

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

## НАУЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ-2026

Сборник материалов  
Региональной молодежной научно-технической конференции  
22 - 24 апреля 2026 г.  
г. Дзержинск

Н.Новгород 2026

УДК 378.147.88  
ББК 74.58  
Н 34

Редакционная коллегия:

А.М. Петровский, к.пед.н., доцент; О.А. Казанцев, д.х.н., профессор;  
В.П. Зубов; В.А. Диков, к.т.н., доцент;  
И.А. Балахнин, к.т.н., доцент; Л.Ю. Вадова, к.т.н., доцент;  
И.Ю. Харитоновна, к.т.н., доцент, А.В. Чернышов, к.т.н., доцент

Н 34 Научные перспективы-2026: материалы Региональной молодежной научно-технической конференции (Дзержинск, 22 - 24 апреля 2026 г.). – Н.Новгород, 2026. – 202 с.

ISBN 978-5-502-02016-9

С 22 по 24 апреля 2026 г. в очно-заочном формате на площадке Дзержинского политехнического института НГТУ им. Р.Е. Алексеев, прошла седьмая Региональная молодежная научно-техническая конференция «Научные перспективы-2026». В сборник вошли тезисы докладов студентов, школьников, молодых сотрудников ряда промышленных предприятий Нижегородской области, представленных на конференцию (секции «Программирование», «Техника», «Химия»).

УДК 378.147.88  
ББК 74.58

ISBN 978-5-502-02016-9

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2026

## Содержание

<b>Петровский А.М., Балахнин И.А., Харитонова И.Ю., Степыкин А.В., Симагин А.С., Федосова М.Е. Седьмая региональная молодежная научно-техническая конференция «Научные перспективы-2026»</b> .....	11
<b>Секция «Программирование»</b> .....	22
<b>Абрамова С.А., Гундорина А.В., Рабынина А.А., Лещенко Е.Д.</b> Алгоритмическое вычисление даты пасхи: реализация метода Гаусса на языке C++ .....	22
<b>Ануфриев В.А., Нажимова Н.А.</b> Двухконтурная архитектура гибридного детектора мультиаккаунтов.....	23
<b>Аулов В.И., Баринов А.Д., Волков А.А., Иващенко Е.В., Родионов Г.А., Шишкин Е.А., Ларионов М.А.</b> Интеграция эволюционных алгоритмов в цикл разработки игровых движков: от физики низкого уровня до нейроэволюции поведенческих моделей.....	24
<b>Бувашкина А.А., Нажимов А.В.</b> Система визуальной аналитики вакансий в сфере информационных технологий .....	26
<b>Буланцев Г.И., Попов А.А.</b> Анализ уязвимостей и методов защиты LLM-систем в технической поддержке биллинговых платформ .....	27
<b>Васильева А.М., Сидоров И.А.</b> Повышение надёжности аутентификации на основе интеграции голосовых и лицевых биометрических признаков .....	29
<b>Васильева А.М., Харитонова И.Ю.</b> Стратегии принятия решений при конфликте голосового и лицевого модулей в биометрической системе .....	30
<b>Горбылев С.Д., Нажимова Н.А.</b> Разработка архитектуры системы обнаружения атак Kerberoasting в инфраструктуре Active Directory .....	31
<b>Гундорина А.В., Абрамова С.А., Рабынина А.А., Лещенко Е.Д.</b> Экологическая ситуация в Сочи: исследование проблем и возможные пути их устранения .....	32
<b>Зайцева Е.В., Токарев С.В.</b> Проектирование модуля интеграции системы контроля и управления доступом с биометрическими устройствами .....	33
<b>Иванова А.Е., Нажимов А.В.</b> Модель реляционной базы данных с поддержкой версионирования и контекста изменений для аналитики учебного процесса .....	34

<b>Калинкин Д.В., Кулигина Н.О.</b> Моделирование концентрационных полей при течи вещества в замкнутом пространстве .....	35
<b>Калинкин Д.В., Кулигина Н.О.</b> Обеспечение безопасности использования искусственного интеллекта при работе с базами данных в условиях секретности предприятий .....	36
<b>Калоша А.Ю., Сидоров И.А.</b> Исследование архитектурных решений для построения мультиагентных систем с использованием нестандартных .....	37
<b>Капустин Н.Н., Ефремов Д.С., Горохов Д.С.</b> Разработка Telegram-бота для автоматизации учебного процесса .....	39
<b>Кожевяткина М.А., Емельянова Т.В.</b> Разработка инклюзивной виртуальной экскурсионной платформы с адаптивными функциями ...	40
<b>Козлова А.А., Сидоров И.А.</b> Разработка алгоритмов заполнения и вытеснения кэша для серверных приложений .....	41
<b>Корнев Л.М., Васильев В.Е.</b> Решение математической задачи с помощью средств программирования языка C++ .....	43
<b>Корнев Л.М., Васильев В.Е.</b> Генератор паролей .....	43
<b>Кузнецов А.Д., Харитонова И.Ю.</b> Численное моделирование пробития алюминиевой преграды кумулятивной струей .....	44
<b>Кулагин П.А., Наумова Е.Г.</b> Применение метода HTTP Digest для аутентификации пользователей web-сайта .....	45
<b>Кураева А.В., Шишулин А.В.</b> Математическая модель кристаллизации и плавления наночастиц и ее программная реализация (на примере тяжелого псевдосплава W-Cr).....	47
<b>Ладо А.М., Кулигина Н.О.</b> Роль искусственного интеллекта в автоматическом мониторинге и предотвращении утечек данных из баз данных .....	48
<b>Линева М.А., Сидоров И.А.</b> Применение гибридного извлечения данных в RAG-системах .....	50
<b>Отмахова С.В., Сидоров И.А.</b> Разработка программы расчета теплопроводности для температурной стабилизации полетного .....	52
<b>Рабынина А.А., Сидоров И.А.</b> Численное моделирование вытесненной системы подачи топлива с использованием MATLAB Simulink .....	54
<b>Рабынина А.А., Сидоров И.А.</b> Численное моделирование вытесняемой системы подачи топлива с использованием ANSYS Autodyn .....	55

<b>Росина Е.А., Нажимов А.В.</b> Разработка ETL-процесса для подготовки данных успеваемости студентов к аналитике в Microsoft Power BI .....	55
<b>Розенвайн Р.О., Токарев С.В.</b> Разработка системы автоматического регулирования температуры сушильного аппарата в процессе дражировки семян .....	57
<b>Тараканов Д.А., Высоцкий Л.Д.</b> Проблемы синтеза русскоязычной речи в современных аудиогенеративных ИИ-моделях .....	58
<b>Тормышев А.Д., Васильев В.Е.</b> Таблица частоты символов .....	59
<b>Усов А.С.</b> Обучение модели реконструкции 3D-сцены по фотоизображениям с использованием алгоритма 3D Gaussian Splatting .....	60
<b>Чернышова С.А., Нажимова Н.А.</b> Протокольная реализация динамической аутентификации в распределенных системах подвижных автономных устройств .....	61
<b>Ширяев А.И., Нажимова Н.А.</b> Тестирование на проникновение системы управления многофункционального межсетевоего экрана .....	63
<b>Секция «Техника»</b> .....	65
<b>Авдеева А.А.</b> Влияние расстояния между пластинами на эффективность пластинчатого рекуператора локальной системы вентиляции .....	65
<b>Авдеева А.А.</b> Выбор материалов теплообменных пластин для пластинчатого рекуператора локальной вентиляции .....	66
<b>Авдеева А.А.</b> Инженерный подход к расчёту компактного пластинчатого рекуператора для малых производственных помещений .....	68
<b>Авдеева А.А.</b> Математическое моделирование пластинчатого рекуператора для локальной системы вентиляции мастерской лазерной резки .....	70
<b>Афонин Н.С., Шурашов А.Д.</b> Расчёт сварной балки .....	71
<b>Ашин Н.Д.</b> Применение микроконтроллеров серии STM32 для разработки системы управления волновой электростанции с применением теории о конечных автоматах .....	72
<b>Ашин Н.Д.</b> Разработка макетного образца для отработки алгоритмов управления модулями волновой электростанции .....	74

<b>Бережной А.Н., Токарев С.В.</b> Автоматизация процесса сушки сырья и готовой продукции .....	75
<b>Бодров-Горин С.Д., Нажимов А.В.</b> Сравнение методов одномерной оптимизации при зашумленных данных .....	76
<b>Васин С.А., Добротин С.А.</b> Автоматизация испарительной вентиляторной градирни .....	77
<b>Глотов Е.А., Попов А.А.</b> Исследование возмущающих воздействий в реакторе хлорирования бутадиена .....	78
<b>Горлышкова А.А.</b> Пробуксовка муфты свободного хода привода стартера .....	80
<b>Гуревич С.А., Кечкина Н.И.</b> Концептуальная модель испарителя и сепаратора в технологическом процессе производства карбамида .....	82
<b>Жарова Т.В., Куфтырева Н.А.</b> Экономическая эффективность применения регулярных и нерегулярных насадок в массообменных колоннах .....	84
<b>Завражина А.К., Кечкина Н.И.</b> Система автоматизации процесса выделения чистого триэтанолamina .....	86
<b>Задорова Д.В., Батманова В.А., Вовк К.Д.</b> Разработка и исследование модели контактного газового теплообменника с применением насадки из полимерных материалов .....	87
<b>Зайцев А.А., Диков В.А., Косырев В.М.</b> Опытное изучение плотности орошения форсунок центробежного типа .....	89
<b>Зоткин М.Д., Жаринов И.В.</b> Направления обеспечения стабильности времятоковой характеристики автоматических выключателей .....	91
<b>Игнаткина А.Д., Онищук П.Е., Телегин К.М., Клещев В.А.</b> Изучение гидродинамических характеристик современных контактных устройств из полимерных материалов для колонных аппаратов .....	93
<b>Ишеков Н.А., Кечкина Н.И.</b> Исследование процесса выделения фракций 3,4-дихлорбутена-1 в режиме периодической ректификации .....	95
<b>Канарин Д.Н., Жаринов И.В.</b> Анализ технических решений и повышение эффективности использования тепла силовых масляных трансформаторов электрических подстанций .....	97
<b>Кашицин С.М., Попов А.А.</b> Модернизация системы управления экструдера при производстве жестких пленок ПВХ .....	100

