интервалов предыстории) и получение кривой, сглаживающей экспериментальные точки по формуле

$$W_i = W_1 / r^\beta$$

2. Получение методами анализа временных рядов, множественной регрессии, группового учета аргументов и другими прогнозными методами оценки  $W_{1+i}$ ,  $\beta_{1+i}$ , где  $n=1, 2, \dots$  – прогнозируемый период.

3. Определение расчетного ранга подразделения по полученной кривой последнего временного отсчета предыстории по формуле

$$r_{ij} = (W_{1t} / W_{ij})^{1/\beta_t}$$

4. Определение по полученным прогнозным значениям  $W_{1+i}$ ,  $\beta_{1+i}$  электропотребления каждого объекта, считая  $r_{ij}$  на последующий временной интервал неизменным,

$$W_{j(i+n)} = W_{1(i+n)} / (r_{ij})^{\beta_{1+i}}$$

С достаточной точностью для определения параметров модели рангового распределения можно использовать три способа: метод наименьших квадратов (МНК); МНК с фиксированной первой точкой; МНК с фиксированными первой и последней точками.

Для прогнозирования на основе динамики первого рода необходимо отследить тенденции изменения электропотребления первой точки и рангового коэффициента.

Совокупность ранговых распределений электропотребления по месяцам и годам составляют ранговую поверхность – основу исследования структурно-топологической динамики электропотребления.

УДК 621.311

*Ошурков М.Г., Чирков Д.Р.*

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

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕСЯЧНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ АО "ЩЕКИНОАЗОТ"**

Разработана методика и выполнен прогноз месячного электропотребления ОАО «Щекиноазот». Исходные данные – статистическая отчетность предприятия. Собрана статистика за период с января 2017 по апрель 2023 гг. – 76 точек временного ряда. Средняя величина месячного потребления – 52 700 тыс. кВтч.

Для построения прогнозных моделей выбран метод аппроксимации временного ряда электропотребления.

Исходный временной описывается линией тренда. Основная тенденция – некоторое увеличение электропотребления с постоянной составляющей около 50 млн. кВтч. Средняя относительная погрешность составляет  $\delta W=8,30\%$ . Улучшить точность прогнозных моделей позволило применение трендциклических моделей, полученных в среде MathCAD.

Таким образом, средняя относительная погрешность прогноза по лучшей модели (№ 4) составляет 4,39% (приемлемая точность). Существенно повысить точность модели сглаживанием временного ряда не удалось. Для повышения точности прогноза необходимо использовать данные по объемам выпуска продукции с возможной кластеризацией всего объема данных по устойчивым технологическим состояниям.

Таблица 1 – Результаты прогнозирования

№	Модель	Уравнение $W = f(t)$	Средняя погрешность; $\delta W, \%$
1	Тренд	$W(t) = 46680094 + 156370 \cdot t$	8,30
2	Трендциклическая	$W(t) = 46680094 + 156370 \cdot t - 645167 \cdot \sin(t + 28738)$	5,11
3	Пользовательская функция	$W(t) = 46680094 + 156370 \cdot t + 866722 \cdot \sin(-2,07 \cdot t + 26,6)$	4,48
4	Пользовательская функция (сглаженный ряд)	$W(t) = 46680094 + 156370 \cdot t + 866722 \cdot \sin(-2,15 \cdot t + 32,6)$	4,39

УДК 621.311

*Ползиков М.Н., Ашуров М.А.*

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

### **ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

При несимметричном режиме напряжений в трехфазной системе появляются токи и напряжения обратной и нулевой последовательности, создающие в электрических машинах обратное синхронное поле частотой 100 Гц, которое с свою очередь наводит в обмотках роторов электрических машин ЭДС и токи аналогичной частоты. Если разложить это поле на симметричные составляющие, то возникнут ЭДС и токи в статоре тройной частоты и спектр всех нечетных частот, а в обмотках ротора — спектр четных частот, которые создадут потери и вызовут нагрев электрических машин.

Токи и напряжения обратной последовательности в электродвигателях не только вызывают дополнительный нагрев, но и вибрацию; обратное синхронное поле создает противодействующий момент, уменьшающий полезный момент на валу двигателей.

Потери от токов обратной последовательности, вызываемых несимметрией нагрузок фаз, составляют [1]:



$$P_{Me} = 2,41 \cdot \varepsilon \cdot I_{п}^2 \cdot P_{M1ном}$$

где  $\varepsilon = U_{обр} / U_{ном}$  - коэффициент несимметрии.

Коэффициент полезного действия двигателя снижается до значения

$$\eta = \eta_{ном} \cdot P_{ном} / (P_{ном} + P_{Me})$$

Таким образом, влияние несимметрии нагрузки и вызванное этим искажение напряжений и токов по значению и форме кривой  $u(t)$  и  $i(t)$  проявляется в повышении потерь мощности и снижении КПД асинхронных двигателей. Рост потерь сопровождается дополнительным нагревом двигателей, снижением их допустимой нагрузки. Учет данных выводов особенно актуален при распределении нагрузок проектируемых объектов промышленных предприятий.

### *Литература*

1. Карташов И.И. Качество электроэнергии в системах электропитания. Способы его контроля и обеспечения/ Под ред. М.А. Калугиной. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 120 с., ил.

УДК 621.311

*Ползиков М.Н., Богачев М.С.*

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

## **ПРИНЦИП СИММЕТРИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ВО ВНУТРИЗАВОДСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ**

Целью симметрирования напряжения является уменьшение напряжений и токов обратной и нулевой последовательностей. Во внутризаводских электросетях особенно актуально снижение электрических параметров обратной последовательности, чем нулевой, как более влиятельной на работу трехфазных электродвигателей переменного тока, включенных на несимметричные линейные напряжения.

Снижение токов обратной и нулевой последовательностей для достижения нормируемого коэффициента несимметрии 2% требует применения симметрирующих устройств, которые выполняются индуктивностью и емкостью, так как включение активных сопротивлений для симметрирования приводит к потреблению дополнительной активной мощности. Многофункциональные фильтросимметрирующие устройства (ФСУ) дополнительно используются для компенсации реактивной мощности.

На рис.1 приведена схема многофункционального ФСУ, построенного на основе статических линейных реакторов и регулируемых батарей конденсаторов [1]. К их достоинствам следует отнести быстрое действие, защищенность от высших гармоник, отсутствие вращающихся частей.

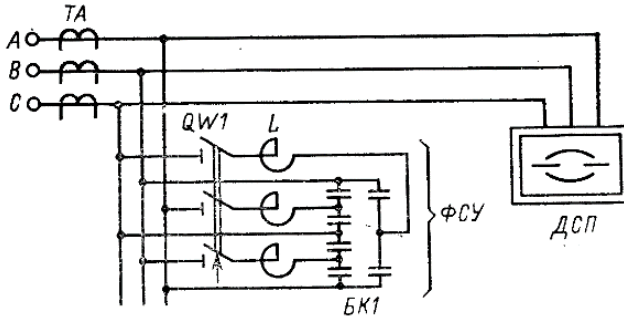


Рисунок 1 – Пример многофункционального фильтросимметрирующего устройства

*Литература*

1. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 336 с.: ил

УДК 621.311

*Ползиков М.Н., Епишин Р.В.*

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

**КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ  
В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ СО НЕРАВНОМЕРНЫМИ НАГРУЗКАМИ**

К неравномерным нагрузкам относятся нелинейные, несимметричные и резкопеременные нагрузки (вентильные преобразователи, ДСП, сварка) с низким  $\cos\phi$ .

Резкопеременный характер потребления реактивной мощности вызывает колебания напряжения в питающей сети как на шинах 6-10 кВ, так и на шинах 110-220 кВ. В сети 6-10 кВ колебания напряжения и коэффициент несинусоидальности могут достигать более 20 %, а в сети 110-220 кВ - могут превышать 3% [1].

Несимметрия напряжения в значительной степени выражена в сетях подключения дуговых сталеплавильных печей.

В сетях с указанными потребителями подходы к компенсации реактивной мощности отличаются от сетей с равномерной нагрузкой:

1. Высокоскоростные изменения потребления реактивной мощности требует внедрения КУ с быстродействующей системой управления, учитывающей скорость увеличения и снижения потребляемой реактивной мощности. Быстродействие может составлять ориентировочно 1000-2000 Мвар/с.

2. Учет несимметричной нагрузки требует пофазное управление КУ.

3. В сети с резкопеременной нагрузкой необходимо ограничение применения статических КБ для компенсации постоянной составляющей.

Проектирование средств компенсации реактивной мощности в сетях с резкопеременными нагрузками расчет должен осуществляться на основании графиков потребляемой активной и реактивной мощности. При отсутствии таковых на стадии проектирования возможно использование графиков действующих предприятий с аналогичным технологическим процессом.

### *Литература*

2. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 336 с.: ил

УДК 621.311

*Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Макаров М.С.*

(Новомосковский институт РХТУ имени Д.И. Менделеева)

## **ЧАСТОТНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ЦИФРОВЫМ РЕГУЛЯТОРОМ СКОРОСТИ**

В данной работе проведен синтез цифрового регулятора демпфирования колебаний, возникающих при подъеме груза соединенного тросом с ротором асинхронного частотноуправляемого двигателя. Демпфирование скорости перемещаемого груза достигается изменением скорости ротора двигателя по алгоритму, заданному разработанным цифровым регулятором. Преобразователь частоты формирует на выходе частоту  $\omega_0$  напряжения, подаваемого на двигатель; уравнение в операторной форме имеет вид:

$$\omega_0(s) = u(s) \cdot K_{\Pi} / (T_1 s + 1), \quad (1)$$

где  $K_{\Pi}$ ,  $T_1$  – соответственно коэффициент усиления и постоянная времени преобразователя,  $u(s)$  – напряжение управления преобразователем частоты.

Асинхронный двигатель создает вращающий момент ротора:

$$M(s) = [\omega_0(s) - \omega_1(s)] \cdot \beta / (T_2 s + 1), \quad (2)$$

где  $\beta$  – динамическая жесткость механической характеристики двигателя,  $T_2$  – электромеханическая постоянная двигателя,  $\omega_1(s)$  – операторное значение скорости ротора, определяемое соотношением:

$$\omega_1(s) = [M(s) - M_y(s)] / J_1 s, \quad (3)$$

где  $J_1$  – момент инерции ротора двигателя,  $M_y(s)$  – операторный момент упругости, возникающий на тросе и равный:

$$M_y(s) = [\omega_1(s)/\alpha - \omega_2(s)] \cdot (c/s + b), \quad (4)$$

где  $\omega_2(s)$  – скорость перемещения груза, приведенная к скорости ротора, она равна:

$$\omega_2(s) = M_y(s)/J_2s, \quad (5)$$

где  $J_2$  – приведенный момент инерции груза.

Получены передаточные функции для скорости ротора  $\omega_1(s)$  по напряжению управления преобразователем  $u(s)$ :

$$W_1(s) = (2,0696s^2 + 0,20877s + 40,316) / (s^3 + 0,336s^2 + 24,376s + 6,8208).$$

Для скорости груза  $\omega_2(s)$  получена передаточная функция по напряжению управления преобразователем  $u(s)$ :

$$W_2(s) = (3,728s^2 + 0,67312s + 40,316) / (s^3 + 0,336s^2 + 24,376s + 6,8208).$$

Используя Z-преобразование получим дискретные передаточные функции скорости ротора  $H_1(z)$ , скорости груза  $H_2(z)$  и изменения деформации троса  $Q(z)$ :

$$H_1(z) = (0,20291z^2 - 0,36492z + 0,20091) / N(z), \quad (6)$$

$$H_2(z) = (0,3617z^2 - 0,6781z + 0,35531) / N(z), \quad (7)$$

$$Q(z) = (0,001z^3 + 0,006857z^2 + 0,007463z - 0,01532) / N(z), \quad (8)$$

$$\text{где } N(z) = z^3 - 2,7287z^2 + 2,7019z - 0,96695. \quad (9)$$

Структурная схема цифровой системы автоматического управления включает последовательно соединенные квантователь, цифровой регулятор, экстраполятор и передаточную функцию объекта. Передаточная функция регулятора получена при задании на выходе скорости  $\omega_2(z)$  в виде неколебательной аperiodической функции:

$$\omega_2(t) = 5,91(1 - e^{-0,28t}), \quad (10)$$

а на входе – единичной ступенчатой функции.

При этом передаточная функция регулятора получена в виде:

$$R(z) = (0,4512z^3 - 1,23105z^2 + 1,2191z - 0,43629) / (z^3 - 3,0105z^2 + 3,1114z - 1,1154). \quad (11)$$

Шаг дискретизации переменных координат системы принят равным  $h=0,1$  с.

На графике рис.1 показано, что отставание по фазе переменных  $\omega_1$  и  $\omega_2$  от управления  $u$  не превышает  $35^\circ$ , что соответствует устойчивости системы с разработанным регулятором [1].

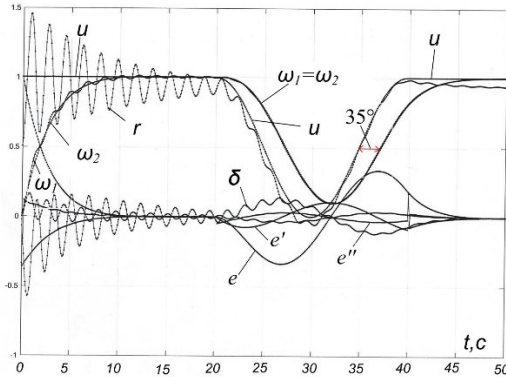


Рисунок 1 - Переходные процессы координат привода с цифровым регулятором.

Вывод: применение в системе управления разработанного цифрового регулятора полностью демпфирует колебания скорости перемещения груза.

### *Литература*

1. Чикуров Н.Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФА – М, 2013. – 398 с.

УДК 621.311

*Стебунова Е.Д., Брик В.А., Чиркова Т.Ю.*

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

### **КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 6-220кВ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

В настоящее время широкое применение находят кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (КСПЭ) на напряжение от 6 до 500кВ. КСПЭ могут эксплуатироваться при различных климатических условиях и условиях прокладки на трассах без ограничения разности уровней. Температура окружающей среды может колебаться от минус 40-50° до плюс 50°С и влажности воздуха до 98%.

Конструктивно кабели на напряжение ниже 1000В и 6-10кВ выпускаются в одно и трехфазном исполнении, а на напряжение 110кВ и выше в однофазном исполнении.

Однофазные КСПЭ состоят из следующих слоев: токопроводящей жилы (медной или алюминиевой), полупроводящего диэлектрика, изоляции из СПЭ, экран из медных проволочек, оболочка из СПЭ.

Кабели на напряжение 110-220кВ прокладываются в траншеях глубиной 1,5м, должны быть защищены от механических повреждений железобетонными плитами. Охранная зона кабелей 1м по обе стороны от крайних кабелей.

Выбор и проверка сечения токоведущих жил кабелей с изоляцией из СПЭ в основном аналогична выбору кабелей с другой изоляцией, т.е. по напряжению, токам нормального и форсированных режимов, экономической плотности тока, термической стойкости и потере напряжения. Так как КСПЭ конструктивно однофазные, то допустимые токи зависят не только от материала жил (алюминиевые или медные) способа прокладки (в земле или воздухе), но и от расположения фаз по горизонтали или треугольником.

В настоящее время значительная часть сетей напряжением 110-220кВ выполнена воздушными линиями. Замена их на КСПЭ рациональна не только с технической, но экологической точки зрения.

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.

Для этого необходимо чтобы выполнялось условие:

$$I_{\text{по, доп. экр}} \geq I_{\text{по}}^{(2)}$$

где  $I_{\text{по, доп. экр}}$  - допустимый ток к.з. для экрана;

$$I_{\text{поКЗ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{поКЗ}}^{(3)}$$

$I_{\text{по}}^{(2)}$  - действительное значение двухфазного тока к.з.

В [1] приведены значения допустимого тока короткого замыкания для медного экрана.

### *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

Суханов В.А., Лагуткин О.Е.  
 (Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)  
**САМООРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЦЕНОЗОВ**

Объединяющим для ценозов любой природы является свойство самоорганизации, заключающееся в том, что устойчивость определяется соотношением крупных и мелких особей-элементов. Для стабильно существующего во времени ценоза характерно соотношение: 5-10% крупных и 40-60% мелких особей-элементов, и он не может существовать во времени долго, если состоит только из одинаковых или только из разных особей-элементов. Изменчивость во времени рангового коэффициента и характеризует стремление ценоза придти к некоторому равновесному состоянию. Назовем этот процесс самоорганизацией первого рода. Предлагается критериальное распределение, соответствующее ограничениям – 5-7 % крупных особей-элементов потребляют 40-60% от общего ресурса, а 40-60% мелких особей-элементов – 5-7% ресурса. Пусть общий объем ресурса равен единице. Варьируя значение первой точки  $W_1$  в относительных единицах в диапазоне ( $0 < W_1 < 1$ ), можно получить семейство ранговых распределений для любого количества особей-элементов, содержащихся в ценозе  $U$ . Ограничению по соотношению крупного и мелкого соответствуют лишь ранговые распределения, соответствующие значениям:

$$\beta_{\min} = \frac{1,83}{U^{0,097}}; \beta_{\max} = \frac{2,34}{U^{0,14}}$$

$$W_{1\min} = \frac{1,13}{U^{0,32}}; W_{1\max} = \frac{1,60}{U^{0,37}}$$

Если ценоз состоит из ценозов более низкой ступени иерархии, то наблюдается самоорганизация второго рода. При исследовании временных рядов вторичных ранговых коэффициентов [1,2]

$$\beta_i = \frac{\beta_1}{r^{\beta'}}$$

было установлено, что  $\beta'$  стремятся к константе. Это явление обнаружено при исследовании вторичного распределения электропотребления административно-хозяйственных единиц и вторичного распределения электропотребления санэпидемстанций России с декомпозицией по областям. Причем стремление к константе характерно как для временных рядов с периодом осреднения год, так и месяц. Вторичный ранговый коэффициент может рассматриваться как критерий устойчивости ценологической системы.

### *Литература*

1. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1994. – 122 с.
2. Кудрин Б.И., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологический ранговый анализ в электрике. Вып. 40 "Ценологические исследования". – М.: Технетика, 2008. – 116 с.

УДК 621.3.072.6

*Суханов В.А., Лагуткин О.Е.*

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

### **ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ТЕХНОЦЕНОЗОВ**

Использование нами рангового распределения для описания структуры ценозов также предполагает нахождение некоторых констант, характерных для рассматриваемых ценозов, пределов изменения параметров рангового распределения и, в идеале, получение выражений канонических ранговых распределений, вероятно разных для ценозов разной степени крупности и сложности.

Константа рангового распределения нами получена также эмпирически при исследовании макроценозов. Используя математический аппарат рангового анализа к исследованию динамики структуры областной отчетности выявлена устойчивость ранговых распределений во времени, выраженная в практической неизменности ранга статьи отчетности.

Коэффициент  $\beta$  имеет индивидуальное значение для каждой области. Совокупность всех  $\beta$  характеризуется большим разнообразием: максимальное значение  $\beta=3,38-3,59$  в разные годы, а минимальное  $1,28-1,33$ . Это соотношение устойчиво наблюдается даже при неполноте отчетной информации. Устойчивость проявляется в средней разности между соседними значениями ( $\beta_{\text{ср}}=2,04-2,15$ ) и в соотношении максимального и минимального рангового коэффициента по годам  $\beta_{\text{мин}}=(0,37-0,39) \beta_{\text{макс}}$ .

Причины этой устойчивости видимо объясняются некоторым всеобщим законом организации сложных систем, пока нами не сформулированным. Выявить константу, характеризующий выделенный ценоз можно «свернув» наблюдаемое разнообразие и представить его числом.

### *Литература*

1. Кудрин Б.И., Жилин Б.В., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологическое определение параметров электропотребления многономенклатурных производств. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1994. – 122 с.
2. Кудрин Б.И., Лагуткин О.Е., Ошурков М.Г. Ценологический



ранговый анализ в электрике. Вып. 40 "Ценологические исследования". – М.: Технетика, 2008. – 116 с.

УДК 621.311

*Чиркова Т.Ю., Веневцев В.А., Стебунова Е.Д.*

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

## **ВЫБОР КРИТЕРИЕВ РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

В настоящее время существует противоречие между выбором мощности компенсирующих устройств (КУ) в целом для потребителя и требованиями ПУЭ по размещению КУ в сети предприятия. Питающая энергосистема, индивидуально для каждого предприятия на основе оптимизационных расчетов по критерию минимизации потерь активной мощности в сетях энергосистемы задает  $tg \varphi_{ЭК}$ . Что ведет к необходимости устанавливать в сети предприятия КУ мощностью:

$$Q_{КУ} = Q_M - Q_{ЭК} = Q_M - P_M \cdot tg \varphi_{ЭК} \quad (1)$$

где  $P_M, Q_M$  – максимальные активная и реактивная мощности в часы прохождения максимума энергосистемы, кВт, квар,  $Q_{ЭК}$  – экономически обоснованная (желаемая) РМ, потребляемая в часы максимальной нагрузки, квар.

В рамках ПУЭ КУ в первую очередь рассматриваются, как технические средства позволяющие обеспечивать существование нормального режима, при котором обеспечивается необходимая пропускная способность сети в нормальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости. И хотя ПУЭ требует, чтобы при проектировании решался, в том числе, и вопрос снижения потерь ЭЭ, сложилась ситуация, когда при выборе КУ не уделяется должного внимания именно повышению экономичности режимов. В частности, учитывая требования ПУЭ, нет необходимости в индивидуальной компенсации (до 1 кВ), которая в результате применяется достаточно редко. В то время как именно такая установка КУ приводит к наиболее заметному экономическому эффекту.

Выполнение требований ПУЭ возможно при различных вариантах выбора мощности КУ в СЭС. В результате мощности КУ выбираются по известным «инженерным» методикам (выработка РМ на СД максимально возможной по условиям загрузки, выбор КУ на цеховых ТП по условию поддержания заданного  $tg \varphi_{ЭК}$ , и т.д.) не обеспечивающих максимального экономического эффекта.

В тоже время расчеты показывают, что использование оптимизационных подходов по критерию минимизации потерь ЭЭ, приведенных затрат, позволяют улучшить эффект применения КУ на 10-15%.

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

УДК 681.5.015.3

*Иванников Д.С., Бурдыкин Н.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.*

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

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АППРОКСИМАЦИИ  
КРИВЫХ РАЗГОНА ОБЪЕКТОВ С САМОВЫРАВНИВАНИЕМ**

Кривая разгона (КР) объекта регулирования (ОР) – это график реакции ОР на входное ступенчатое воздействие. Получение КР на реальном объекте предполагает одномоментное изменение степени открытости регулирующего органа и регистрацию изменений значения выходной величины объекта через определенные моменты времени.

Для объектов с самовыравниванием аппроксимация КР может быть выполнена разными методами; каждый из них позволяет получить разную степень точности аппроксимации.

1. Графический метод аппроксимации является наиболее простым, применяется для определения приблизительных значений постоянной времени  $T$  и времени запаздывания  $\tau$ . Суть методики заключается в построении касательной к КР в точке, соответствующей максимальной скорости изменения выходной величины (точка перегиба). Недостаток метода – сложность определения этой точки и невысокая точность аппроксимации.

2. Графоаналитические методы. Одним из распространенных методов этой группы является метод Ормана. Согласно этому методу необходимо найти на оси ординат 2 точки, соответствующие 33% и 70% от изменения значения выходной величины ОР от начального до установившегося значения. Далее строят перпендикуляры на ось абсцисс и, используя полученные значения, определяют  $T$  и  $\tau$  по формулам.

Другой метод этой группы – определение параметров ОР путем решения системы из трех уравнений. Каждое уравнение представляет собой временную функцию  $h(t)$  и содержит 3 неизвестные ( $K$ ,  $T$  и  $\tau$ ). Набор значений  $t$  и  $h(t)$  определяют по графику КР. Метод способен обеспечить высокую точность аппроксимации; тем не менее, не существует экспериментально подтвержденных рекомендаций по выбору значений  $t$  и  $h(t)$ .

Целью исследования является определение метода аппроксимации, обеспечивающего минимальную погрешность.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АППРОКСИМАЦИИ КРИВЫХ РАЗГОНА ОБЪЕКТОВ БЕЗ САМОВЫРАВНИВАНИЯ**

Самовыравнивание – это способность объекта регулирования (ОР) после подачи внешнего воздействия переходить в новое установившееся состояние без участия регулятора. В химической технологии большая часть ОР обладает этим свойством; однако, существует класс ОР, неспособных вернуться в установившийся режим. Такие ОР называют астатическими. Подобная ситуация встречается, например, в задачах синтеза систем регулирования уровня в емкостях.

Задача идентификации ОР, решаемая путем аппроксимации КР, возникает при синтезе систем автоматического регулирования, поскольку для корректной настройки регулятора используются динамические характеристики ОР: условный коэффициент передачи  $K$  и время запаздывания  $\tau$ .

Известно несколько методов аппроксимации КР астатических ОР. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

1. Графический метод аппроксимации является наиболее простым, применяется для определения приблизительных значений  $K$  и  $\tau$ . Согласно методике, необходимо провести прямую, касательную к точке перегиба КР (точка, после которой КР не меняет свой угол наклона). Таким образом, возможно найти время запаздывания, а также угол наклона кривой, зная который, нетрудно рассчитать условный коэффициент усиления.

2. Графоаналитический метод предполагает определение параметров ОР путем решения системы из двух уравнений. Каждое уравнение представляет собой временную функцию  $h(t)$  и содержит 2 неизвестные ( $T$  и  $\tau$ ). Набор значений  $t$  и  $h(t)$  определяют по графику КР.

Другая разновидность этого метода позволяет рассчитать  $K$  и  $\tau$  напрямую по эмпирическим формулам, зная 2 набора значений  $t$  и  $h(t)$ .

3. Поисковые методы. Методы данной группы предполагают использование алгоритмов минимизации функции цели: генетический алгоритм, алгоритм отжига и другие. Применение поисковых методов возможно благодаря наличию соответствующего функционала у систем имитационного моделирования: блок «Оптимизатор» в Simintech и приложение Optimtool в MATLAB.

Целью исследования является определение метода аппроксимации, обеспечивающего минимальную погрешность.

*Симонов Р. Д., Сидельников С.И.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЕМ МЕТИЛИРОВАНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА АНАЛЬГИНА**

Многие процессы химической технологии периодического действия имеют достаточно сложное аппаратное оформление. Это проявляется в множестве аппаратов периодического и полунепрерывного действия, а также в множестве вариантов коммутации аппаратов. К таким производствам можно отнести отделение метилирования производства анальгина, которое включает 16 аппаратов. Аппараты соединены при помощи 9 коллекторов и вступают между собой в 14 различных взаимодействий, из которых 13 бинарных и одно тернарное. Бинарное взаимодействие определяют, когда во взаимодействии участвуют аппараты двух стадий, если трех стадий, то такое взаимодействие определяют как тернарное.