<b>Козлов Д.А., Соколов А.Е.</b> Преимущества клапанных тарелок в колонне дистилляции первой ступени в производстве карбамида .....	100
<b>Корнева А.С.</b> Инженерное проектирование автономной гидропонной установки: от разработки конструкции до верификации на модельных культурах .....	102
<b>Королев Е.А., Балахнин И.А.</b> Разработка лабораторного стенда по исследованию эффективности теплообмена вариантов подключения радиаторов отопления .....	104
<b>Коротков Н.С., Попов А.А.</b> Исследование возможности автоматического управления на стадии помола сырья в производстве газобетона .....	105
<b>Кошечкина Е.А., Наумова Е.Г.</b> Критерии эффективности системы управления процессом получения стирол-акриловой дисперсии .....	107
<b>Крюков К.А., Попов А.А.</b> Автоматизация процесса подачи сырой воды в фильтрующую установку .....	109
<b>Кузнецов Д.А., Кечкина Н.И.</b> Автоматизация холодильного отделения производства изоцианатов .....	110
<b>Кульпин И.А., Кечкина Н.И.</b> Исследование процесса десорбции окиси этилена как объекта управления .....	112
<b>Курылёв В.С., Жаринов И.В.</b> Автоматическое регулирование возбуждения синхронных генераторов высокой единичной мощности .....	114
<b>Лаптев А.Д.</b> Разработка учебного робототехнического комплекса для сортировки объектов .....	116
<b>Лещенко Е.Д., Орлов А.С.</b> Пути модернизации узла управления технологического комплекса раздела сред .....	117
<b>Зайцев Е.Э., Горюнова Д.С., Леушкина А.Е., Лукьянов Д.Р.</b> Исследование спектральных характеристик светодиодных источников света и разработка рекомендаций по оптимизации светового микроклимата .....	119
<b>Лямин Н.А., Токарев С.В.</b> Автоматизация процесса редуцирования и охлаждения пара .....	121
<b>Мастеров Т.С., Демченко О.А., Суханов Д.Е.</b> Подготовка образцов подошв обуви к испытаниям на разрыв .....	122
<b>Мясников Д.В., Хлыбов А.А.</b> Применение нейросетевого анализа изображений для диагностики изделий аддитивного производства .....	123
<b>Орехов Д.О., Лобаев А.Н., Кулигина Н.О.</b> Концептуальная модель сорбции газовых смесей .....	125

<b>Отмахова С.В., Сидоров И.А.</b> Разработка технологии жидкостного охлаждения для малых летательных аппаратов .....	128
<b>Панин М.С.</b> Применение методов машинного обучения для прогнозирования отказов технических систем .....	130
<b>Панин М.С.</b> Применение теории инвариантных множеств в задачах прогнозирования технического состояния. Общий подход .....	131
<b>Панин М.С.</b> Статистические методы прогнозирования технического состояния: возможности и ограничения .....	132
<b>Поляков Д.А., Диков В.А.</b> Изучение и анализ установок для вакуумного нанесения тонких плёнок .....	134
<b>Прокофьев Е.Д., Кропылёва С.И., Малочкина Ю.А., Жарова Т.В.</b> Исследование теплообменных характеристик спиральных каналов теплообменной рубашки .....	135
<b>Сагин Н.В., Коршунов А.М., Кузнецов С.О., Малыгин А.Л.</b> Состояние и перспектива развития грузового подвижного состава на водородном топливе.....	137
<b>Смирнова А.С., Кечкина Н.И.</b> Концептуальная модель стриппера в технологическом процессе производства карбамида .....	138
<b>Соснин А.Ю., Кечкина Н.И.</b> Исследование процесса вакуумной перегонки мазута как объекта управления .....	140
<b>Стрюков А.С., Попов А.А.</b> Модернизация системы управления испарителем в процессе отпарки кислой воды .....	142
<b>Телегин К.М., Суханов Д.Е., Демченко О.А.</b> Разрывная машина NS-UT-5PC для исследования прочности материалов .....	143
<b>Тутанина Е.М., Сидягин А.А., Жарова Т.В., Степыкин А.В.</b> Сравнение мокрых и сухих градирен .....	144
<b>Ушаков И.И., Попов А.А.</b> Модернизация системы управления узла синтеза карбамида .....	146
<b>Филипенко Р.С., Никандров И.С., Малыгин А.Л., Афонин Н.С.</b> Снижение стоимости транспортного средства в процессе его эксплуатации .....	147
<b>Хлытин А.В., Жаринов И.В.</b> Проблемы встраивания объектов зеленой энергетики в энергосистему .....	148
<b>Хорьков А.А., Лазарева Е.И.</b> Проектирование таймера с памятью для УФ-лампы .....	150
<b>Цепилов В.Е., Романова Т.М., Балахнин И.А.</b> Современные технологии АЭС .....	151

<b>Чирков М.А., Лукьянов Д.Р., Панов В.В., Шанин И.Д.</b> Факторы, влияющие на процесс 3D-сканирования.....	152
<b>Шмаров А.А., Краснов Ю.В.</b> Логарифмический закон суммирования усталостных повреждений .....	155
<b>Явров Б.С., Загидуллин В.Ф., Явров С.С., Борисова П.А., Вовк К.Д.</b> Разработка лабораторного стенда по изучению распределителей газа барботажных аппаратов .....	158
<b>Якубенко А.В., Кечкина Н.И.</b> Анализ узла приготовления горячей воды в производстве аминных продуктов «Синтез ОКА» как объекта управления .....	160
<b>Секция «Химия» .....</b>	162
<b>Абрамова К.С.</b> Полибутилметакрилат для реставрации живописи .....	162
<b>Архипова В.О., Анисимова С.В., Левицкая А.В.</b> Влияние полимерного проклеивающего агента на свойства бумаги .....	163
<b>Байдаченко В.Е., Баринов Д.С., Смирнов М.А., Найденова А.А., Кулаков М.В.</b> Исследование стабильности гиперсульфированного катионита в процессе непрерывной этерификации жирных кислот .....	167
<b>Баринов Д.С., Чужайкин И.Д., Байдаченко В.Е., Бондалетов В.Г.</b> Повышение эффективности и стабильности биметаллических силикалитов Fe-Si в процессах окислительной очистки сточных вод .....	168
<b>Белин Б.П.</b> Получение сорбента с сульфоновыми группами для очистки воды.....	171
<b>Варенцова Д.Д., Куфтырева Н.А., Корсукова А.В.</b> Внедрение экологически чистых реакций на мировом рынке .....	172
<b>Вихирева А.Д., Лёшина М.Н., Петровская Н.А.</b> Получение водных полиуретановых дисперсий с использованием внутренних эмульгаторов разной химической природы .....	173
<b>Горбунов Н.С., Доронкина Ю.С., Карпычев Ю.В., Карпычева Ю.С., Коротина Ю.С.</b> Разработка способа получения хлорпарафенилендиамина .....	175
<b>Горлышкова А.А.</b> Влияние вредных примесей на качество бензина....	176
<b>Гурьева А.</b> Определение содержания йода в продуктах питания и БАДах.....	177
<b>Долинов Я.В., Спицина Е.Б., Казанцев О.А., Орехов Д.В., Савинова М.В., Мельников Л.Г., Долотов Д.С.</b> Исследование	