Процесс синтеза системы логического управления такими системами достаточно сложный и трудоёмкий. Автором [1] предлагается метод, согласно которому необходимо декомпозировать аппаратное оформление на попарно- (тернарно-) взаимодействующие аппаратные стадии, для которых уже построены типовые адекватные модели в виде сети Петри. Также определена формальная процедура стыковки таких моделей для получения обобщенной модели логического управления. При нагрузке полученной модели состоянием дискретных датчиков и управляющих воздействий получаем алгоритм логического управления для управляющего автомата.

В докладе рассматривается полная процедура синтеза алгоритма логического управления для отделения метилирования производства анальгина. Полученная модель является двухуровневой, на нижнем уровне строится модель смены состояния отдельных аппаратов на основе регламента производства и носит сугубо индивидуальный характер, который нельзя автоматизировать, а на верхнем уровне строится в автоматизированном режиме модель взаимодействия аппаратных стадий и их стыковки. Сложность заключалась в синтезе модели смены состояний, так как смена одних элементарных технологических операций другими не является однозначной и зависит от альтернативных результатов предшествующих операций. Это в свою очередь может вносить ряд изменений и типовые модели взаимодействий аппаратных стадий. Полученный алгоритм был синтезирован и отлажен в режиме имитационного моделирования в пакете программ «Автоматизированное построение»

ние и имитационное моделирование систем логического управления», разработанного на кафедре АПП НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева. Результаты моделирования показали адекватность полученного алгоритма. Для технической реализации полученной системы логического управления авторами определена методика перехода от сетевой модели к программе на основе FBD (функциональных блоковых диаграмм) SCADA – систем.

### *Литература*

1. Сидельников С.И. Модели и алгоритмы логического управления химико-технологическими системами. Монография / ГОУ ВПО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» Новомосковский институт (филиал) Новомосковск, 2011. 92 с.

УДК 681.384

*Гавриленко А.И., Глухов Д.К., Бровкин И.А., Предместьин В.Р.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КАТАЛИЗАТОРА**

В настоящее время развитие химической технологии требует повышение производительности оборудования путем проведения процессов в режимах близких к критическим для повышения производительности оборудования.

Каталитические тепловые процессы являются сильно чувствительными к режимам работы и ошибки при проведении таких процессов зачастую приводят к аварийным ситуациям.

Существующие на данный момент методы не позволяют проводить оперативный контроль распределения температуры по высоте катализатора. Существующие математические модели так же не позволяют достоверно определить тепловое распределение по высоте катализатора поскольку они строятся с рядом допущений и не учитывают возможные изменения локальных параметров в процессе производства.

Разрабатываемый метод предполагает создание системы с контролем температуры катализатора во время производственного процесса в разных точках, разнесенных по высоте катализатора и получения распределения температур методом стохастической интерполяции. После получения температур можно с достаточно большой точностью определить горячую точку на графике теплового распределения температур по высоте катализатора.

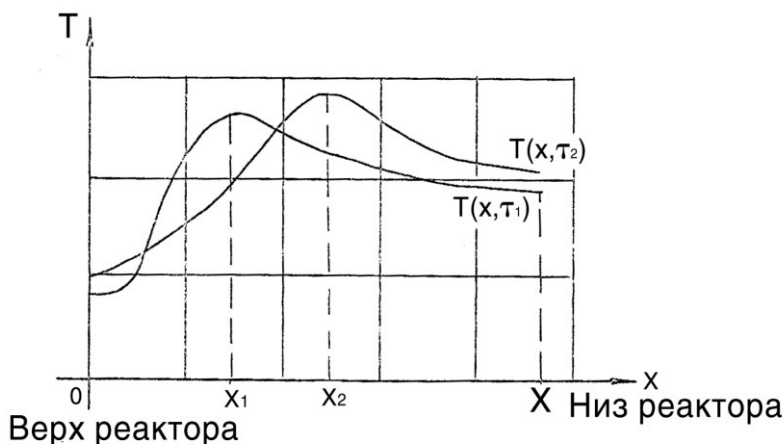


Рисунок 1 – График теплового распределения по высоте катализатора

На графике теплового распределения по высоте катализатора горячая точка принимает вид явно выраженного экстремума исходя из чего можно так же определить высоту наиболее интенсивного протекания каталитического процесса. Данный метод позволяет повысить эффективность проведения тепловых каталитических процессов в условиях непрерывных производств.

УДК 681.384

*Гавриленко А.И., Излев А.Е., Колупаев Н.В., Предместын В.Р.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА КАТАЛИЗАТОРА**

В данный момент технологический уровень не позволяет внедрять новые принципиально новые методы производства и для повышения эффективности производственных процессов на предприятиях стремятся к проведению таких процессов при режимах близких к критическим.

Каталитические тепловые процессы проводимые при экстремально высоких температурах в химической промышленности требуют особого внимания к процессу управления ими.

В результате протекания таких процессов активный слой катализатора со временем изнашивается что приводит к смещению точки интенсивного протекания процесса которой характерна самая высокая температура по всей высоте катализатора.

Современные методы контроля активности катализатора не позволяют отслеживать перемещение этой точки по высоте катализатора оперативно, как и методы математического, поскольку при их расчете принимается ряд допущений и не берутся в расчет изменения локальных параметров моделируемого объекта.

Для контроля температуры горячей точки катализатора по всей высоте разработан метод оперативного контроля горячей точки катализатора. Метод заключается в контроле точек, разнесенных по высоте катализатора и получении на основании измерений теплового распределения по высоте методом стохастической интерполяции.

В процессе протекания каталитической реакции с выделением тепла происходит постепенное истощение активного слоя катализатора. По перемещению горячей точки по высоте катализатора косвенно можно сделать вывод о выработке активного слоя катализатора в процессе производства.

Для определения текущей степени износа катализатора применяется следующая формула:

$$K_U(x_{max}) = \frac{x_{max}}{x},$$

где  $x_{max}$  - координата "горячей точки", а  $x$  – высота катализатора.

Возможность определить степень износа катализатора позволяет повысить точность планирования ремонтных работ и увеличивать межремонтные периоды оборудования в зависимости от степени фактического износа оборудования или катализатора.

УДК 543.42

*Беляев Ю.И., Саксонов М.И.*

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

## **ПЛАМЕННОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВ**

Пламенноколориметрический экспресс-метод определения массового состава веществ заключается в том, чтобы получить спектр анализируемого вещества, которое переводят в атомарный пар в пламени, после чего при помощи специально созданного для этого программного обеспечения выполняется анализ спектров излучения.

Этот метод анализирует спектр горения веществ в пламени и основан на использовании детектора, который настроен на такие параметры чувствительности, которые позволяют в полной мере определять спектр излучения пламени сгораемого вещества и обрабатывать полученные значения спектра по следующей формулам:

$$R/(R + G + B) \quad (1)$$

$$B/(R + G + B) \quad (2)$$

где формула (1), это концентрация красного спектра, а по формуле (2) концентрация синего спектра, в одном участке пламени

Полученные концентрации красного и синего спектров, в различных участках пламени, откладываются на графике, где ось ординат – это концентрация красного спектра относительно остальных спектров, а ось абсцисс – это концентрация синего спектра относительно других спектров. По этому графику можно понять состав сгораемого вещества и его концентрацию, приведённому на рисунке 1. При этом каждая точка графика должна содержать информацию о количестве точек, которые совпали в определённом участке спектра пламени согласно формулам (1) и (2).

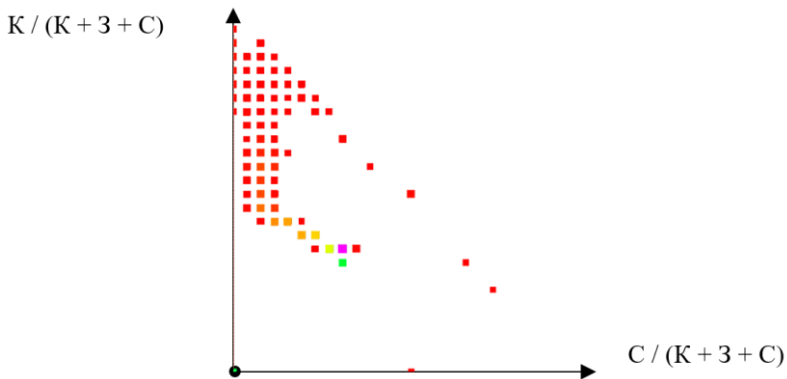


Рисунок 1 – График распределения концентрации красного и синего спектров

В результате мы получили метод, позволяющий определять состав и концентрацию вещества без использования дорогого оборудования.

УДК 62-293

*Климаченков Ф.А.*

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

### **РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ВЛАГОУДАЛЕНИЯ ПРИ 3D ПЕЧАТИ**

3D печать и связанные с ней отрасли – очень перспективное, а самое главное очень развивающееся направление для самых разнообразных сфер. Одной из распространенных проблем при классической FDM пе-



чати – чрезмерная влажность печатаемым филаментом. Из-за нее при сильном нагревании (до 300 градусов) филамента внутри сопла образуются воздушные пузырьки, которые, из-за маленького диаметра выходного отверстия самого сопла, приводят к ряду проблем, по серьезности расположенных в следующем порядке:

1) “паутина” (очень тонкие нити пластика) на поверхности и между стенками модели. Убираются легко механически или термически, однако приходится тратить время на удаление.

2) Увеличение шумности принтера вследствие приобретения постороннего звука, потрескивания пластика в фидере (подающей части) и дополнительной нагрузки на шаговом моторе из-за усиленного реактивного сопротивления в сопле. В специально отведенных студиях не проблема, но из-за массовости принтеров и размещения их в жилых квартирах – вызывает дискомфорт.

3) Из-за дополнительной нагрузки на мотор фидера возможны пропуски и прощелкивания на больших, а иногда и средних скоростях, необходимо заметно уменьшение скорости печати, как следствие – увеличение времени работы.

4) Образование пористости и микронаплывов вследствие неравномерной экструзии (т.к. вместе с пластиком выходит пар) на всей модели, вследствие чего портится визуальный вид, точность, и прочностные характеристики.

5) Чрезмерно отсыревшее сырье приводит к образованию плотной “пробки”, из-за чего невозможна корректная подача филамента без разборки или прочистки.

Неочевидная проблема может доставить множество проблем. При покупке катушки пластика почти всегда в комплекте есть емкость с влагоудалителем в виде силикогеля и герметичная пленка на самой упаковке, однако: не всегда производитель изначально хорошо просушивает свое сырье, из-за чего такие меры не эффективны; пластик может набирать влагу в процессе хранения в помещении. Именно поэтому существуют методы по просушке расходного материала: просушка в духовках или специальных камерах, предназначенных специально для катушек. И все они справляются почти одинаково хорошо с задачей, у всех них один принцип, и одна проблема – они сушат сразу всю длину.

Температура стеклования (размягчения) пластика почти всегда не особо высокая, из за чего очень сильно прогреть саму катушку мы не сможем, иначе филамент потеряет пригодную для работу форму и диаметр. Как следствие – долгое время сушки катушек (от 2 до 8 часов). Иногда ведется печать во время самой сушки, однако в течение нескольких первых часов пластик все равно будет влажным.

Проблема особо остро стоит для промышленной печати, где придется покупать большое и дорогое оборудование для сушки сразу под много работающих станков. Именно поэтому и возникла идея: "зачем нам сушить все и сразу, когда можно прогреть только участками?"

Идея в том, чтобы разработать модульный блок, крепящийся на балке станка, в котором будет вся необходимая электроника. От самого модуля будет исходить проводник в виде плетеной трубки из нагревающегося материала при подаче напряжения (никель-нихром, углеволокна и т.п.). Через эту плетенку будет проходить нить пластика, и ею же прогреваться. Метод плетения материала выбран благодаря тому, что в нем будут зазоры для беспрепятственного выхода влаги наружу. Благодаря этому мы даже малыми температурами сможем прогреть тонкую нить пластика (стандарт 1.75мм) в режиме реального времени.

В одной или нескольких точках будут расположены термисторы, отслеживающие точную температуру трубки, а она сама будет нагреваться от простейшего ПИД-регулятора. При необходимости трубка будет изолироваться перфорированным изолятором/кожухом для избегания замыкания об раму принтера. Благодаря простоте схемы ее работу можно осуществить отдельно от работы принтера, упрощая внедрение (не надо менять прошивку, чтобы работало все согласовано).

В дальнейшем планируется экспериментально-эмпирический оптимальный поиск температур и длины плетенки, в которой сможет высушиться даже самый гигроскопичный и отсыревшее сырье. При необходимости расстояние от модуля до фидера будет искусственно увеличено, чтобы увеличить длину нагреваемой плетенки.

Когда получится осуществить первый шаг, будет вестись работа по добавлению в модуль блок функций по автоматической калибровке и работе принтера: датчик окончания филамента (если он закончится, станок принудительно остановится (решение существует и активно применяется), и энкодер, вращающийся при движении самой нити пластика во время подачи в сопло для сравнения, на сколько должно было продвинуться филамента через сопло, и сколько выдвинулось на самом деле (решение не замечалось).

Станок в автоматическом режиме определит корректность количества шагов для перемещения единицы длины на фидере, отследит пропуски/щелчки при подаче последнего. Это поможет большому и активно растущему сообществу 3D печатников сделать процесс немного проще, а простота использования сделает данную сферу немного более массовой среди обычных людей.

УДК 681.513.673

*Орлов Н.А., Егоренков М.С., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.*

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

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ СМЕСИ В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ СИНТЕЗА ПОЛИМЕРОВ**

В связи с повсеместным применением получаемых на основе полимеров материалов в самых разных отраслях промышленности, актуальными являются вопросы интенсификации производства полимеров.