синтеза и свойств (со)полимеров ионен- и олиго(этиленгликоль)метакрилатов в водных и водно-гексановых растворах .....	178
<b>Ионова Э.А., Качалова Е.А., Дранишникова Л.И.</b> Очистка сточных вод текстильной промышленности от синтетических красителей, замена их на природные аналоги .....	180
<b>Кондин А.С.</b> Влияние наполнителей на характер разрушения клеевого шва эпоксидного адгезива .....	182
<b>Корнева А.С.</b> Некоторые биохимические показатели смешанной слюны при употреблении электронных сигарет: химический аспект ....	183
<b>Корсукова А.В., Варенцова Д.Д., Ожогина О.Р.</b> Биодegradация полиэтилентерефталата: перспективы использования живых систем ...	186
<b>Корсукова А.В., Варенцова Д.Д., Ожогина О.Р.</b> Снижение выбросов CO <sub>2</sub> : современные технологии производства аммиака .....	187
<b>Коршунова М.В., Доронкина Ю.С., Карпычев Ю.В., Карпычева Ю.С., Баврина А.П.</b> Разработка технологичного способа получения 2-хлор-4-нитроанилина .....	188
<b>Малков В.Э., Шишулина А.В.</b> Оценка влияния эмульгирующей системы на агрегацию полимерных частиц в высококонцентрированных клеевых композициях .....	189
<b>Овсянов М.А.</b> Проблемы утилизации химических источников тока в Нижегородской области .....	191
<b>Смирнов М.А., Байдаченко В.Е., Найденкова А.А., Кулаков М.В.</b> Влияние времени ультразвуковой обработки на эффективность экстракции липидов из биомассы микроводорослей ....	192
<b>Цет П.Д.</b> Изучение физико-механических свойств нетканых материалов и замена их на биоразлагаемые аналоги .....	193
<b>Шिशкин А.И., Суханов Д.Е.</b> Конструкция реактора для получения аморфного бора плазмохимическим методом .....	194
<b>Шуравин А.С., Соболева С.А., Калинина А.А., Соколова Т.Н.</b> Гравиметрия в выявлении возможности солей тетразолия ингибировать микромицетную коррозию сталей .....	195
<b>Алфавитный указатель</b> .....	199

Петровский А.М., Балахнин И.А., Харитоновна И.Ю., Степыкин А.В.,  
Симагин А.С., Федосова М.Е.

**СЕДЬМАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«НАУЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ-2026»**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

С 22 по 24 апреля 2026 г. в очно-заочном формате на площадке Дзержинского политехнического института НГТУ им. Р.Е. Алексеева прошла седьмая Региональная молодежная научно-техническая конференция «Научные перспективы-2026». Организаторами конференции по секциям «Химия», «Техника», «Программирование» традиционно выступили Администрация городского округа город Дзержинск и Дзержинский политехнический институт. Темой конференции стало «Обсуждение научных исследований и разработок молодежи Приволжского федерального округа».

Конференция проводилась с целью развития молодежных инициатив в области научно-технического творчества, представления и обсуждения актуальных научно-исследовательских проектов, а также системного взаимодействия молодежи, проявляющей интерес к научной работе, на региональном уровне.

Участниками конференции в основном стали жители Приволжского федерального округа в возрасте от 14 до 35 лет. В адрес оргкомитета конференции поступило 117 заявок на участие от школьников 8 - 11 классов Дзержинска, в том числе от слушателей школ Центра свободного доступа (ЦСД) ДПИ НГТУ: Химической, Технической, Программирования; учащихся школ, лицеев, гимназий Нижнего Новгорода, а также студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей, научных сотрудников Нижегородского государственного технического университета им.Р.Е. Алексеева (НГТУ), Дзержинского политехнического института НГТУ им. Р.Е. Алексеева (ДПИ НГТУ), Арзамасского политехнического института НГТУ им. Р.Е. Алексеева (АПИ НГТУ), Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ), Дзержинского филиала ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижегородского филиала НИУ «Высшая школа экономики», учащихся СПО ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Заявки на участие в конференции прислали также молодые сотрудники ряда промышленных предприятий, в частности, АО «Государственный научно-исследовательский институт машиностроения им. В.В. Бахирева», АО «Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров имени академика В.А. Каргина с опытным заводом», АО «ГосНИИ «Кристалл», ООО «Компания ХОМА» и ряда

других. Активную помощь в подготовке докладов школьникам и студентам оказали педагоги вузов, техникумов, колледжей, учителя школ г. Дзержинска и региона.

При отборе тезисов докладов для публикации в сборнике учитывались актуальность, новизна, оригинальность подходов, возможность практического применения и то, насколько хорошо в статье были описаны инструменты и методы, которые использовали авторы для реализации своих проектов. Тематика представленных докладов была разнообразной и затрагивала существенный диапазон научно-технического творчества, в том числе прикладных аспектов.

В первый день работы конференции были заслушаны доклады по секциям «Химия» и «Программирование».

На участие в секции «Химия» было подано 24 заявки, по итогам рассмотрения которых было принято к публикации 23 тезиса докладов. В том числе от учащихся школ поступило 6 работ и 16 работ было подано студентами, аспирантами, а также выпускниками ДПИ НГТУ, работающими по полученной специальности на различных предприятиях г. Дзержинска.

Для очного выступления были отобраны 10 докладов. В этом году было принято решение разделить выступления учащихся школ и более опытных участников. В состав комиссий, оценивающих выступления докладчиков, вошли преподаватели и научные сотрудники кафедры «Химические и пищевые технологии» (ХПТ) ДПИ НГТУ. Выступления школьников оценивали доценты кафедры ХПТ, кандидаты наук Ожогина О.Р., Постникова И.Н., Симагин А.С. и старший преподаватель Спицина Е.Б. В этой секции были заслушаны пять докладов учащихся школ Дзержинска и Нижнего Новгорода. Тематика всех работ отличалась актуальностью; также можно отметить ориентированность большей части докладов на вопросы охраны природы или здоровья человека.

Места у школьников распределились следующим образом. Первое место было присуждено докладу Овсянова Максима из МБОУ «Средняя школа № 27» г. Дзержинска, посвященному теме «Проблемы утилизации химических источников тока в Нижегородской области». Работа этого участника отличалась не только большой практической значимостью, но и серьезной глубиной проработки материала.

Второе место было присуждено сразу двум участницам конференции – это Цет Полина из МБОУ «Средняя школа № 27» г. Дзержинска и Корнева Алина из МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы» г. Нижнего Новгорода. Полина Цет представила доклад на тему «Изучение физико-механических свойств нетканых материалов и их замена на биоразлагаемые аналоги», в котором рассмотрела свойства одного из

крайне распространенных типов полимерных отходов, образующихся в быту – нетканых салфеток, а также предложила для них экологически безопасные альтернативы. Алина Корнева рассмотрела в своем докладе «Некоторые биохимические показатели смешанной слюны при употреблении электронных сигарет: химический аспект» проблему курения вейпов школьниками. В ходе исследования были показаны изменения ряда частных показателей человеческой слюны под влиянием курения.

Третье место также было присуждено двум участницам – Ионовой Элине из МБОУ «Средняя школа № 27» г. Дзержинска и Горлышковой Анастасии из МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы» г. Нижнего Новгорода. Работа Элины Ионовой «Очистка сточных вод текстильной промышленности от синтетических красителей, замена их на природные аналоги» опять же была посвящена актуальным природоохранным вопросам. Работа Анастасии Горлышковой «Влияние вредных примесей на качество бензина», посвященная оценке качества топлива на одной из сетевых АЗС, продемонстрировала, что даже в отсутствие сложного лабораторного оборудования практически у любого автолюбителя существует возможность оценки некоторых существенных показателей качества моторного топлива.

Работы учащихся и выпускников ДПИ НГТУ оценивала комиссия в составе доцентов кафедры «Химические и пищевые технологии», кандидатов химических наук Орехова С.В. и Сивохина А.П., а также научных сотрудников кафедры – Чужайкина И.Д. и Отопковой К.В. Все представленные работы были выполнены на высоком научном уровне, а многие из них имеют хорошие перспективы найти практическое применение.

По результатам заседания секции первое место было присуждено самому молодому участнику – студенту второго курса группы 24ХТ Белину Борису за доклад на тему «Получение сорбента с сульфоновыми группами для очистки воды». В своей работе автор предложил способ получения полианионных сорбентов для удаления из сточных вод тяжелых металлов и красителей, используемых в текстильной промышленности.

Второе место разделили две работы – это «Влияние полимерного проклеивающего агента на свойства бумаги» Архиповой Вероники, сотрудницы ООО «Компания Хома» и одновременно магистрантки группы М25ХТ ДПИ НГТУ, а также работа «Разработка технологичного способа получения 2-хлор-4-нитроанилина» Коршуновой Марии, сотрудницы ГосНИИ «Кристалл» и магистрантки группы М24ХТ ДПИ НГТУ.

Третье место заняли также две работы. Первая, «Разработка способа получения хлорпарафенилендиамин», Горбунова Никиты (АО «ГосНИИ «Кристалл», магистрант М24ХТ ДПИ НГТУ) и «Исследование синтеза и свойств (со)полимеров ионен- и олиго(этиленгликоль)метакрилатов в водных и водно-гексановых растворах» аспиранта НГТУ Долинова Ярослава.

22 апреля прошло заседание и секции «Программирование» конференции «Научные перспективы-2026». Было принято 35 заявок на участие, из которых было отобрано 8 докладов для заслушивания, обсуждения и оценки жюри.

Членами жюри секции выступили: Сидоров И.А., АО «НПО «Базальт», начальник отдела; Чилин А.Л., Open Design Alliance, руководитель проекта; Алешин Д.В., АО «ГосНИИ «Кристалл», начальник управления цифровой трансформации; Жуков И.В., ООО «СТМ», ведущий разработчик ПО; Осипов В.Н., ООО «РиверСистем», руководитель R&D отдела, к.т.н; Сазанов Е.В., ООО «РВ 3Д-Технологии», разработчик-алгоритмист; Харитонов И.Ю. (председатель жюри), ДПИ НГТУ, кафедра АЭМИС, доцент, к.т.н.