Одним из распространенных методов синтеза полимеров является полунепрерывный процесс радикальной полимеризации в суспензии. Подобные производства широко распространены в Тульской области (АО «Пластик», «Полипласт» и др.).

Процессы такого типа не могут считаться полностью детерминированными поскольку они подвержены большому числу возмущений, основным из которых является гель-эффект, который проявляется при разной степени конверсии мономера. В результате, задача синтеза системы управления, обеспечивающей заданное качество регулирования, позволяющей увеличить количество получаемого продукта, снизить энергозатраты на управление, является одной из приоритетных для промышленного кластера области и страны.

Объектом управления в этих процессах является реактор, оборудованный мешалкой и рубашкой, необходимой для отвода тепла в экзотермической реакции.

Существует ряд патентов на системы управления реактором такого типа; большинство из них предлагают рассматривать 2-хконтурную структуру – контур управления скоростью вращения мешалкой и подачей хладагента в рубашку.

Рассмотрим подробнее эти системы управления и выполним их сравнительный анализ методом имитационного моделирования, применяя в качестве объекта управления математическую модель реактора. Целью работы является определение целесообразности использования двух взаимосвязанных контуров управления.

Рассматриваются следующие подходы к управлению реактором:

1) с помощью изменения подачи хладагента в рубашку реактора и изменения скорости вращения мешалки. Способ заключается в том, что при изменении выходного сигнала регулятора мешалки вырабатывается упреждающее воздействие в контур стабилизации температуры реакционной массы, а при изменении температуры реакционной массы выра-

бывається упреждающее воздействие в контур управления скоростью вращения.

2) с помощью изменения расхода хладагента, подаваемого в рубашку реактора, отличающийся тем, что отслеживается изменение выходного сигнала регулятора мешалки и на его основании вырабатывается упреждающее воздействие в контур стабилизации температуры реакционной массы.

3) с помощью изменения расхода хладагента, подаваемого в рубашку реактора и изменения скорости вращения мешалки, отличающийся тем, что использует быстродействующий и инерционный контуры регулирования с одной регулируемой координатой (температурой), и при изменении выходного сигнала регулятора мешалки быстродействующего контура регулирования вырабатывается упреждающее воздействие инерционный контур стабилизации температуры реакционной массы в реакторе.

УДК 004.031

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

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

## **ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ МОДЕЛИРОВАНИЯ В DSSD – ДИАГРАММЫ ВАРНЬЕ-ОРПА**

Методология DSSD (Data-Structured Systems Development) Варнье-Орпа, разработанная Жаном-Домиником Варнье и Кеннетом Орром, представляет собой структурированный подход к проектированию информационных систем. Этот подход направлен на создание информационных систем с четкой структурой данных и хорошо продуманными процессами обработки этих данных.

Эта методология получила широкое признание и использовалась в разработке информационных систем в течение последних нескольких десятилетий. Она помогает инженерам и аналитикам информационных систем лучше понимать структуру данных и процессов в системе, что способствует созданию более эффективных и надежных информационных систем.

При построении модели в методологии DSSD используются диаграммы сущностей и диаграммы Варнье-Орпа (Assembly-line diagrams). Диаграммы сущностей в диалекте DFD используются для выделения системного контекста. Они обеспечивают визуальное представление взаимосвязей между различными сущностями системы, позволяя легко определить область анализа. Эти диаграммы помогают идентифициро-

вать основные процессы, потоки данных и внешние сущности, вовлеченные в систему.

Основной инструмент моделирования в DSSD – диаграммы Варнье-Орра. Диаграмма демонстрирует высокую гибкость в представлении структур данных, форматов файлов и даже структуры программы. Она может использоваться для иллюстрации иерархии модулей, заменяя структуры данных на модули или файлы, а на более низких уровнях - на подпрограммы. Такая гибкость позволяет легко адаптировать диаграммы для различных уровней абстракции и детализации.

Методология DSSD в контексте Варнье-Орра предполагает подход к проектированию, основанный на следующих основных принципах:

- структурный анализ и проектирование: методология предлагает структурный подход для анализа и проектирования систем, включая использование диаграмм потоков данных (DFD) для визуализации потоков данных в системе;

- четкое определение данных: DSSD Варнье-Орра уделяет особое внимание определению и структурированию данных, так как основывает процессы и функции системы на этих данных;

- процедурное проектирование: методология предлагает процедурный подход к проектированию, сосредотачиваясь на определении процессов обработки данных;

- иерархическая декомпозиция: DSSD Варнье-Орра включает в себя иерархический подход к декомпозиции информационной системы, что позволяет разбить сложные системы на более простые подсистемы для удобства анализа и проектирования.

С позиций ориентированных на данные методологий вход и выход модели являются наиболее важными, структуры данных (а не потоки данных) определяются первыми, а процедурные компоненты строятся как производные от структур данных. Фактически процесс проектирования заключается в определении структур данных, слиянии их в некий прообраз иерархической структуры программы и наполнении этой структуры детальной логикой обработки данных.

Структура информационной системы с использованием DSSD строится не на входных данных, а на выходных данных. Таким образом, главная аксиома DSSD утверждает, что выходные структуры данных полно и точно определяют входные структуры, которые, в свою очередь, определяют и логику их обработки.

*Егоров В.А., Силин А.В., Силина И.В.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ИНТЕРАКТИВНАЯ СРЕДА «PASTEALA ENGINE» ДЛЯ  
РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР**

В современном мире программные комплексы, позволяющие создавать интерактивный контент, играют важную роль. Они позволяют создавать компьютерные игры, симуляторы, виртуальные туры и тренажёры для подготовки людей к различным ситуациям. Такие комплексные продукты принято называть игровым движком. Именно к такой категории продуктов относится интерактивная среда «Pasteala Engine», которая представляет собой ПО с готовым набором инструментов для создания игр различных популярных жанров.

Основная задача «Pasteala Engine» направлена на уменьшение порога вхождения новых разработчиков игр, а также ускорение процесса создания игр. Данный продукт может быть полезен не только в игровой индустрии, а также в различных отраслях начиная с обучения детей программированию и проектированию в школах и заканчивая созданием различных симуляторов и тренажёров для обучения и тренировки людей для подготовки их к различным ситуациям.

В этом игровом движке предусмотрены все необходимые элементы для простого создания игр таких жанров как: гонки, шутеры и RPG. Из этих элементов можно составлять комбинации других, что позволит разработчикам создавать более интересные и разнообразные игры и интерактивные проекты. Кроме того, функционал движка позволяет создавать игры различных других жанров благодаря базовым системам физики и взаимодействия с игровыми объектами.

Внедрение новых программных решений, таких как «Pasteala Engine», играет важную роль в инновационном развитии игровой индустрии и образовательной сферы. Появление таких проектов стимулирует рыночную конкуренцию и способствует расширению границ творчества и самореализации. Такие технологии способствуют не только развитию игровой индустрии, но и важны для образовательного процесса, так как позволяют молодежи развивать интеллектуальные способности и творческое мышление через интерактивное и увлекательное обучение. Более того, расширение доступа к разнообразному игровому контенту делает его более инклюзивным и доступным для всех слоев населения, включая людей с особыми потребностями, обеспечивая равные возможности для обучения и развития.

*Бежикин А.А., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕТОДОЛОГИИ SSADM**

Методология Structured Systems Analysis and Design Method (SSADM) представляет собой набор методов, ориентированных на проведение системного анализа и проектирование информационных систем. Эти методы предназначены для глубокого и последовательного изучения всех аспектов жизненного цикла информационной системы — от определения ее целей до ее внедрения и применения. Основой методологии SSADM являются фундаментальные постулаты и принципы структурированного системного анализа, а также проектирования, которые обеспечивают её эффективность и широкую применимость в проектах различной сложности. Данные принципы позволяют подойти к анализу, проектированию и разработке информационных систем, которые направлены на создание надёжных, масштабируемых и полезных продуктов. Обзор основных принципов даёт лучше понять механизмы работы SSADM и её преимущества перед другими методологиями.

Первым принципом является модульность. Она представляет собой принцип декомпозиции системы на отдельные компоненты или модули, каждый из которых выполняет определённую функцию и может разрабатываться независимо от остальных. Данный подход позволяет упростить процесс разработки и тестирования, а также обеспечивает лучшую поддержку и масштабируемость системы в будущем. Модульность SSADM способствует более чёткому определению требований к каждому элементу системы и эффективному управлению проектом в целом.

Второй принцип SSADM – итерационность. Он предусматривает разработку системы путём последовательного выполнения циклов планирования, разработки, тестирования и оценки её функциональности и производительности. Данный принцип позволяет постепенно улучшать систему, адаптируя её к изменяющимся требованиям и включая обратную связь от пользователей на ранних этапах. В SSADM итерационность обеспечивает гибкость проекта и способствует более точному соответствию разработки системы исходным целям и задачам. Также основным принципом является формализация. Она включает в себя использование стандартизированных методов и инструментов для описания и анализа информационных систем. Формализация охватывает как процессы, так и данные, участвующие в функционировании системы. Формализация помогает обеспечить точность и однозначность в интерпретации требований, спецификаций и проектных решений, что крайне

важно для успешной реализации и последующей поддержки информационной системы.

Вышеобозначенные принципы в совокупности обеспечивают комплексный и структурированный подход к разработке информационных систем по методологии SSADM, позволяя создавать продукты, которые отвечают самым высоким требованиям к качеству, надёжности и функциональности.

УДК 004.031

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

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
«СИСТЕМНЫЙ АДМИНИСТРАТОР»**

С развитием информационных технологий и автоматизации процессов на сегодняшний день создание эффективных информационных систем становится одной из основных задач для улучшения работы организаций. Особенно это важно для государственных учреждений, где необходимость в точной и быстрой обработке данных и заявок является критически важной.

В дипломной работе рассмотрена разработка системы «Системный администратор», предназначенной для автоматизации работы отдела информационных технологий в государственном учреждении.

Разработка информационной системы является процессом, который включает в себя анализ требований, проектирование системы и разработку интерфейса пользователя и программной составляющей. Начальный этап проектирования заключается в определении ключевых функций системы, таких как автоматизация процесса обработки заявок системными администраторами и мониторинга состояния локальной сети. Одной из основных задач системы является упрощение процесса обработки заявок, позволяющее ускорить их рассмотрение и обработку. Разработка интерфейса пользователя фокусируется на создании удобной и понятной среды, которая позволит сотрудникам легко взаимодействовать с системой без специальных навыков и подготовки. Ключевым элементом системы является мониторинг состояния локальной сети, который позволяет оперативно реагировать на сбои и предотвращать возможные проблемы. Эта функциональность способствует обеспечению непрерывности работы всей ИТ-инфраструктуры учреждения.

Использование современных технологий в разработке информационных систем позволяет не только улучшить качество работы сотруд-



ников, но и ускоряет процессы обработки информации в государственных учреждениях. Автоматизированная система «Системный администратор» является инструментом, который упрощает решение задач в отделе информационных технологий, делая его работу более прозрачной и эффективной, а также предоставляя больше возможностей для мониторинга и оптимизации работы отдела.

УДК 004.031

*Кожин А.Р., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.*

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

## **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПО МЕТОДОЛОГИИ ДЖЕКSONА**

Методология структурного проектирования Джексона представляет собой важный этап в развитии системного подхода к проектированию информационных систем. Методология Джексона стала ключевым инструментом, обеспечивающим структурированный и логичный метод проектирования, что важно для обработки растущего объема данных и сложных бизнес-процессов.

Этот подход не только повышает эффективность процесса разработки информационных систем, но и является ключевым фактором в обеспечении их надежности и управляемости в условиях быстро меняющейся информационной среды. Рассмотрим конкретное применение методологии структурного проектирования Джексона на примере автоматизации системы управления типовой библиотекой. Этот процесс включает в себя несколько ключевых этапов, которые оказывают значительное воздействие на успешную реализацию данной методологии и оптимизацию функционирования библиотечных процессов.

Для достижения цели автоматизации любой системы управления по методологии Джексона предполагается пройти следующие этапы:

1. Этап данных в методологии Джексона охватывает не только идентификацию входных, но и внимательное создание иерархических структур данных. На этом шаге формируется четкая и логически упорядоченная структура. Этот детальный анализ данных обеспечивает не только полное понимание информационных потоков, но и ясное представление о том, как эти данные взаимодействуют в рамках системы.

2. Этап программы, структуры данных, выделенные на предыдущем этапе, объединяются в иерархическую структуру. Основным результатом этого шага является создание подсистемы управления, которая включает в себя не только базовые операции добавления, поиска и уда-

ления записей, но и обеспечивает эффективное взаимодействие с данными.

3. Этап операций направлен на выделение ключевых операций, необходимых для основных задач управления данными.. На данном шаге происходит четкое определение основной функциональности системы, что обеспечивает ее способность эффективно выполнять основные операции и обеспечивать требуемый уровень обслуживания.

4. Этап текста включает написание структурного текста, который представляет собой логику системы на языке программирования.

После успешного завершения всех шагов структурного проектирования Джексона формируется подробная схема автоматизации системы управления, которая становится наглядным и полным отражением принципов и методов, предусмотренных данной методологией.

УДК 004.032.26

*Кожин А.Р., Силин А.В., Силина И.В.*

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

## **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ»**

В современном мире увеличивается потребность в использовании цифровых технологий для улучшения качества жизни людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Эффективное мониторинговое приложение может значительно улучшить уровень самостоятельности и социальной интеграции этой категории граждан, предоставляя им инструменты для самоконтроля и управления своим здоровьем. Однако существующие решения часто ограничены в функциональности и не полностью удовлетворяют специфическим потребностям данной группы.

Основной актуальностью выпускной квалификационной работы (ВКР) является обеспечение доступа к современным технологиям мониторинга здоровья для людей с ОВЗ, улучшение их качества жизни и повышение уровня их независимости. В рамках ВКР была поставлена задача разработки мобильного приложения «Мониторинг здоровья людей с ОВЗ», которое бы объединило в себе функциональность мониторинга состояния здоровья, удобный пользовательский интерфейс, адаптированный для людей с различными видами ограничений, и интеграцию с современными медицинскими устройствами.

Для решения данной задачи был выполнен ряд этапов, включая проектирование архитектуры приложения, разработку базы данных для хранения медицинских данных, интеграцию с медицинскими устройствами для сбора данных в реальном времени, а также создание адаптивного интерфейса, удобного для использования людьми с различными типами ОВЗ.

В ходе ВКР было проведено тестирование различных инструментов и технологий, что позволило выбрать наиболее подходящие решения для каждой из задач. Разработанное приложение позволяет в режиме реального времени мониторить такие параметры, как частота сердечных сокращений, уровень сахара в крови и давление, а также имеет функционал для детального анализа состояния здоровья.

В итоге было успешно разработано приложение, которое отвечает всем современным требованиям для систем мониторинга здоровья и может быть рекомендовано для широкого использования среди целевой аудитории.

УДК 004.031

*Сидоров И.В., Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

### **СРАВНЕНИЕ НОТАЦИЙ ГЕЙНА-САРСОНА И ЙОРДАНА-ДЕ МАРКО**

Диаграммы потоков данных (DFD) остаются неотъемлемым инструментом визуализации бизнес-процессов. Рассмотрим две ключевые нотации: Гейна-Сарсона и Йордана-де Марко. Обе нотации предоставляют эффективные средства моделирования систем и их взаимодействий, однако они имеют свои особенности, вносящие существенный вклад в понимание и оптимизацию бизнес-процессов.

Гейн Сарсон внес существенные улучшения в DFD, представив новый элемент – «хранилище данных». Этот компонент играет важную роль, выделяя места, где хранится информация или материальные ресурсы в ходе бизнес-процесса. На DFD-схемах появились различные хранилища, такие как архивы для документов или базы данных, а также внешние сущности, представляющие субъекты, взаимодействующие с бизнес-процессом.

Нотация Йордана-де Марко сохраняет схожесть с Гейна-Сарсоном, за исключением формы объектов. Использование кругов вместо прямоугольников придает процессам более органичный вид.

Одной из значимых черт методологии Гейна-Сарсона является этап моделирования данных. Обе нотации фокусируют внимание на потоках

данных, стремясь преобразовать нечеткие представления о требованиях к системе в четкие определения.

DFD-модели успешно дополняют модель IDEF0, предоставляя ясное и наглядное представление текущих процессов в корпоративных информационных системах. Эти диаграммы становятся ключевым инструментом для бизнес-аналитиков и разработчиков, позволяя понимать и оптимизировать бизнес-процессы. В целом, DFD-моделирование продолжает оставаться важной частью инструментария для анализа и оптимизации бизнес-процессов. Нотации Гейна-Сарсона и Йордана-де Марко, каждая со своими уникальными особенностями, предоставляют разносторонний подход к визуализации и определению потоков данных в корпоративных сценариях. Их применение оказывается необходимым для успешного управления и развития организации.

При выборе между нотациями Гейна-Сарсона и Йордана де-Марко для проектирования автоматизированных систем, стоит учитывать особенности каждой нотации и их соответствие требованиям проекта. Нотация Гейна-Сарсона отличается простотой и легкостью восприятия. Она подходит для начальных этапов проектирования, где ключевыми задачами являются формирование общего понимания потоков данных и оперативное обсуждение концепций проекта. Низкий уровень детализации делает эту нотацию эффективным инструментом на начальных этапах, где выработка общего обзора является приоритетом. С другой стороны, нотация Йордана де-Марко предоставляет более высокий уровень детализации. Это ценно на более поздних этапах проектирования, особенно при необходимости учета сложных структур данных и операций. Стрелки с метками и подробные описания операций делают эту нотацию более точной для технического моделирования системы.

Эффективным решением может быть комбинированный подход, начиная с использования нотации Гейна-Сарсона для формирования общего понимания и переход к Йордана де-Марко при более глубоком техническом проектировании. Такой подход сочетает простоту начальных этапов с более высоким уровнем детализации на последующих фазах, обеспечивая оптимальное сочетание простоты и технической точности в процессе проектирования автоматизированных систем.

*Сидоров И.В., Силин А.В., Силина И.В.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)  
**РАЗРАБОТКА MDM СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И  
УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ  
СОТРУДНИКОВ ОРГАНИЗАЦИИ**

Данная система разрабатывается для использования в государственном учреждении Тульской области «Комплексный центр социального обслуживания населения № 4». Задача мониторинга и управления мобильными устройствами является крайне актуальной для данной организации, поскольку в своей работе она активно использует мобильные устройства (мобильные телефоны и планшеты). В настоящее время насчитывается 273 мобильных устройства под управлением операционной системы Android различных производителей и моделей. На данных устройствах установлено специализированное ПО. Мобильные устройства используются социальными работниками учреждения для передачи факта оказания социальных услуг обслуживаемым гражданам в ведомственную информационную систему «Адресная социальная помощь». При использовании мобильных устройств был выявлен ряд ключевых проблем мониторинга и управления ими.

1 Аудит мобильных устройств осуществляется практически вручную, системными администраторами учреждения ведется электронная таблица, содержащая IMEI устройства, номер телефона, ФИО владельца и прочая информация об устройстве.

2 Устанавливаемое на мобильные устройства специализированное программное обеспечение постоянно обновляется, выходят его новые версии, которые невозможно обновлять через сторонние магазины приложений, в связи с корпоративной политикой безопасности, таким образом, на каждое мобильное устройство необходимо устанавливать арк-файл, для чего необходимо вызывать пользователя в офис, отрывая его тем самым от своих прямых должностных обязанностей.

3 Несмотря на то, что в рамках корпоративной политики безопасности запрещено использование каких-либо сторонних приложений и не установлены какие-либо магазины приложений, а также отключена возможность установки из недоверенных источников, для продвинутых пользователей не составляет особых трудностей включить функцию установки сторонних приложений, в результате чего на мобильных устройствах пользователей появляется программное обеспечение, не регламентированное политикой информационной безопасности.

4 В практике использования мобильных устройств в учреждении уже встречались случаи, когда сотрудник терял устройство. Несмотря на то, что на устройствах установлено антивирусное ПО Kaspersky Endpoint Security, позволяющее в случае потери устройства определить его последнее местонахождение, данная функция не активирована на сервере администрирования у обслуживающей организацию аутсорсинговой компании, в связи с чем устройства не удавалось найти и сотрудникам пришлось самостоятельно покрывать убытки.

В ходе работы были проанализированы готовые MDM (Mobile Device Management, управление мобильными устройствами) решения, многие из которых обладали избыточным функционалом, а некоторые не обладали необходимым функционалом. Также ключевым аспектом стала стоимость внедрения решения, а также стоимость лицензирования и обслуживания одного устройства в рамках этих систем. В связи с чем было принято решение о разработке MDM системы мониторинга и управления мобильными устройствами сотрудников организации, решающего вышеописанные проблемы. Была разработана информационная система, имеющая архитектуру клиент-сервер с выделенной базой данных под управлением системы управления базами данных PostgreSQL, имеющей 31 таблицу.

В основе системы лежат Web-сервер (Apache) и сервер интернета вещей (IoT), которые взаимодействуют с базой данных и мобильными устройствами через шлюз API. Данная система администрируется через Web-браузер, поддерживающий JavaFX. Администратором системы настраиваются политики безопасности, ведётся учёт пользователей и устройств, а также поддерживается ролевая модель доступа. Система осуществляет:

- аудит устройств ведётся в базе данных системы, информация об устройстве (IMEI, номер телефона, технические характеристики, идентификатор владельца) автоматически передаётся в систему при первичной инициализации устройства;

- в системе сформирован собственный магазин приложений, содержащий apk-файлы, которые будут обновляться системным администратором и автоматически устанавливаться на устройства, подключённые к системе;

- в системе настроена политика, запрещающая пользователям вносить изменения в настройки устройства, в том числе, отключена возможность установки приложений из сторонних источников даже для продвинутых пользователей;

- система в режиме реального времени осуществляет мониторинг расположения устройства и в определенные промежутки отмечает его

расположение на карте, таким образом, в случае потери телефона увеличиваются шансы на его нахождение.

УДК 513.135

*Жаворонков М.В.*

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

## **РАЗВИТИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

С появлением локальных сетей и необходимости эффективного управления ими, операционные системы для таких сетей стали одним из важных направлений развития информационных технологий. Операционные системы для локальных сетей предоставляют набор инструментов и функций, которые позволяют эффективно организовывать работу сети, обеспечивая безопасность данных, целостность информации и доступность ресурсов.

В современном информационном обществе сетевые технологии играют ключевую роль в организации работы офисов, предприятий и учебных заведений. Операционные системы для локальных сетей становятся все более важными для обеспечения эффективного функционирования сетевой инфраструктуры и обмена информацией между устройствами [3].

Данное развитие направлено на обеспечение стабильности, безопасности и производительности работы сетевых ресурсов. Операционные системы должны предоставлять удобный интерфейс для управления сетевыми настройками, обеспечивать защиту данных и обмен информацией между устройствами в сети.

Существует множество операционных систем, специально разработанных для работы в локальных сетях, такие как Windows Server, Linux, macOS Server. Каждая из них имеет свои особенности и преимущества, позволяющие организациям выбрать наиболее подходящий вариант в зависимости от своих требований и потребностей [2].

Современное развитие операционных систем также направлено на внедрение новейших технологий, таких как виртуализация, облачные сервисы, машинное обучение и искусственный интеллект. Эти технологии позволяют улучшить производительность сети, упростить управление ресурсами и повысить уровень безопасности передачи данных [1].

Данное развитие играет важную роль в обеспечении эффективной работы информационных систем организаций. С появлением новых технологий и инноваций, операционные системы продолжают развиваться

ся, улучшая возможности сетевой инфраструктуры и повышая уровень безопасности и производительности сетей.

#### *Литература*

1. Батаев, А.В. Операционные системы и среды: Учебник / А.В. Батаев, Н.Ю. Налютин, С.В. Сеницын и др. - М.: Academia, 2018. – 271с.
2. Таненбаум, Э.Современные операционные системы / Э. Таненбаум. - СПб.: Питер, 2019. - 1120с.
3. Трахтенгерц, Э.А. Как работают операционные системы / Э.А. Трахтенгерц. - М.: Наука, 2019. – 192с.

УДК 513.135

*Жаворонков М.В.*

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

### **ЭТАПЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Рассматриваются этапы развития ГИС, начиная с появления первых картографических приложений до современных высокоточных систем.

Геоинформационные системы (ГИС) играют ключевую роль в современном мире, объединяя в себе данные о географических объектах и процессах. Развитие ГИС прошло через ряд этапов, от первых примитивных систем до современных высокотехнологичных платформ [2].

Этапы развития ГИС:

1. Зарождение: Первые геоинформационные системы появились в 1960-1970 годах и представляли собой примитивные программы, способные анализировать и визуализировать географические данные.

2. Этап стандартизации: В 1980-1990-х годах были разработаны стандарты обмена геоданными, что позволило эффективнее интегрировать ГИС с другими информационными системами.

3. Цифровой бум: С распространением цифровых технологий в 2000-х годах, ГИС стали более доступными и мощными, обеспечивая анализ и визуализацию данных на новом уровне.

4. Веб-ГИС: С развитием интернет-технологий появились веб-ГИС, позволяющие пользователям получать доступ к геоданным и проводить анализ прямо в браузере [3].

Тенденции развития ГИС:

1. Облачные технологии: Переход к облаку позволяет хранить и обрабатывать огромные объемы геоданных, делая ГИС более масштабируемыми и гибкими.



2. Интерактивность: Современные ГИС стремятся к интерактивности, предоставляя пользователям возможность взаимодействовать с данными в режиме реального времени.

3. Интеграция с искусственным интеллектом: Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет автоматизировать анализ данных и улучшить качество выводов [1].

Геоинформационные системы продолжают развиваться, становясь неотъемлемой частью многих отраслей, от географии до бизнеса.

#### *Литература*

1. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. М.: Институт системного анализа РАН, 2021. 304 с.

2. Дубинин М.Ю., Рыков Д.А. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. 2019. № 5(72). С. 20-27.

3. Кошкарёв А.В. Эффективное управление пространственными метаданными и геосервисами в инфраструктурах пространственных данных // Пространственные данные. 200В. № i. С. 2В-35. (Адрес доступа: [www.gisa.ru/44539.html](http://www.gisa.ru/44539.html)).

УДК 536.58:661.91-404

*Халецкий Е.П.*

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

### **CHATGPT: РЕВОЛЮЦИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА И ЕЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РИСКИ**

В последние годы, с бурным развитием искусственного интеллекта, одним из самых ярких прорывов стала область обработки естественного языка (NLP). ChatGPT, разработанная компанией OpenAI, стоит на передовой этой революции, демонстрируя впечатляющие возможности в генерации текста, переводе, диалогах и многих других задачах.

Однако, наряду с огромным потенциалом, ChatGPT также представляет ряд вызовов и рисков, которые необходимо учитывать.

ChatGPT: Возможности и преимущества:

– генерация текстов - ChatGPT способна создавать качественные тексты различных форматов: от стихов и сценариев до новостных статей и технической документации;

– перевод - модель демонстрирует высокую точность перевода между множеством языков, открывая новые возможности для коммуникации и обмена информацией;

– анализ текста - модель способна анализировать тексты, извлекая ключевую информацию.