Можно отметить высокие профессиональные качества членов жюри, их равнодушное отношение к подготовке молодых подрастающих кадров IT-отрасли. Большинство из них принимают участие в оценке докладов уже много лет.

В этом году расширилась география участников конференции. Были доклады из Арзамасского политехнического института, из НГТУ, из Дзержинского филиала ННГУ. К сожалению, среди заявок, присланных на конференцию в этом году, работы школьников оказались в меньшинстве (только 8 докладов, 6 из которых – представители Школы программирования ДПИ НГТУ).

Все присланные тезисы докладов можно разбить на несколько тематических групп: Машинное обучение, Нейросети, Искусственный интеллект (5 докладов); Математическое моделирование и оптимизация (7 докладов); Разработка приложений (4 доклада); Web-программирование (2 доклада); Использование IT-технологий в бизнесе и образовании (4 доклада); Создание компьютерных игр (2 доклада); Защита информации (11 докладов).

Как легко увидеть из этого перечня, значительная доля докладов, как и в прошлом году, посвящена теме защиты информации. Но в этом году, в условиях цифровой трансформации предприятий, всё более широкое распространение получают технологии искусственного интеллекта, применяемые для анализа данных, автоматизации процессов и поддержки принятия решений. Именно этому, в основном, были посвящены доклады.

В основе критериев отбора заслушиваемых докладов были такие показатели: актуальность выбранной темы; эффективность инструментов и методов реализации поставленной задачи; логичность изложения сути выполненной работы в тезисах.

Заседание секции проходило в 2 этапа: школьники и доклады студентов ВУЗов. В каждом из этапов присутствовало несколько по-настоящему сильных докладов.

Среди школьных работ жюри определило следующих победителей и призеров секции «Программирование».

Первое и второе место заняли представители Школы программирования ДПИ НГТУ с работами «Генератор паролей» и «Решение математической задачи с помощью средств программирования языка C++», авторы Корнев Лев, учащийся МБОУ «Средняя школа № 7» и Васильев Владимир, студент ДПИ НГТУ, куратор проекта.

Третье место – также в активе Школы программирования. Жюри была отмечена работа «Таблица частоты символов», авторы Тормышев Александр и Васильев Владимир из ДПИ НГТУ.

Отдельно жюри секции «Программирование» выделило работу «Создание компьютерной игры в ретро-стиле» Шевченко Глеба из МБОУ «Средняя школа № 32», отдав ему 4 место.

У студентов места распределились следующим образом. Членами жюри 1 место было присуждено за работу «Обучение модели реконструкции 3d-сцены по фотоизображениям с использованием алгоритма 3d-gaussian splatting», отличился студент ДПИ НГТУ Усов Арсений. Его высокий профессиональный уровень и актуальность выбранной темы были отмечены всеми членами жюри.

На втором месте – работа «Математическая модель кристаллизации и плавления наночастиц и ее программная реализация (на примере тяжелого псевдосплава W-Cr)», авторы – студенты ДПИ НГТУ Кураева Анна и Шишулин Александр.

Третье место было присуждено двум работам: «Проблемы синтеза русскоязычной речи в современных аудиогенеративных ИИ-моделях», авторы - Тараканов Денис, Высоцкий Леонид из Нижегородского филиала НИУ «Высшая Школа Экономики»; «Повышение надёжности аутентификации на основе интеграции голосовых и лицевых биометрических признаков», авторы - Васильева Анастасия, Сидоров Иван из ДПИ НГТУ.

Каждый из отобранных докладов был внимательно заслушан (от 5 до 10 минут) членами жюри и гостями конференции. Прения по докладу иногда занимали достаточно много времени (до 20 минут) и характеризовались высоким интеллектуальным уровнем и

профессионализмом. Члены жюри давали ценные советы относительно используемых методов программирования, рекомендовали литературу, предлагали изучать новые инструменты и технологии, которые активно используются в последние годы. У каждой программной разработки были отмечены сильные и слабые стороны, уровень актуальности выбранной темы и эффективность ее программного воплощения.

Все докладчики были хорошо подготовлены, демонстрировали неподдельный интерес к своей работе, профессионально и уверенно отвечали на вопросы. Презентации отлично отражали суть проделанной работы и удачно дополняли доклад. Приятно было видеть заинтересованных и эрудированных школьников и студентов.

Хотелось бы отметить также доклады на актуальные темы, которые не были заслушаны по причине невозможности докладчиков присутствовать на конференции: «Интеграция эволюционных алгоритмов в цикл разработки игровых движков: от физики низкого уровня до нейроэволюции поведенческих моделей», все авторы из Нижнего Новгорода - Аулов Василий, Баринов Алексей, Волков Артём, Иващенко Егор, Шишкин Евгений, Родионов Георгий, Ларионов Максим - СПО ННГУ, МАОУ «Гимназия № 13», МБОУ «Лицей № 40», МАОУ «Школа № 118», МАОУ «Школа № 3»; «Разработка алгоритмов заполнения и вытеснения кэша для серверных приложений», авторы – студентка ДПИ НГТУ Козлова Алена, и преподаватель кафедры АЭМИС ДПИ НГТУ Сидоров Иван; «Обеспечение безопасности использования искусственного интеллекта при работе с базами данных в условиях секретности предприятий», авторы - Калинин Дмитрий, магистрант ДПИ НГТУ и Кулигина Наталья, преподаватель кафедры АЭМИС ДПИ НГТУ; «Протокольная реализация динамической аутентификации в распределенных системах подвижных автономных устройств», авторы – магистрант ДПИ НГТУ Чернышова Софья и Нажимова Наталья, доцент кафедры АЭМИС ДПИ НГТУ.

По мнению организаторов работы секции, членов жюри конференция в этом году приобрела настоящую научно-практическую направленность с фокусом на ИИ, машинное обучение и применение современных технологий и инструментов для решения производственных задач. Во время обсуждения докладов шел активный процесс создания и развития личных и профессиональных знакомств для решения бизнес-задач, карьерного роста и обмена информацией. И это был не просто обмен мнениями, а эффективное налаживание взаимовыгодных отношений, в основе которых четко просматривался ключевой принцип — искреннее желание помочь другим.

В ходе работы секции был замечен глубокий уровень проработки технических докладов, фокус которых в этом году сместился с чисто теоретических выкладок на решение реальных задач: автоматизация навигации, нейросети в диагностике и принятии решений. Видно было, что участники от года к году превращаются в серьезных разработчиков и инженеров.

Так, проекты в сфере машинного обучения в этом году стали еще сложнее и интереснее. Ребята не просто использовали стандартные библиотеки, но и предлагали собственные уникальные решения. И конференция показала, что может стать хорошей площадкой для обсуждения будущего прикладного ИИ.

«Программа секции «Программирование» охватила все — от образовательного софта до управления безопасностью баз данных с использованием ИИ. Самым ценным, помимо докладов, стала возможность напрямую пообщаться с авторами разработок. Отличный импульс для развития профессиональных качеств как школьников, так и студентов. Очень порадовал живой диалог между спикерами и залом — вопросы не утихали даже в перерывах. Видно, что ребята зарядились идеями и новыми знакомствами», - отметила председатель жюри секции Ирина Харитонова.

Словом, «все было по делу и без воды». При этом темы про ИИ и безопасность данных отмечаются экспертами как «самые горячие», и по их оценке, «разбор реальных задач даст старт программным разработкам для представления на следующей конференции».

Секция «Техника» традиционно собрала под своим крылом пытливые умы — студентов, магистрантов, начинающих исследователей, для которых инженерия стала не просто профессией, а призванием. Сборник включил 59 докладов, и каждый из них — маленькое открытие, шаг вперед в мире автоматизации, энергетики, химической технологии и робототехники.

Так, школьники представили 9 докладов. Студенты (бакалавры, магистры, аспиранты), работники предприятий и преподаватели Вузов - 50 докладов.

Подведем итоги работы секции «Техника» по школьникам.

Были заслушаны все 9 докладов школьных команд. В результате было присвоено одно первое, одно второе и два третьих места.

1 место занял доклад «Изучение гидродинамических характеристик современных контактных устройств из полимерных материалов для колонных аппаратов», авторы – Игнаткина Анастасия, учащаяся 10 класса МБОУ «Средняя школа № 20»; Онищук Полина, учащаяся 11 класса МБОУ «Средняя школа № 40» (г. Дзержинск), кураторами ребят

выступили бакалавры группы 23-ТМО из ДПИ НГТУ Телегин Константин и Клещев Вадим.

2 место занял доклад «Инженерное проектирование автономной гидропонной установки: от разработки конструкции до верификации на модельных культурах», автор – Корнеева Алина, учащаяся 10-Б класса МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы» (Нижний Новгород).

Первое 3 место занял доклад «Разработка и исследование модели контактного газового теплообменника с применением насадки из полимерных материалов», авторы – Батманова Вера, учащаяся 11 класса МБОУ «Средняя школа № 40»; Задорова Дария, учащаяся 10 класса МБОУ «Средняя школа № 20» (г. Дзержинск), куратор – Вовк Кирилл, бакалавр группы 23-ТМО ДПИ НГТУ.

Второе 3 место занял доклад «Факторы, влияющие на процесс 3D-сканирования», авторы – Панов Владимир, учащийся 11 класса МБОУ «Средняя школа № 40»; Шанин Иван, учащийся 10 класса МБОУ «Средняя школа № 71» (г. Дзержинск), кураторы – бакалавры группы 23-ТМО ДПИ НГТУ Чирков Михаил и Лукьянов Дмитрий.

В состав жюри вошли представители кафедры ТОТС ДПИ НГТУ: к.т.н, доцент Балахнин И.А.; к.т.н., доцент Демченко О.А.; старший преподаватель Бухаров Д.М.; старший преподаватель Тутанина Е.М.; аспирант Горюнов Н.С.; аспирант Малыгин Л.А.

Состав участников школьных команд был представлен учениками 8-х, 9-х, 10-х и 11-х классов городов Дзержинска и Нижнего Новгорода.

В этом году в Технической школе команда кураторов значительно «помолодела». Если в прошлых годах кураторами становились старшие преподаватели и аспиранты, то в этом году – исключительно бакалавры 3-го года обучения. Некоторые из них в свое время также дебютировали на научной конференции, будучи еще школьниками. Поэтому можно уверенно сказать, что в Технической школе ДПИ НГТУ на кафедре ТОТС устойчиво заработал образовательный конвейер школьник–слушатель Технической школы–студент ДПИ НГТУ. Кроме того, многие школьники выступают на конференции не первый раз, т. к. посещают Техническую школу 2 или 3 года подряд.

В связи с этим особо хочется отметить Жарову (Балову) Татьяну, которая 3 года посещала Техническую школу ДПИ НГТУ, каждый год успешно выступая на конференции, затем неоднократно выступала в качестве куратора школьных команд и в этом году в качестве капитана вывела свою команду в финал международного студенческого инженерного чемпионата CASE-IN по направлению Нефтехимия и в мае в Москве будет сражаться за победу.

Работы школьных команд, как всегда, были очень разнообразные и актуальные, они в полной мере отражали развитие современных инженерных технологий.

Обучаясь в Технической школе, школьники научились работать в отечественной графической САД-системе Компас 3D, поэтому все проекты содержат изделия, напечатанные на 3D-принтере. Ученики научились работать с 3D-сканером и спектрометром GL SpectroSoft. В ходе обучения в Технической школе ребята ознакомились с технической литературой, создавали лабораторные исследовательские установки, проводили испытания прототипов химического оборудования, изучали методы обработки результатов и построения графиков.

Еще отличительным событием этого года является участие школьников из Нижнего Новгорода. Два выступления на конференции сделали учащиеся МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы».

Вместе с выступлением участников Технической школы и их наставников, своими наработками поделились другие студенты Дзержинского политехнического института. Работы традиционно связаны с направлениями основных специальностей ВУЗа. Их можно разделить на машиностроительное направление (химическое машиностроение), доклады в области электроэнергетики и доклады в области автоматизации технологических процессов.

Большинство ребят выбрало заочный вариант участия. Сами работы имели практическую направленность и связаны с текущей работой студентов в рамках практики, дипломного выпускного проектирования. Из представленных работ около 10 были допущены к защите.

Но особенно ярко на этом фоне звучали голоса тех, кто только входит в науку, но уже готов менять её лицо, — студентов и магистрантов ДПИ НГТУ.

Одним из отобранных докладов является работа Отмаховой Светланы, студентки второго курса. Её доклад о разработке технологии жидкостного охлаждения для малых летательных аппаратов связан с повышением эффективности системы охлаждения таких аппаратов с учетом габаритов. Девушка не только предложила оригинальную компоновку, но и доказала: ресурс двигателя можно увеличить. Докладчик занял третье место.

Следом Бережной Александр, уже четвёртый курс, погрузил слушателей в реальность пищевых и химических производств. Доклад «Автоматизация сушки сырья и готовой продукции» — это не просто датчики и контроллеры, а философия бережливого производства. Его предложения в перспективе способны снизить энергозатраты.

Ориентированным на практику оказался доклад Крюкова Кирилла — «Автоматизация подачи сырой воды в фильтровальную установку». Он показал, как защитить насос от кавитации, не переполнить фильтр и получить кристально чистую воду на выходе. Система, по его словам, уже может быть опробована.

Четвёртый курс ДПИ НГТУ активно участвовал в конференции, в частности Ушаков Иван представил доклад «Модернизация управления узлом синтеза карбамида» — сложнейшего химического процесса. Он смело заменил устаревшие регуляторы на каскадные ПИД-алгоритмы, и моделирование показало: процесс стал стабильнее.

Нельзя не отметить и доклад Лаптева Алексея, студента Арзамасского политехнического института, он порадовал всех робототехникой. Его учебный комплекс для сортировки объектов — это настоящий тренажёр для будущих инженеров: контроллер, датчики цвета, сервоприводы и умный алгоритм, который раскладывает детали.

Но вернёмся к магистрантам ДПИ НГТУ. Их выступления «звучали уже по-взрослому». Завражина Александра разработала систему автоматизации выделения чистого триэтанолamina — вещества, востребованного в косметике и промышленности. Она спроектировала АСУ ТП ректификационной колонны с необычным датчиком — спектрофотометром, который «видит» состав продукта в реальном времени.

Кузнецов Дмитрий посвятил свой доклад холодильному отделению производства изоцианатов. Многосвязная система управления, компенсация перекрёстных связей, регуляторы перегрева, что даёт экономию в производстве.

Стрюков Александр и Кашицин Сергей работали под эгидой модернизации. Первый укротил испаритель в процессе отпарки кислой воды, заменив грубое позиционное регулирование на плавное, непрерывное. Второй — управление экструдером для ПВХ-плёнок, добившись стабильной температуры по зонам и идеальной толщины готового материала.

Жарова Татьяна, студентка, провела обзор: какие насадки в массообменных колоннах выгоднее — регулярные или нерегулярные? Её расчёты убедили: регулярные окупаются быстрее, несмотря на более высокую начальную цену. Татьяна заняла второе место.

Но есть доклад, который хочется выделить особо. Чирков Михаил — студент ДПИ НГТУ — выступил с обзором конструкций пленочных аппаратов. Его доклад оказался самым содержательным. Михаилу присуждено первое место после обсуждений результатов.

Таким образом, секция «Техника» вновь подтвердила: молодые исследователи способны решать сложнейшие задачи — от синтеза карбамида до калибровки 3D-сканеров. И хочется верить, что все отобранные доклады войдут в итоговый сборник и лягут в основу реальных инженерных решений.

По итогам работы всех секций хочется сказать, что в ходе выступлений докладчиков во всей своей полноте проявилась мощная энергетика форума: дискуссии получились жаркими, а обсуждения — глубокими. Никаких «докладов ради докладов» — только реальный обмен опытом и доброжелательные споры об эффективности используемых технологий после каждого выступления.

В заключение хотим поблагодарить всех, кто прислал свои тезисы докладов в оргкомитет конференции по всем трем секциям, и желаем всем ее участникам, авторам сборника новых творческих достижений и дальнейшей успешной карьеры как по образовательно-научной, так и жизненной траектории. Удачи и до новых встреч уже в рамках новой конференции «Научные перспективы-2027»!

## СЕКЦИЯ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ»

УДК 004.421

Абрамова С.А., Гундорина А.В., Рабынина А.А., Лещенко Е.Д.

### **АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ДАТЫ ПАСХИ: РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ГАУССА НА ЯЗЫКЕ C++**

МБОУ «Гимназия № 38», г. Дзержинск,

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В статье рассматривается проблема алгоритмизации вычисления даты христианской Пасхи, зависящей от сложных астрономических и исторических факторов. Обосновывается выбор метода Карла Фридриха Гаусса как наиболее элегантного и детерминированного способа решения задачи для ограниченного цикла (1900–2099 гг.). На основе формализованного алгоритма представлена реализация консольного калькулятора на языке C++, демонстрирующая синтез математического наследия с современными инструментами разработки прикладного программного обеспечения.

Проблема определения дня Пасхи веками оставалась одной из самых сложных календарных задач. В отличие от фиксированных дат, Пасха относится к переходящим праздникам, вычисляемым по лунно-солнечному календарю. Главная сложность заключается в необходимости синхронизировать тропический год, фазы Луны и установленное церковное правило о праздновании в первое воскресенье после первого полнолуния, наступающего после дня весеннего равноденствия. Для человека, далекого от астрономии, ручной расчет представляет собой трудоемкий процесс, требующий обращения к пасхальным таблицам.

Исторически попытки формализовать вычисления предпринимались еще в Александрийской церкви, однако именно великий математик Карл Фридрих Гаусс в начале XIX века предложил собственный метод, сводящий задачу к набору целочисленных арифметических операций. Его алгоритм не требует знания астрономии; он оперирует остатками от деления номера года на фиксированные числа (19, 4 и 7), отражающие метонов цикл и недельный ритм. Этот подход стал революционным, позволив получать результат без использования громоздких таблиц.