Потенциальные риски и вызовы:

– злоупотребление - модель может быть использована для создания спама, фишинговых сообщений и других видов вредоносного контента;

– модель может быть использована для создания спама, фишинговых сообщений и других видов вредоносного контента;

– этичность и ответственность - возникают вопросы этического характера, связанные с использованием ChatGPT: кто несет ответственность за созданный моделью контент, как обеспечить прозрачность и контроль над ее работой?

Мероприятия по обеспечению безопасности и этичного использования ChatGPT:

– разработка механизмов обнаружения сгенерированного контента;

– создание прозрачных систем контроля и управления ChatGPT.

ChatGPT представляет собой мощный инструмент с огромным потенциалом для различных сфер деятельности. Однако, важно осознавать и учитывать возможные риски, связанные с ее использованием.

УДК 536.58:661.91-404

*Мельников Я.С.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**GauGAN КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
ФОТОРЕАЛИСТИЧНЫХ ПЕЙЗАЖЕЙ**

Как прекрасно уметь хорошо рисовать. Художники создают замечательные портреты, натюрморты, пейзажи, иногда даже не глядя, а лишь представляя перед собой тот или иной вид. Простой человек, к сожалению, не обладает таким талантом и в большинстве случаев рисует посредственно или вообще не может рисовать, а на листе выходят только каракули. В помощь таким людям был создан GauGAN.

GauGAN, разработанный NVIDIA, представляет собой впечатляющую модель искусственного интеллекта, способную преобразовывать обычные каракули в потрясающе реалистичные изображения. Это инновационное решение открывает новые горизонты в области создания изображений, предлагая художникам, дизайнерам и просто любителям творчества мощный инструмент для воплощения своих идей.

GauGAN основан на генеративно-сопоставительных сетях (GAN), которые состоят из двух нейронных сетей: генератора и дискриминатора. Генератор создает изображение на основе сегментационной карты, а дискриминатор пытается отличить сгенерированные изображения от

реальных. В процессе обучения генератор становится все более искусным в создании реалистичных изображений, которые могут обмануть дискриминатор.

GauGAN обучался на миллионах фотографий, что позволило ему усвоить богатый набор визуальных паттернов и взаимосвязей между различными элементами пейзажа. Это позволяет ему не только создавать реалистичные текстуры (например, траву, воду, облака), но и учитывать контекст и освещение, чтобы обеспечить согласованность и естественность изображения.

GauGAN – это инновационный инструмент, который открывает новые возможности для создания изображений. Он позволяет всем желающим воплотить свои творческие идеи в жизнь с легкостью и удовольствием. С развитием технологии GAN, мы можем ожидать ещё более впечатляющих результатов в области создания изображений в будущем.

УДК 536.58:661.91-404

*Халецкий Е.П.*

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

## **FLAIR: АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КРЕАТИВНОГО КОНТЕНТА ДЛЯ БРЕНДОВ**

Flair - это мощный инструмент с использованием искусственного интеллекта, который создает высококачественные изображения продуктов для различных маркетинговых целей. Специально разработан для брендов, стремящихся легко и эффективно создавать потрясающий визуальный контент.

Возможности Flair:

- готовые шаблоны: использование широкого выбором профессионально разработанных шаблонов, оптимизированных для различных платформ, включая социальные сети, веб-сайты и маркетплейсы;

- индивидуализация: настройка изображения, добавляя текст, логотипы и фирменные элементы, чтобы соответствовать вашему уникальному бренду;

- множественные форматы: экспорт сгенерированных изображений в различных форматах, включая PNG, JPG и PDF;

- автоматизация маркетингового контента: экономия времени и усилий, автоматизированное создание креативного контента для кампаний в социальных сетях, электронного маркетинга и других маркетинговых инициатив.

Flair предоставляет широкие перспективы использования в области обработки естественного языка (NLP) и разработки нейросетей. Некоторые из основных перспектив Flair включают в себя:

- улучшение визуальной привлекательности продуктов;
- создание согласованного и профессионального фирменного стиля во всех каналах;
- экономия времени и усилий на создание высококачественного контента;
- усиление узнаваемости бренда и укрепление его позиций на рынке.

Flair - идеальный инструмент для брендов любого размера, стремящихся улучшить свой маркетинговый контент, повысить вовлеченность и увеличить продажи. Автоматизируйте процесс создания визуального контента и сосредоточьтесь на других важных аспектах своего бизнеса.

УДК 536.58:661.91-404

*Мельников Я.С.*

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

## **ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭТО БУДУЩЕЕ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Облачные технологии – это инновационный подход к предоставлению ИТ-ресурсов, таких как серверы, хранилища данных, базы данных, программное обеспечение, сети и аналитика, через интернет. Вместо того, чтобы владеть и управлять собственной ИТ-инфраструктурой, компании и частные пользователи могут арендовать необходимые ресурсы у поставщиков облачных услуг.

Преимущества облачных технологий:

**Гибкость и масштабируемость:** облачные сервисы легко масштабируются в зависимости от потребностей, позволяя компаниям быстро адаптироваться к меняющимся условиям.

**Экономическая эффективность:** облачные технологии требуют больших капиталовложений на оборудование и программное обеспечение, а также снижают затраты на обслуживание и управление ИТ-инфраструктурой.

**Доступность и надежность:** поставщики облачных услуг обеспечивают высокий уровень доступности и надежности своих сервисов, гарантируя непрерывность бизнес-процессов.

**Инновации и скорость:** облачные технологии предоставляют доступ к новейшим технологиям и инструментам, позволяя компаниям быстрее внедрять инновации и выходить на рынок.

Улучшенная безопасность: поставщики облачных услуг инвестируют значительные ресурсы в обеспечение безопасности своих платформ, что обеспечивает защиту данных от киберугроз.

Будущее облачных технологий:

Облачные технологии продолжают развиваться быстрыми темпами, становясь все более универсальными и мощными. Ожидается, что в будущем облачные сервисы будут играть еще большую роль в цифровой трансформации бизнеса, предоставляя доступ к передовым технологиям, таким как искусственный интеллект, машинное обучение и интернет вещей.

Облачные технологии предоставляют компаниям и частным пользователям множество преимуществ, позволяя им сосредоточиться на своих основных задачах, не отвлекаясь на управление ИТ-инфраструктурой. С ростом популярности облачных сервисов, они становятся неотъемлемой частью современного цифрового мира, открывая новые возможности для инноваций и роста.

УДК 536.58:661.91-404

*Хананова Д.С.*

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ**

Искусственный интеллект стал одной из ключевых технологий, которая изменяет множество аспектов нашей повседневной жизни. В образовании искусственный интеллект также играет все более значимую роль, открывая новые возможности для улучшения процессов обучения, персонализации образования и повышения эффективности учебных программ.

Внедрение искусственного интеллекта в сферу образования обладает рядом преимуществ. Например, он позволяет создавать индивидуализированные учебные планы, учитывая особенности и потребности каждого ученика. Это способствует более эффективному усвоению материала и повышению успеваемости.

Также может автоматизировать ряд рутинных задач, таких как проверка заданий, оценивание результатов тестов, анализ данных обучения. Это позволяет учителям сконцентрироваться на более творческих и интерактивных аспектах обучения.

Кроме всего вышеуказанного, искусственный интеллект может быть использован для создания виртуальных ассистентов, способных отве-

чать на вопросы студентов, объяснять сложные концепции и помогать в изучении материала.

Искусственный интеллект постоянно развивается. Например, внедрение в сферу образования технологий виртуальной реальности и технологий дополненной реальности позволит значительно расширить возможности дистанционного обучения и создать более интерактивные учебные среды.

В настоящее время очень удобно использование искусственного интеллекта на различных онлайн-платформах. Это позволяет сделать образование более доступным для людей в удаленных районах, а также для людей с ограниченными возможностями.

Искусственный интеллект также используют при создании интерактивных образовательных материалов. Благодаря этому можно разрабатывать различные интерактивные обучающие приложения, игры и симуляции, которые делают обучение более увлекательным и эффективным, что позволит повысить уровень знаний у учащихся.

Важно разрабатывать и использовать технологии искусственного интеллекта в образовании, стремясь к созданию более справедливой, эффективной и доступной системы образования для всех студентов.

УДК 536.58:661.91-404

*Хананова Д.С.*

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

## **ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И МУЗЫКА**

Нейронные сети стали мощным инструментом в области генерации музыки, позволяя создавать новые звуковые текстуры, мелодии и композиции. Сочетание технологий глубокого обучения с музыкальным творчеством открывает новые возможности для композиторов, музыкантов и аудитории.

Существует несколько методов создания музыки с применением нейронных сетей. Первый метод – генерация мелодий. Нейронные сети могут быть обучены на большом объеме музыкальных данных и благодаря этому могут автоматически генерировать новые мелодии.

Вторым методом является создание гармоний и аккордов. Алгоритмы глубокого обучения позволяют анализировать гармоническую структуру музыки и после этого создавать новые аккорды.

Третьим методом является генерация звуковых структур. Благодаря этому нейронные сети способны моделировать звуковые текстуры, создавая уникальные звуковые эффекты.

К преимуществам применения нейронных сетей для создания музыки можно отнести креативность и инновации, ведь их использование позволяет создавать новые музыкальные идеи и подходы. Еще одним преимуществом является то, что автоматизация процесса создания музыки позволяет экономить время композиторов. Это делает процесс создания музыки более эффективным и быстрым.

Не смотря на все преимущества использования нейронных сетей в области создания музыки, существует один недостаток. Это ограничение в выразительности. Нейронные сети могут иметь ограничения в понимании контекста и человеческих эмоций, что может отразиться на качестве создаваемой музыки.

Нейронные сети, используемые в музыкальной сфере, постоянно совершенствуются. Одной из перспектив развития является обучение нейронных сетей на больших данных. Это позволит улучшить качество создаваемой музыки. Кроме этого, нейронные сети могут быть использованы для создания индивидуализированных музыкальных произведений, адаптированных под предпочтения слушателя.

Использование нейронных сетей для создания музыки представляет собой захватывающую область исследований, которая продолжает развиваться и расширять возможности для музыкального творчества.

УДК 536.58:661.91-404

*Уланов В.Д.*

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

## **НЕ ХВАТАЕТ АЛЬТЕРНАТИВ ЗАРУБЕЖНЫМ СЕРВИСАМ**

В условиях санкций многие западные ИТ-компании ушли с российского рынка, а отечественный бизнес столкнулся с нехваткой зарубежного софта и комплектующих для ИТ-систем. С одной стороны, почти у любого софта есть качественные аналоги. С другой стороны, перейти на такое альтернативное ПО не так уж просто.

На крупных предприятиях ИТ-решения внедрялись годами, они глубоко интегрированы в бизнес-процессы и закрывают большое количество задач. Переход с зарубежного ПО на альтернативное отечественное потребует времени, финансовых затрат, а ещё такие перемены грозят остановкой бизнес-процессов. Перед сложным выбором оказался крупный российский лесопромышленный холдинг.

В текущей ситуации недоступность иностранных сервисов создает проблемы для российских компаний. Согласно ТАСС и bool.dev, более 500 компаний ушли с российского рынка после февраля 2022 года, 90 из них относятся к ИТ сфере.

Какие компании ушли, а с какими есть сложности. Atlassian поставляла на рынок популярные инструменты для визуального управления задачами и проектами. В связи с изменениями в политике обработки данных, компания уже ограничила россиянам доступ к Trello, а в сентябре заблокирует аккаунты российских пользователей в Jira.

Корпоративный мессенджер Slack, популярный в IT и диджитал-командах, тоже уходит из России. Сначала сервис в 2022 году закрыл российским командам возможность оформить подписку. Позже разработчики начали блокировать бесплатные рабочие пространства, а в интерфейсе Slack пропала российская локализация.

Аналогичным образом поступили Adobe, Autodesk, Microsoft, Notion и ряд других крупных разработчиков — из-за политических решений и новых законов по обработке персональных данных компании ограничили доступ для российских пользователей.

Платформа для видеоконференций Zoom столкнулась с ограничениями в России из-за технических нюансов и вопросов безопасности данных.

Salesforce, мощная CRM-платформа, также столкнулась с трудностями в России из-за ограничений в обработке данных клиентов.

Miro не дает зарегистрироваться новым пользователям из РФ.

УДК 536.58:661.91-404

*Силин А.В., Уланов В.Д.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Искусственный интеллект (ИИ) — это область компьютерных наук, которая занимается разработкой систем, способных выполнять задачи, обычно требующие человеческого интеллекта, такие как обучение, решение проблем и принятие решений. В последние годы ИИ переживает стремительное развитие, открывая новые возможности и ставя новые вызовы перед обществом.

Автоматизация задач: ИИ-системы могут автоматизировать рутинные и повторяющиеся задачи, освобождая людей для более творческой и сложной работы. Это может повысить производительность и эффективность во многих отраслях, включая производство, здравоохранение и финансы.

Улучшенное принятие решений: ИИ-алгоритмы могут обрабатывать огромные объемы данных и выявлять закономерности, которые недоступны для человеческого восприятия. Это может помочь в принятии



более обоснованных и взвешенных решений в различных областях, таких как медицина, бизнес и государственное управление.

**Персонализация:** ИИ-системы могут персонализировать пользовательский опыт, предоставляя контент и рекомендации, адаптированные к индивидуальным предпочтениям и потребностям. Это может улучшить взаимодействие с клиентами и повысить удовлетворенность пользователей.

**Новые возможности:** ИИ открывает возможности для создания новых продуктов, услуг и отраслей. Например, ИИ используется для разработки самоуправляемых автомобилей, интеллектуальных помощников и систем обработки естественного языка.