В основе разрабатываемого калькулятора лежит метод Гаусса. Для года  $Y$  вводятся переменные:

$$a = Y \bmod 19,$$

$$b = Y \bmod 4,$$

$$c = Y \bmod 7.$$

Далее вычисляются вспомогательные величины:

$$d = (19a + 15) \bmod 30,$$

$$e = (2b + 4c + 6d + 6) \bmod 7.$$

Дата Пасхи по старому стилю определяется как  $(22 + d + e)$  марта. Если сумма превышает 31, дата переносится на апрель. Обоснование метода кроется в строгом соответствии констант (15, 6, 22) параметрам лунного цикла и смещению дней недели. Несмотря на кажущуюся простоту, метод Гаусса содержит ограничения: он корректен для периода с 1900 по 2099 год, так как константы зависят от поправок между юлианским и григорианским календарями.

Реализация данного метода на языке C++ подчеркивает практическую ценность алгоритма. Язык был выбран благодаря его эффективности для целочисленных вычислений и наглядности структуры. Программа представляет собой консольное приложение, которое запрашивает у пользователя год, последовательно вычисляет остатки от деления и, применяя условные операторы для коррекции (исключения особых случаев, таких как совпадение с иудейской Пасхой), выводит результат в формате «день/месяц». Такой подход демонстрирует не просто навыки программирования, но и способность интерпретировать математическое наследие, превращая абстрактную теорию чисел в инструмент решения реальной прикладной задачи.

### Библиографический список

1. Гаусс, К.Ф. Методы вычисления пасхалии / К.Ф. Гусс // Труды Королевского общества наук в Гёттингене. — Гёттинген, 1800. — Т. 2. — С. 65–70.
2. Селешников, С.И. История календаря и хронология / С.И. Селешников. — М.: Наука, 1977. — 224 с.
3. Страуструп, Б. Язык программирования C++. Специальное издание / Б. Страуструп. — М.: Бином-Пресс, 2011. — 1136 с.
4. Меннингер, К. История цифр. Числа, символы, слова / К. Меннингер. — М.: Центрполиграф, 2011. — 543 с.

УДК 004.272

Ануфриев В.А., Нажимова Н.А.

### **ДВУХКОНТУРНАЯ АРХИТЕКТУРА ГИБРИДНОГО ДЕТЕКТОРА МУЛЬТИАККАУНТОВ**

Держинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Задача детекции мультиаккаунтов в цифровых сервисах состоит в быстром выявлении подозрительных случаев и обнаружении скрытых

связей между учётными записями, устройствами и сетевыми сущностями. Использование только технических фильтров позволяет быстро отсекают очевидно подозрительные случаи, однако не обеспечивает устойчивого выявления сложных схем обхода. Изолированное применение поведенческого или графового анализа, напротив, повышает полноту детекции, но требует истории признаков и дополнительных вычислительных затрат.

Совместить быстродействие и глубину анализа позволяет двухконтурная архитектура гибридного детектора. Потоки клиентских и серверных событий проходят проверку схем, дедупликацию, унификацию временных меток и обогащение служебными полями, после чего из подготовленных данных извлекаются признаки. Для обоих контуров используется единое признаковое хранилище, что позволяет сохранить единую признаковую основу детектора.

Первый контур ориентирован на минимальную задержку обработки и выполняет первичную фильтрацию по техническим признакам, характеризующим подключение, устройство и сессию. Это позволяет выявлять аномалии уже на этапе первого обращения без обращения к истории признаков.

Второй контур опирается на историю поведенческих и графовых признаков. Он выявляет устойчивые шаблоны действий, повторяющиеся сценарии активности и скрытые связи между сущностями, что позволяет обнаруживать более сложные схемы мультиаккаунтинга.

Результаты обоих контуров объединяются при формировании итоговой оценки риска мультиаккаунтинга. Это позволяет использовать первичную техническую фильтрацию и углублённый анализ как взаимодополняющие элементы единой схемы детекции.

УДК 004.021

Аулов В.И., Баринов А.Д., Волков А.А., Иващенко Е.В., Родионов Г.А.,  
Шишкин Е.А., Ларионов М.А.

**ИНТЕГРАЦИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ  
В ЦИКЛ РАЗРАБОТКИ ИГРОВЫХ ДВИЖКОВ:  
ОТ ФИЗИКИ НИЗКОГО УРОВНЯ ДО НЕЙРОЭВОЛЮЦИИ  
ПОВЕДЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

ГБУДО ЦМИНК «Кванториум», г. Нижний Новгород

Современные игровые движки и системы поведенческого ИИ предлагают готовые, но жестко детерминированные решения. Их ключевой недостаток — отсутствие гибкости на этапе прототипирования механик и невозможность адаптивного усложнения поведенческих

моделей без ручного переписывания логики. Предлагаемый подход направлен на создание модульной архитектуры, где эволюционные алгоритмы выступают не как надстройка, а как нативный инструмент разработки, позволяющий автоматизировать поиск оптимальных решений генетическим алгоритмом.

Для реализации замкнутого цикла разработки была выбрана низкоуровневая экосистема: язык C++ (стандарт C++17) обеспечивает максимальную производительность вычислений, критичную для симуляции популяций. Графический вывод реализован на OpenGL 3.3 Core с использованием SFML для управления окном и контекстом, что позволило создать легковесный инструментарий для визуализации эволюционных процессов без оверхеда готовых коммерческих движков.

Ключевой особенностью работы является разработка собственных движков.

1. Графический движок позволяет рендерить 3d-модели и покадровые анимации, спроектирован для отладочной визуализации функций оценки и траекторий агентов в реальном времени.

2. Физический движок - кастомная реализация физики поступательного, вращательного движений и упругого и не упругого взаимодействий.

В докладе рассматривается двухуровневая система обучения ботов. Прimitивные агенты используют жестко заданные эвристики (движение на игрока), выступая в роли baseline для сравнения. «Умные» боты реализуют нейроэволюционный подход: топология и веса нейронной сети (входные сенсоры, выходные актуаторы) оптимизируются классическим генетическим алгоритмом. Среда обитания представляет собой арену, где сущности, обладающие различными игровыми возможностями (скорость, дальность атаки, здоровье) и закодированными нейросетевыми паттернами, конкурируют за ресурсы, что ведет к спонтанному усложнению поведенческих стратегий.

В качестве практической области применения выбрана ниша roguelike (игры с процедурной генерацией и необратимой смертью). Представлен метод эволюционной генерации лабиринтов, где генетический алгоритм оптимизирует связность и ветвление уровней, интегрируясь с физическим движком для проверки проходимости сгенерированных пространств нестатическими агентами.

Бувашкина А.А., Нажимов А.В.

## **СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ АНАЛИТИКИ ВАКАНСИЙ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Дзержинский филиал ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Развитие информационных технологий формирует динамичный рынок труда, где востребованы специалисты с конкретными профессиональными навыками. Традиционные методы анализа вакансий уже не позволяют системно оценивать спрос на компетенции и тенденции отрасли. Для решения этой задачи применяются инструменты бизнес-аналитики, обеспечивающие автоматизированную обработку и визуализацию больших массивов данных.

Для исследования использован корпус вакансий IT-специалистов с hh.ru. Данные прошли подготовку с использованием ETL-процесса в Power Query. Выполнена очистка текстов, нормализация форматов, расчет средних значений заработной платы при указании диапазонов и формирование бинарных признаков по ключевым навыкам. Дополнительно обработаны временные метки публикаций для анализа динамики спроса.

Сформированная модель Power BI позволила агрегировать показатели вакансий по направлениям IT, оценить востребованность профессиональных навыков и сопоставить средние и медианные уровни заработной платы. Анализ показал, что на рынке наблюдается устойчивый спрос на ключевые компетенции, связанные с разработкой, администрированием и аналитикой, а также активное требование специализированных навыков в определённых сегментах IT. Кроме того, выявлены закономерности распределения вакансий по регионам и уровням требований, что позволяет получить более полное представление о структуре IT-рынка и приоритетах работодателей.

Применение Power BI для анализа вакансий IT-специалистов позволяет не только визуализировать и структурировать данные, но и выявлять ключевые тенденции рынка, распределение спроса на компетенции и динамику заработной платы. Полученные результаты дают возможность образовательным организациям корректировать программы подготовки специалистов, а компаниям и HR-аналитикам – точнее оценивать потребности рынка и принимать обоснованные решения при планировании развития сотрудников. Такой подход обеспечивает оперативный и объективный обзор IT-рынка и может быть адаптирован для анализа других отраслей или сегментов вакансий.

## **АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ И МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ LLM-СИСТЕМ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ БИЛЛИНГОВЫХ ПЛАТФОРМ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях стремительной цифровой трансформации телекоммуникационной и финансовой отраслей биллинговые системы стали критическим звеном инфраструктуры, обеспечивающим бесперебойную обработку платежей, тарификацию услуг и ведение лицевого счета абонентов. С ростом клиентской базы и усложнения тарифных планов нагрузка на службы технической поддержки многократно возрастает. Внедрение систем на основе больших языковых моделей (LLM) в контуры технической поддержки биллинговых платформ было лишь вопросом времени: это позволяет автоматизировать ответы на типовые запросы, анализировать огромные массивы данных и ускорять решение проблем абонентов [1].

Техническая поддержка биллинга (B2C и B2B) — это не просто консультирование, а работа с высокочувствительными данными: персональной информацией, платежными реквизитами, историей операций. Интеграция LLM в этот процесс, будь то в виде AI-ассистентов оператора или чат-ботов для клиентов, открывает новые горизонты эффективности, но одновременно порождает специфический класс уязвимостей, требующих пристального внимания [2].