**Защита данных и конфиденциальность:** ИИ-системы требуют больших объемов данных для обучения и работы. Это поднимает вопросы защиты данных и конфиденциальности. Необходимо разработать надежные меры защиты для предотвращения несанкционированного доступа к личной информации.

ИИ находится на ранней стадии развития, и его потенциал еще предстоит полностью раскрыть. Ожидается, что в ближайшие годы ИИ окажет существенное влияние на различные аспекты жизни и деятельности человека. Однако важно помнить о вызовах и этических последствиях использования ИИ и ответственно подходить к его развитию и применению.

УДК 004.032.26

*Артамонов П.С., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.*

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

## **РАЗРАБОТКА НЕЙРО-НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ РЕАКТОРА ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА**

В химическом производстве аппарат нейро-нечёткой логики может быть применен для реализации различных целей, в том числе для оптимизации сложных химико-технологических процессов, а также для прогнозирования состояния процессов, контроля качества получаемой продукции и т.д. Производство ацетилена окислительным пиролизом природного газа относится к слабоструктурированным производствам, построение традиционной математической модели для которых достаточно затруднительно, поэтому использование нейро-нечеткой логики при моделировании процессов, протекающих в реакторе окислительного пиролиза, является целесообразным. Поскольку в газе пиролиза содержатся компоненты, сочетания которых может привести к возникновению взрывоопасной ситуации, необходимо предупреждение получения

подобных сочетаний. Для реализации цели управления рассматриваемым процессом предложена гибридная сеть, включающая в себя 4 входных переменных (температуры и расходы кислорода и природного газа для синтеза ацетилена и их температуры на распределительной решетке реактор) и 4 выходных (содержание ацетилена, метана, кислорода в газе пиролиза и температура газа пиролиза на выходе из реактора).

Целью обучения являлось получение структуры нейро-нечеткой сети, обеспечивающей минимизацию как ошибки обучения, так и числа циклов обучения. Для включения в обучающуюся выборку всех имеющихся исходных данных применялся алгоритм grid partition (решеточного разбиения) для каждой из выходных переменных. Критерием достижения цели обучения являлось отсутствие расхождений значений сигналов на выходе сети и имеющихся целевых значений.

При использовании в структуре нейро-нечеткой сети различных вариантов термов функций принадлежности (trimf, trapmf, gaussmf, gauss2mf, gbellmf и т.д.) выявлено, что применение термов в виде симметричных кривых Гаусса обеспечивает получение минимальной ошибки, не превышающей 0.5 %.

Моделирование поведения полученной сети выявило, что оптимальной является двухслойная структура сети, содержащая по 4 терма для каждой выходной переменной.

УДК 681.5

*Хайдаров М. Т., Волкова В.В., Волков В.Ю.*

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

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЛЕВЫМ ПОТОКОМ**

В производственном процессе получения соли используется теплообменник, в котором выпаривается соль из солевого раствора. Теплообменник во время проведения процесса постепенно забивается солевыми отложениями. Мы предлагаем использовать еще один резервный теплообменник, который бы работал параллельно с основным теплообменником. В случае уменьшения температуры в основном теплообменнике и уменьшении расхода потока солевого раствора через него, поток перенаправлялся бы через резервный теплообменник. Основной теплообменник можно было бы в это время промыть и прочистить.

Для реализации предложенной системы управления можно использовать следующие компоненты:

1. Датчики температуры и расхода для основного и резервного теплообменников.

2. Два клапана (по одному для каждого из теплообменников), управляемых при помощи электроприводов.

3. Контроллер для обработки сигналов датчиков и управления клапанами.

Система будет работать следующим образом:

1. При нормальной работе основного теплообменника клапан, регулирующий поток через него будет открыт, а клапан, регулирующий поток через резервный теплообменник, закрыт. Весь поток солевого раствора будет проходить через основной теплообменник.

2. Если температура в основном теплообменнике упадет ниже определенного уровня или расход потока солевого раствора через него уменьшится, контроллер получит сигнал от соответствующих датчиков и перенаправит поток через резервный теплообменник.

3. После того как основной теплообменник будет очищен, его можно снова включить в работу, перенаправив поток обратно через него.

Важно отметить, что для эффективной работы системы необходимо правильно настроить параметры пороговых значений температуры и расхода, чтобы избежать ненужных переключений и обеспечить оптимальную производительность.

УДК 681.5

*Алякимов Е. Д., Волкова В.В., Волков В.Ю.*

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДА  
ЭТИЛЕНА**

Задача разработки системы управления процессом получения оксида этилена может быть сформулирована следующим образом.

Цель разработки можно определить как создание системы управления, которая обеспечивает стабильное и эффективное получение оксида этилена с минимальными затратами за минимальное время.

Для достижения этой цели необходимо будет решить следующие задачи:

1. Разработать математическую модель процесса получения оксида этилена.

2. Определить критерии качества продукта и параметров процесса, которые необходимо контролировать.

3. Выбрать подходящий тип регулятора и определиться с алгоритмом управления.

4. Провести имитационное моделирование работы системы управления.

5. Провести тестирование и оптимизацию системы управления.

Задача разработки системы управления процессом получения оксида этилена актуальна, т.к. оксид этилена широко используется в различных отраслях промышленности, включая производство пластмасс, моющих средств, фармацевтических препаратов и многих других. Поэтому важно иметь стабильную и эффективную систему управления для получения этого продукта. Система управления должна обеспечивать точное соблюдение технологического регламента, поддерживать стабильность процесса и оптимизировать использование ресурсов.

Кроме того, система должна отвечать нормам и правилам безопасности, оказывать минимальное воздействие на окружающую среду.

Этим условиям соответствует современный и эффективный способ управления с использованием прогнозирующей поведение объекта управления модели. Использование такого подхода позволяет учитывать динамику процесса и оптимизировать управление с учетом ограничений и требований к качеству продукции.

УДК 681.5

*Новиков И. А., Волкова В.В., Волков В.Ю.*

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

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ЗА СЧЕТ УДАЛЕНИЯ ИЛИ ОСЛАБЛЕНИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ НЕЙРОНАМИ**

В настоящее время наблюдается рост вычислительных мощностей персональных компьютеров. Это дает возможность создавать искусственные нейронные сети на локальных персональных компьютерах. Однако нейронные сети с большим количеством параметров требуют значительных вычислительных ресурсов.

Pruning — это метод оптимизации нейронных сетей, который заключается в удалении или ослаблении связей между нейронами. Это позволяет уменьшить размер модели и ускорить её работу. Кроме того, pruning может помочь устранить переобучение модели, удаляя избыточные связи, которые могут способствовать запоминанию модели обучающих данных. Переобучение — это ситуация, когда модель слишком хорошо адаптируется к обучающим данным и начинает плохо работать на новых данных.

Цель pruning - избавление от нейронов, которые имеют наименьший вес, то есть вносят минимальный вклад в итоговый результат. Для этого

необходимо проанализировать влияние каждого веса на работу нейросети.

Один из инструментов, которые для этого используют - анализ значимости весов. Для этого обращаются к методам, основанным на градиентах, чтобы понять, какие веса оказывают наименьшее влияние на изменение функции ошибки. Функция ошибки - мера, которая показывает разницу между предсказанными значениями модели и фактическими данными. В задачах классификации, например, в качестве функции ошибки используется кросс-энтропия, а в задачах регрессии - средне-квадратичная ошибка MSE.

Pruning может быть полезен для оптимизации больших моделей с миллионами параметров, делая их компактнее и быстрее без существенной потери эффективности. Однако для маленьких моделей, где количество параметров и так невелико, pruning может не принести заметного улучшения, а затраты на его проведение могут быть неоправданно высокими, кроме того, следует учитывать, что прореженная сеть может потерять способность к обобщению при появлении новых данных для обучения.

УДК 62-503.5

*Смирнов С.А., Соболев К.А., Соболев А.В.*

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭСАР С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ НАЙКВИСТА**

Энергосберегающие системы автоматического регулирования (ЭСАР) [1] позволяют достичь высокого качества регулирования в динамических режимах, одновременно минимизируя энергозатраты на поддержание технологической величины в статических режимах. Ввиду более сложной структуры в сравнении с одноконтурной САР возникает необходимость разработки и применения методов, позволяющих достаточно просто исследовать устойчивость таких систем регулирования.

Одним из подходов к анализу устойчивости ЭСАР является применение критерия устойчивости Найквиста. Возможность использования данного критерия обусловлена следующими соображениями. Одним из первых этапов синтеза ЭСАР является расчет настроек регуляторов соответствующих одноконтурных САР динамически эффективного и энергоэффективного каналов управления. Очевидно, что при расчете систем используются методы, позволяющие получить оптимальные, в некотором смысле, настройки, а значит каждая из одноконтурных САР является устойчивой системой регулирования. Следовательно, в соот-

ветствии с критерием устойчивости Найквиста для одноконтурной САР АФЧХ разомкнутой системы не охватывает точку с координатой  $(-1, j0)$ .

Последующий расчет ЭСАР связан с выбором структуры низкочастотного или высокочастотного полосового фильтра и определением его настроечных параметров. Передаточная функция разомкнутой ЭСАР при наличии полосовых фильтров имеет вид:

$$\tilde{W}_{ЭСАР}(s) = W_1(s)R_1(s)\Phi_1(s) + W_2(s)R_2(s)\Phi_2(s),$$

где  $W_1(s)$ ,  $W_2(s)$  - передаточные функции объекта по динамически эффективному и энергоэффективному каналам управления;  $R_1(s)$ ,  $R_2(s)$  - передаточные функции регуляторов соответствующих каналов управления;  $\Phi_1(s)$ ,  $\Phi_2(s)$  - передаточные функции высокочастотного и низкочастотного фильтров.

При использовании идеальных фильтров с частотными передаточными функциями:

$$\Phi_1(j\omega) = \begin{cases} 0, & \text{если } \omega \leq \omega^* \\ 1, & \text{если } \omega > \omega^* \end{cases} \quad \text{и} \quad \Phi_2(j\omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \leq \omega^* \\ 0, & \text{если } \omega > \omega^* \end{cases},$$

где  $\omega^*$  - пороговая частота, частотная передаточная функция и связанная с ней АФЧХ ЭСАР имела бы вид:

$$\tilde{W}_{ЭСАР}(j\omega) = \begin{cases} W_2(j\omega)R_2(j\omega), & \text{если } \omega \leq \omega^* \\ W_1(j\omega)R_1(j\omega), & \text{если } \omega > \omega^* \end{cases}$$

Поскольку ни одна из составляющих не охватывает точку  $(-1, j0)$ , то в соответствии с критерием Найквиста ЭСАР является устойчивой системой.

Если же фильтры не идеальные, то для устойчивости ЭСАР в соответствии с критерием Найквиста необходимо, чтобы АФЧХ разомкнутой системы  $\tilde{W}_{ЭСАР}(j\omega)$  общего вида не охватывала бы точку с координатой  $(-1, j0)$ . В противном случае система неустойчивая.

На конкретных примерах показано применение критерия Найквиста для определения устойчивости ЭСАР. Выводы об устойчивости проверены путем имитационного моделирования переходных процессов посредством программы, разработанной в MatLab Simulink.

### *Литература*

1. Соболев А.В., Вент Д.П. Энергосберегающие системы автоматического регулирования в химической технологии (эксергетический подход). ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2016. – 96с.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РАБОТЫ  
РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЭСАР**

Структура энергосберегающей САР (ЭСАР) [1] допускает возможность использования различных вариантов законов управления регуляторов как типовых (П, ПИ, ПИД), так и нечетких, разнообразных полосовых фильтров и т.д. В результате применения различных структурных элементов ЭСАР получает определенные преимущества в том или ином исполнении. Однако, в целом, порядок синтеза системы регулирования остается неизменным, а именно: сначала выбирается и рассчитывается соответствующий регулятор одноконтурной САР динамически эффективного или энергоэффективного канала управления, далее находится пороговая частота, разделяющая диапазоны работы контуров регулирования, наконец, производится выбор и расчет настроек полосовых фильтров. Следует отметить многообразие методов расчета оптимальных настроек регуляторов (метод суженных кривых D-разбиения, метод Копеловича и другие), методов расчета настроек полосовых фильтров. Ввиду этого качество работы синтезированной ЭСАР может изменяться и целесообразно провести сравнительный анализ качества работы того или иного варианта ЭСАР.

С целью проведения сравнительного анализа разработаны программы в среде MathCad, позволяющие автоматизировать этапы расчета структурных элементов ЭСАР с применением различных подходов. Кроме того, разработаны программы моделирования переходных процессов в ЭСАР с помощью программы MatLab Simulink. С их помощью проведено имитационное моделирование переходных процессов в ЭСАР, когда возмущающее воздействие прикладывается в различных точках системы регулирования. При анализе качества работы ЭСАР рассчитываются типовые показатели качества: перерегулирование, максимальная динамическая ошибка, время регулирования, интеграл от квадрата ошибки. Сравнение производится как между различными вариантами ЭСАР, так и работой одноконтурной САР энергоэффективного канала управления, так как в состоянии статического равновесия поддержание заданного значения технологической величины производится за счет управляющего воздействия энергоэффективного контура регулирования.

Результаты моделирования показывают высокое качество регулирования всех вариантов ЭСАР в сравнении с одноконтурной САР. В то же

время сравнительный анализ позволяет указать на более выгодный вариант ЭСАР, качество работы которого более предпочтительно по отношению к другому варианту ЭСАР.

### *Литература*

1. Патент РФ 2494433 на изобретение. МПК<sup>8</sup> G05 В 13/00. Энергосберегающая система автоматического регулирования / А.В. Соболев, А.И. Ляшенко, Д.П. Вент, Ю.В. Соболева. Опубл. 27.09.2013. Бюл. № 27.