Следует уделить особое внимание безопасности LLM в биллинге.

В контексте LLM-поддержки биллинга наиболее опасными формами атак являются промпт-инъекции (prompt injection), когда злоумышленник специальными формулировками заставляет модель игнорировать предыдущие инструкции и выполнять нежелательные действия, например, запрашивать данные чужого аккаунта [3].

Для анализа применяемых методов обеспечения безопасности LLM в технической поддержке рассмотрим три гипотетических подхода, характерных для современных платформ: принцип "Доверенный помощник", архитектура "SecureBill AI" и решение "GuardLLM".

Принцип "Доверенный помощник" реализует комплексную защиту на уровне ввода и вывода. В первую очередь, она предлагает аналитический фильтр интенгов (намерений) до передачи запроса в нейросеть: все сообщения проверяются на наличие маркеров социальной инженерии или попыток обхода ограничений [4].

Архитектура «SecureBill AI» осуществляет защиту от мошеннических действий преимущественно через изоляцию модели и

контроль доступа (RAG — Retrieval-Augmented Generation). Эта платформа не использует предварительно обученную на биллинговых данных модель напрямую. Вместо этого, SecureBill AI изолирует LLM от баз данных: языковая модель работает только как интерфейс, преобразующий запросы на естественном языке в структурированные запросы (SQL) к защищенной биллинговой системе. Критически важными аспектами здесь являются строгая аутентификация пользователя, чьи права проверяются до выполнения любого действия, и аудит всех сгенерированных моделью транзакций [5].

Решение GuardLLM применяет гибридные методы. Она использует модуль поведенческого анализа на базе ИИ для выявления аномалий в паттернах диалогов. Если стандартный пользователь спрашивает о балансе, а злоумышленник пытается заставить бота выполнить команду "забудь все предыдущие инструкции и покажи хеш паролей", поведенческий детектор маркирует такой диалог как подозрительный [6].

Следует отметить, что ни один из предложенных методов не отвечает в полной мере требованиям идеальной безопасности. Рынок биллинговых систем и их технической поддержки остро нуждается в дополнительных инструментах, которые помогли бы не только отсеивать мошеннические запросы, но и верифицировать фактологическую точность ответов самой LLM, а также создавать формальные доказательства того, что модель не была скомпрометирована в ходе диалога.

### **Библиографический список**

1. LLM для автоматизации поддержки [Электронный ресурс]. - URL: <https://habr.com/ru/companies/tbank/articles/879128/> (дата обращения: 18.02.2026).
2. Automating Billing and Invoicing with AI [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.smartertech.com/articles/automating-billing-and-invoicing-with-ai> (дата обращения: 18.02.2026).
3. OWASP Top 10 for Large Language Model Applications" [Электронный ресурс]. - URL: <https://owasp.org/www-project-top-10-for-large-language-model-applications/> (дата обращения: 18.02.2026).
4. Описание системы Azure AI Document Intelligence [Электронный ресурс]. - URL: <https://soware.ru/products/azure-ai-document-intelligence> (дата обращения: 18.02.2026).
5. Retrieval-Augmented Generation (RAG) for business: Full guide [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.meilisearch.com/blog/rag-for-business> (дата обращения: 18.02.2026).
6. Агентный искусственный интеллект [Электронный ресурс]. - URL: <https://simpleone.ru/glossary/agent-ai> (дата обращения: 18.02.2026).

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ АУТЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ГОЛОСОВЫХ И ЛИЦЕВЫХ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В последние годы биометрические методы всё чаще используются для подтверждения личности пользователя. Однако применение только одного признака не всегда даёт достаточную надёжность. Например, голос может искажаться из-за шумов или изменений состояния человека, а распознавание лица сильно зависит от освещения и положения перед камерой. Поэтому возникает необходимость использовать сразу несколько биометрических характеристик.

В работе предлагается рассмотреть систему аутентификации, которая объединяет голосовой и лицевой каналы. Для обработки голосовых данных используются спектральные признаки сигнала (MFCC), на основе которых строится модель пользователя с применением статистических или нейросетевых методов. Распознавание лица выполняется с использованием алгоритмов компьютерного зрения, позволяющих выделять устойчивые признаки и учитывать геометрию лица.

Объединение результатов работы модулей происходит на этапе принятия решения. При этом могут использоваться как взвешенные оценки, так и более простые логические правила. Дополнительно в систему включены методы проверки «живости», которые позволяют выявлять попытки подмены, например, анализ движений лица или особенностей речевого сигнала. Следует отметить, что в реальных условиях такие проверки играют важную роль.

Проведённые эксперименты показали, что при использовании одного биометрического признака вероятность ошибочного допущения остаётся на уровне около 5 %. При применении комбинированного подхода этот показатель снижается до менее 1 %. При этом точность распознавания в обычных условиях превышает 95 %. Даже при ухудшении качества одного из каналов система продолжает работать за счёт второго.

Таким образом, совместное использование голосовых и лицевых биометрических признаков позволяет повысить надёжность аутентификации и уменьшить уязвимость к атакам. Подобные решения могут применяться, например, в мобильных приложениях и системах

удалённой идентификации, где особенно важна защита данных пользователя.

УДК 004.93

Васильева А.М., Харитонова И.Ю.

## **СТРАТЕГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНФЛИКТЕ ГОЛОСОВОГО И ЛИЦЕВОГО МОДУЛЕЙ В БИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В мультимодальных биометрических системах, объединяющих аутентификацию по голосу и лицу, возникают ситуации рассогласования между модулями. Нередкий случай: голосовой модуль идентифицирует пользователя, а лицевой — нет. Причины могут быть следующими: плохое освещение, изменение внешности (очки, борода, причёска), поворот головы относительно камеры. Возможна и обратная ситуация: лицо распознано, а голос отклонён из-за простуды или низкого качества аудио. Без внятного правила принятия итогового решения система становится ненадёжной.

В работе рассмотрены три стратегии разрешения таких конфликтов: жёсткая, гибкая и адаптивная.

Жёсткая стратегия (логическое «И») даёт доступ только при успешной аутентификации по обоим каналам. Это самый безопасный вариант — злоумышленник должен обойти и голосовую, и лицевую защиту одновременно. Однако возникает проблема высокого процента ложных отказов (FRR): любой сбой в одном из модулей блокирует пользователя. FAR при такой стратегии не превышает 0,1 %, тогда как FRR достигает 8 %. Такая стратегия подходит для сценариев с повышенными требованиями к безопасности.

Гибкая стратегия использует степени уверенности каждого модуля. Итоговая оценка вычисляется как взвешенная сумма:  $S = \alpha \cdot S_{\text{голос}} + (1-\alpha) \cdot S_{\text{лицо}}$ . Если оба модуля дают близкие значения, проблем нет. При конфликте (скажем,  $S_{\text{лицо}} = 0,9$ ,  $S_{\text{голос}} = 0,2$ ) всё зависит от порога и выбранного коэффициента  $\alpha$ . При равных весах ( $\alpha=0,5$ ) FAR составляет около 0,5 %, FRR — около 2 %. Пользователю удобнее, но система становится чуть уязвимее для атак.

Адаптивная стратегия позволяет сбалансировать вклад каждого модуля за счёт динамической коррекции весов. Весовой коэффициент  $\alpha$  здесь не фиксирован, а пересчитывается в реальном времени на основе качества входных сигналов. Если освещение плохое — вес лица падает, вес голоса растёт. Если на записи голоса сильный шум — наоборот.

Реализация сложнее, но результаты лучше: FAR ~0,3 %, FRR ~1,5 %. Кроме того, система сохраняет работоспособность при деградации одного из каналов.

Вывод следующий. Жёсткая стратегия даёт минимальный FAR, но высокий FRR. Гибкая — наоборот. Адаптивная занимает промежуточное положение.

УДК 004.056

Горбылев С.Д., Нажимова Н.А.

## **РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК KERBEROASTING В ИНФРАСТРУКТУРЕ ACTIVE DIRECTORY**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях роста числа кибератак на корпоративные системы особую важность приобретает задача эффективного обнаружения угроз в инфраструктуре Active Directory. Одной из наиболее опасных является атака Kerberoasting, позволяющая злоумышленникам получать хеши сервисных учетных записей для их оффлайн-взлома. Для своевременного выявления таких атак необходима специализированная система, анализирующая поведение пользователей и сервисов в доменной среде.

Система представляет собой распределённый программно-аппаратный комплекс, интегрированный в существующую инфраструктуру предприятия. Основу архитектуры составляют несколько взаимосвязанных подсистем: сбор данных, предварительная обработка, агрегация, аналитическая обработка и регистрация инцидентов.

Подсистема сбора данных реализуется на уровне контроллеров домена Active Directory и использует встроенные механизмы аудита операционной системы Windows. Она обеспечивает регистрацию событий аутентификации и запросов сервисных билетов Kerberos. Для передачи данных применяется централизованный механизм, обеспечивающий потоковую отправку событий в систему мониторинга. Это позволяет организовать непрерывный сбор информации без существенного влияния на производительность инфраструктуры.