УДК 519.213.2

*Лукиянов Т.А., Матвеев В.А., Рыбцова П.А.*

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

### **ПРОИЗВОДЯЩАЯ ФУНКЦИЯ**

Пусть дискретная случайная величина  $X$  принимает значения  $0, 1, 2, \dots, k, \dots$  с вероятностями  $p_i, i = 1, 2, \dots, k, \dots$ . Очевидно, что  $\sum_m p_m = 1, MX = \sum_m m p_m, DX = \sum_m m^2 p_m - (\sum_m m p_m)^2$ .

Определение. Производящей функцией для случайной величины  $X$  называется функция  $\varphi(z) = \sum_m p_m z^m$ .

Замечание. Аппарат производящей функции позволяет вычислять начальные и центральные моменты дискретной случайной величины, опираясь на производные этой функции в точке 1.

Заметим сразу, что  $\varphi(1) = 1, \varphi'(1) = MX$ . Продолжаем и получаем, что  $\varphi''(1) = \sum_m m(m-1)p_m = \sum_m m^2 p_m - \varphi'(1) = DX - \varphi'(1) + (\varphi'(1))^2$ , т.е.  $DX = \varphi''(1) + \varphi'(1) - (\varphi'(1))^2$ . Здесь выведены формулы для нахождения основных числовых характеристик дискретных случайных величин, в частности, математическое ожидание  $MX$  и дисперсию  $DX$ .

Применим этот результат к конкретным некоторым дискретным распределениям для нахождения  $MX$  и  $DX$ .

1. Биномиальное распределение  $X = B(n, p)$ , с целым ненулевым параметром  $n$  и вещественным параметром  $p \in (0; 1)$ , которое принимает целые значения  $i$  от 0 до  $n$  с вероятностями  $p_i = C_n^i p^i (1-p)^{n-i}$ . Производящая функция для этого распределения, благодаря биному Ньютона, имеет вид  $\varphi(z) = \sum_{m=0}^n C_n^m p^m (1-p)^{n-m} z^m = (pz + 1 - p)^n$ .



Следовательно,  $\varphi'(z) = np(pz + 1 - p)^{n-1} \Rightarrow \varphi'(1) = np$ . Далее,  $\varphi''(z) = n(n-1)p^2(pz + 1 - p)^{n-2} \Rightarrow \varphi''(1) = n^2 p^2 - np^2$ . Тогда  $MX = np$  и  $DX = n^2 p^2 - np^2 + np - n^2 p^2 = np(1 - p)$ .

2. Геометрическое распределение  $X = \Gamma(p)$ , с параметром  $0 < p < 1$  которое принимает все целые значения  $i$  от 0 до бесконечности с вероятностями  $p_i = (1 - p)^i p$ . Тогда производящая функция для данного распределения имеет вид  $\varphi(z) = (1 - p) \sum_{m=0}^{\infty} p^m z^m = (1 - p)/(1 - pz)$ . После нахождения пары производных  $\varphi'(z) = p(1 - p)/(1 - pz)^2$ ,  $\varphi''(z) = 2p^2(1 - p)/(1 - pz)^3$  получаем, что  $\varphi'(1) = p/(1 - p)$ ,  $\varphi''(1) = 2p^2/(1 - p)^2$ . Тогда  $MX = \frac{p}{1 - p}$ ,  $DX = \frac{p}{(1 - p)^2}$ .

3. Распределение Пуассона  $X = \Pi(\lambda)$  с параметром  $\lambda > 0$ , которое принимает все целые неотрицательные значения  $i$  с вероятностями  $p_i = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda}$ . Тогда производящая функция имеет вид  $\varphi(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \left( \lambda^m / m! \right) e^{-\lambda} z^m = e^{-\lambda} \sum_{m=0}^{\infty} \left( (\lambda z)^m / m! \right) = e^{\lambda z - \lambda}$ . Находим пару производных  $\varphi'(z) = \lambda e^{\lambda z - \lambda}$ ,  $\varphi''(z) = \lambda^2 e^{\lambda z - \lambda}$ . И, наконец, получаем, что  $\varphi'(1) = \lambda$ ,  $\varphi''(1) = \lambda^2$ . Итого  $MX = \lambda$ ,  $DX = \lambda^2 + \lambda - \lambda^2 = \lambda$ .

УДК 519.24+519.81

*Бездомников А. В., Поссен О. С.*

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

### **ЦЕЛЕВОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

Целевое программирование (ЦП) было разработано как один из видов линейного программирования в применении к решению задач многокритериальной оптимизации. Для каждого критерия, по которому проводится оптимизация, задается функция цели. Затем функции цели ранжируются по значимости и важности. Также для каждого критерия устанавливаются весовые коэффициенты. На следующем этапе решения задачи устанавливаются желаемые значения критериев оптимизации и

диапазоны допустимых значений для каждого критерия (решение считается оптимальным если все критерии оказываются в допустимых диапазонах).

При решении задач ЦП анализируются множества  $A$  в пространстве решений - множество векторов из  $L^n$ , для которых одновременно достигаются все цели, и  $B$  в пространстве критериев - множество точек в  $L^k$ , которые также одновременно удовлетворяют всем целям. Эти множества называются утопическими.

В целевом программировании применяются два основных метода: метод Архимеда и метод приоритетов. В методе Архимеда варианты, которые рассматриваются как возможные решения задают путем выбора векторов из  $A$ , которые наиболее близки по метрике к множеству  $B$ . При применении метода Архимеда можно использовать методы традиционного линейного программирования. В методе приоритетов генерируют точки (допустимые варианты), для которых векторы получаются максимально соответствующими с учетом лексиграфического смысла для векторов утопического множества  $B$ .

УДК 519.24+519.81

*Бездомников А. В., Поссен О.С.*

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

## **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

В настоящее время методы теории распознавания образов принятия решений приобретают важное значение в различных исследованиях (в экономике, медицине и других областях). Также широко эти методы исследуются и применяются в космических исследованиях, в робототехнике и т.д. Отмечается значительный рост числа публикаций по этим вопросам.

Алгоритмы принятия решений и распознавания образов можно классифицировать по этапности, а также по характеристикам и статистическим особенностям исходной информации, сигналов и помех.

Алгоритмы принятия решений можно разделить на одно- и многоэтапные. Одноэтапные алгоритмы подразумевают анализ оценки гипотезы состояния системы с допустимой достоверностью. Алгоритмы многоэтапного принятия окончательных решений предусматривают сначала анализ предварительных вариантов решений, затем получение дополнительной информации и обобщение информативных признаков, которые отбираются на последующих этапах анализа. Многоэтапные

алгоритмы основываются обычно на последовательных алгоритмах Вальда.

При анализе статистических особенностей характеристик исходной информации, дополнительных сигналов и случайных искажений обычно используют статистические и лингвистические алгоритмы.

Статистические алгоритмы можно подразделить на нейрокомпьютерные (основанные на применении искусственного интеллекта), параметрические и непараметрические. В свою очередь, параметрические алгоритмы делятся на два основных класса — байесовские и небайесовские.

Параметрические байесовские алгоритмы учитывают не только статистические особенности, но и гипотезы об исходных вероятностях различных начальных вероятностях состояния системы. Непараметрические алгоритмы реализуются без учета априорных гипотез. Их можно считать эвристическим упрощением байесовских параметрических методов.

В отличие от статистических, лингвистические алгоритмы не основаны на учете статистических характеристик системы. Признаки, которые вводят для описания системы являются либо качественными (построенными на некотором ранжировании характеристик). Либо для их исследования вводят булевы переменные. В лингвистических алгоритмах описание характеристик и состояний системы используются методы алгебры логики.

В теории принятия решений необходимо использовать статистические методы, которые наряду со стандартной проверкой гипотез учитывают реальный ущерб от возможных ошибок, которые могут возникнуть при принятии того или иного заключения о состоянии системы. При этом выбор гипотезы, характеризуемой меньшей вероятностью, может оказаться предпочтительней если ущерб от ошибки может быть меньше, чем от выбора более вероятной гипотезы.

УДК 519.24+519.81

*Бездомников А. В., Морозова С. С*

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

### **ДРОБНО-ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

В задачах дробно-линейного программирования (ДЛП) требуется оптимизировать целевую функцию  $z$ , которая является дробно-линейной, т. е. имеет вид

$$z = \frac{c^T x + \alpha}{d^T x + \beta}$$

Где  $\alpha$  и  $\beta$  - скалярные величины,  $c$  и  $d$  - векторные,  $x$  — искомый вектор переменных,  $x \in D$

$$D = \left\{ x \in R^T \mid A_x = b, x > 0, b \in R^T \right\}$$

Таким образом, оптимизируемая целевая функция представляет собой отношение линейных функций; дополнительные ограничения задачи дробно-линейного программирования при этом являются линейными: линейные неравенства и равенства.

При этом предполагается, что знаменатель оптимизируемой целевой функции является положительным и не равен нулю в области допустимых значений  $D$ .

Методы ДЛП обычно используются в прикладных задачах при оптимизации относительных показателей. Чаще всего такие задачи встречаются в области экономического анализа: планировании деятельности предприятий, управлении экономическими показателями финансовых организаций и т. д.

В задачах ДЛП у целевой функции поверхности уровня линейны, т. е. представляют собой некоторые гиперплоскости.

Поэтому, если задача ДЛП имеет оптимальное решение, то по крайней мере одна угловая точка из области  $D$  будет оптимальной. При оптимизации дробно-линейной целевой функции обычно применяют методы преобразования переменных и алгоритм пересчета градиента целевой функции.

УДК 519.24+519.81

*Бездомников А. В., Морозова С. С.*

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

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗОВ**

В настоящее время методы прогнозирования используются практически во всех видах человеческой деятельности: медицине, экономике, технике и т. д. Процесс прогнозирования представляет собой две взаимно связанные задачи:

- 1) Выбор и построение модели прогнозирования;
- 2) Определение параметров выбранной модели и получение прогнозных характеристик исследуемого явления.

Решение первой задачи базируется на использовании физических и математических моделей, а зачастую и на интуиции. Решение второй задачи базируется на применении статистических методов.

При построении математических моделей прогнозирования целесообразно основываться на наиболее устойчивые и стабильные явления. Оптимальным условием для разработки модели является постоянство параметров и факторов, определяющих развитие исследуемого процесса. Поэтому при исследовании динамических процессов рекомендуется использование метода конечных разностей для преобразования нестационарного процесса в стационарный. Но при этом следует учитывать, что погрешности величин конечных разностей могут существенно превышать погрешности исходных значений.

В большинстве случаев для прогнозирования применяют параметрические модели, в которых задается вид модели, а ее параметры оцениваются по исходным данным с помощью статистических методов.

Обычно в прогнозировании динамики исследуемых явлений используют модели временных рядов, которые относятся к классу стохастических. Математическая модель называется стохастической если ее переменные и параметры являются случайными величинами.

При разработке моделей прогнозирования необходимо провести предварительный анализ исследуемого процесса для выбора вида его описания: можно ли описать процесс трендовой моделью или динамика процесса определяется изменением некоторых факторов, которые отражают структуру процесса. Для повышения точности модели также целесообразно использовать учет экспериментальных данных с помощью различных весовых коэффициентов: более ранним значениям результатов наблюдений соответствуют меньшие весовые множители. Также перед определением параметров модели из исходных данных должны быть исключены аномальные значения (выбросы).

УДК 681.5

*Яковлев Д.С., Волкова В.В., Волков В.Ю.*  
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ВЫБОРА  
ПАРАМЕТРОВ МРС-РЕГУЛЯТОРА**

МРС — это алгоритм управления с обратной связью, который использует модель для прогнозирования будущих результатов управляемого процесса. МРС может работать с объектами и системами с несколькими входами и несколькими выходами, которые могут иметь связи между собой (ММО). Преимущество МРС заключается в том, что

это многопараметрический регулятор, который управляет выходами одновременно, принимая во внимание все взаимодействия между системными переменными. Еще одна сильная сторона MPC заключается в том, что он может работать с ограничениями. Ограничения важны, потому что их нарушение может привести к нежелательным последствиям. MPC обладает всеми этими преимуществами, но следует отметить, что для него требуется мощный, быстрый процессор с большим объемом памяти. Это обусловлено тем, что MPC решает задачу онлайн-оптимизации на каждом временном шаге.

Для повышения эффективности работы MPC-регулятора можно уточнить его параметры заранее перед моделированием. Выбор правильных значений параметров MPC-регулятора важен, так как они влияют не только на производительность самого регулятора, но и на вычислительную сложность алгоритма MPC, который решает задачу онлайн-оптимизации на каждом временном шаге. Выбирая время выборки, мы определяем скорость, с которой регулятор выполняет алгоритм управления. Если он слишком большой, то при поступлении помех регулятор не сможет отреагировать на них достаточно быстро. Напротив, если время выборки слишком мало, регулятор может гораздо быстрее реагировать на помехи и изменения уставок, но это вызывает чрезмерную вычислительную нагрузку. Чтобы найти правильный баланс между производительностью и вычислительными усилиями, рекомендуется уложить от 10 до 20 выборок во время нарастания отклика системы с разомкнутым контуром.

Рекомендация по выбору горизонта прогнозирования состоит в том, чтобы иметь от 20 до 30 выборок, охватывающих отклик переходного процесса системы с разомкнутым контуром.

Для выбора горизонта управления рекомендуется установка его на 10–20% от горизонта прогнозирования и минимум 2–3 шага.

*Научное издание*

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

**Технические науки**

Компьютерная верстка С.И. Сидельников

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 27.05.2024 г. Формат 60х84/16

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 5,9. Уч.- изд. л. 3,8.

Тираж 50 экз. Заказ № 174/124.

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