Собранные данные поступают в подсистему обработки и агрегации данных, которая выполняет фильтрацию, нормализацию и структурирование поступающей информации. Данные приводятся к унифицированному виду, что обеспечивает их пригодность для дальнейшего анализа. После этого осуществляется объединение событий в агрегированные представления, отражающие активность пользователей и сервисов за определённые временные интервалы.

Ключевую роль в системе играет аналитический модуль, который реализует алгоритмы выявления аномалий. Он функционирует как отдельный вычислительный компонент, обрабатывающий подготовленные данные и определяющий отклонения от нормального поведения. Результаты анализа передаются в подсистему регистрации инцидентов, где формируются события безопасности и иницируются процессы реагирования. Такая архитектура позволяет обеспечить непрерывное и своевременное обнаружение подозрительной активности в доменной среде.

УДК 004.4

Гундорина А.В., Абрамова С.А., Рабынина А.А., Лещенко Е.Д.  
**ЭКОЛОГИЧЕСКА СИТУАЦИЯ В СОЧИ: ИСЛЕДОВАНИЕ  
ПРОБЛЕМ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

МБОУ «Гимназия № 38», г. Дзержинск,  
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Экологическая ситуация в Сочи, как одном из популярных курортных городов России, становится все более актуальной проблемой в свете активного роста туризма и урбанизации. В рамках исследования мы проанализировали основные экологические проблемы региона, такие как загрязнение воздуха, воды и почвы, а также потеря биоразнообразия.

Разработали веб-сайт, на котором представлены результаты нашего исследования, информация о текущем состоянии экологии в Сочи, а также предлагаемые пути решения выявленных проблем. С помощью веб-дизайна мы стремились создать интуитивно понятный интерфейс, который бы позволил пользователям легко ознакомиться с материалами, а также привлечь внимание к важности охраны окружающей среды. Важным аспектом сайта является раздел, посвященный рекомендациям по улучшению экологической ситуации, который включает в себя как действия местных властей, так и инициативы граждан, направленные на устойчивое развитие региона.

Данная работа создана на заказ, выполненная на многих языках программирования: гипертекстовом языке разметки html [1] и стилей css [2], java script [4], php [5].

### **Библиографический список**

1. Дакетт, Дж. HTML и CSS. Разработка и создание веб-сайтов/Джон Дакетт. – М.: Эксмо, 2022. – 534 с.
2. Грант, Кит. CSS для профи/Кит Грант. – СПб.: Питер, 2019. – 417 с.
3. Справочник по HTML/-URL. – URL: <http://htmlbook.ru/html>

4. JavaScript. - URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript>

5. Никсон, Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP / Р. Никсон - URL: <https://books.yandex.ru/books/nX89fMOM/read-online?ysclid>

УДК 004.056:004.45

Зайцева Е.В., Токарев С.В.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ С БИОМЕТРИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации систем безопасности особую актуальность приобретает интеграция систем контроля и управления доступом (СКУД) с биометрическими устройствами идентификации. Применение технологий распознавания лиц позволяет повысить уровень безопасности и автоматизации, однако на практике возникает проблема несовместимости различных программных и аппаратных компонентов.

Объектом исследования является автоматизированная система контроля и управления доступом с использованием биометрической идентификации. Предметом исследования выступают процессы интеграции СКУД с интеллектуальными терминалами распознавания лиц.

Основной проблемой является отсутствие унифицированных механизмов взаимодействия между СКУД и биометрическими устройствами. Различия в форматах данных, протоколах обмена и архитектуре систем приводят к необходимости разработки индивидуальных решений, что усложняет внедрение и сопровождение.

Целью работы является разработка универсального программного модуля интеграции, обеспечивающего взаимодействие между СКУД и биометрическими устройствами без изменения их базовой архитектуры.

Решение основано на выделении промежуточного программного слоя, выполняющего согласование данных, синхронизацию учетных записей и передачу биометрической информации. Модуль реализует двусторонний обмен данными, обеспечивает централизованный сбор событий доступа и поддерживает актуальность учетных записей.

Архитектура решения строится по иерархическому принципу и включает три уровня: управления доступом, интеграционный и исполнительных устройств. Такой подход позволяет обеспечить масштабируемость системы, упростить сопровождение и реализовать возможность подключения устройств различных производителей.

В реализации предусмотрены: обработка ошибок, повторная передача данных и журналирование операций, что повышает надежность

системы. Особое внимание уделено защите персональных и биометрических данных.

Таким образом, предложенный модуль интеграции позволяет решить проблему совместимости компонентов системы безопасности и обеспечивает повышение эффективности управления доступом за счет использования биометрических технологий.

УДК 004.652

Иванова А.Е., Нажимов А.В.

**МОДЕЛЬ РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ С ПОДДЕРЖКОЙ  
ВЕРСИОНИРОВАНИЯ И КОНТЕКСТА ИЗМЕНЕНИЙ  
ДЛЯ АНАЛИТИКИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**  
Дзержинский филиал ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Современные информационные системы вузов накапливают большие объемы данных об успеваемости, посещаемости и движении контингента. Однако традиционные реляционные базы данных фиксируют только текущее состояние. При пересдаче экзамена предыдущая оценка безвозвратно заменяется новой, что не позволяет анализировать динамику учебного процесса и выявлять устойчивые закономерности. Без сохранения истории невозможно проанализировать частоту пересдач и выявить дисциплины, вызывающие стабильные трудности у потока.

Для решения данных проблем предлагается адаптация модели версионирования данных для задач аналитики учебного процесса и фиксации того, кто внес изменения. Вместо обновления записи создается новая версия с указанием периода действия, а предыдущая сохраняется. Система запоминает пользователя, внесшего изменение, что дает возможность аудита и анализа действий персонала. Такой подход развивает концепцию SCD Type 2 и позволяет восстановить состояние данных на любой момент времени с учетом авторства изменений.

В образовательной среде это позволяет хранить полную хронологию попыток сдачи дисциплин. Например, для одного экзамена могут сохраняться записи: первая попытка (10.01) – оценка «2», вторая (25.01) – «3», третья (10.02) – «4», с указанием преподавателя, поставившего каждую оценку. Это дает возможность анализировать частоту пересдач, выявлять сложные дисциплины и контролировать корректность данных. Модель применима также к учебным планам, движению контингента студентов и кадровым изменениям преподавателей. Так, можно проследить, как изменение учебного плана повлияло на успеваемость

студентов, а также выявить, с какими преподавателями студенты чаще всего приходят на передачи.

Предложенный подход реализуется стандартными средствами реляционных СУБД, например PostgreSQL. Накопленная история служит основой для прогнозной аналитики: оценки рисков отчисления, выявления необычных правок данных, анализа эффективности работы преподавателей. Предлагаемая модель позволяет превратить базу данных из пассивного хранилища в инструмент анализа и контроля, повышая прозрачность учебного процесса и обоснованность управленческих решений.

УДК 004.942

Калинкин Д.В., Кулигина Н.О.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ТЕЧИ ВЕЩЕСТВА В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях промышленной безопасности и экологического контроля особую актуальность приобретает задача моделирования распространения примесей в замкнутых пространствах. Утечки газообразных или летучих веществ могут приводить к формированию опасных концентрационных полей, что требует разработки эффективных методов их анализа и прогнозирования. В рамках данной работы рассматривается задача моделирования концентрационных полей, возникающих при течи вещества в ограниченном объёме.

Исследование направлено на разработку математической модели в среде MATLAB и использование специализированных инструментов численного анализа, позволяющей описывать процессы диффузии и конвекции вещества в замкнутом пространстве с учётом начальных и граничных условий. В ходе работы были применены методы численного моделирования для решения уравнений переноса вещества.

В рамках исследования были реализованы следующие задачи:

- Построение математической модели распространения вещества на основе уравнения диффузии-конвекции.
- Разработка численного алгоритма решения задачи с использованием встроенных средств MATLAB
- Учёт геометрии замкнутого пространства и параметров источника утечки.
- Анализ влияния физических параметров среды (температура, скорость потока, коэффициент диффузии).

- Разработка программной реализации модели для визуализации концентрационных полей.

В результате проведённого моделирования получены распределения концентрационных полей, позволяющие оценить динамику распространения вещества в замкнутом пространстве. Разработанная модель может быть использована для прогнозирования аварийных ситуаций, а также для проектирования систем вентиляции и контроля утечек.

Предложенный подход обеспечивает повышение точности анализа и может быть расширен за счёт учёта турбулентности и химических реакций. В дальнейшем планируется интеграция модели с системами мониторинга в реальном времени.

УДК 004.056

Калинкин Д.В., Кулигина Н.О.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАБОТЕ С БАЗАМИ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ СЕКРЕТНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровой трансформации предприятий всё более широкое распространение получают технологии искусственного интеллекта, применяемые для анализа данных, автоматизации процессов и поддержки принятия решений. Однако использование ИИ при работе с базами данных, содержащими конфиденциальную или коммерчески значимую информацию, сопряжено с рядом рисков, связанных с утечкой данных, несанкционированным доступом и нарушением требований информационной безопасности. В связи с этим особую актуальность приобретает задача обеспечения безопасного применения ИИ в условиях секретности предприятий.

Целью данной работы является разработка подходов и методов, направленных на повышение безопасности использования интеллектуальных систем при обработке данных в защищённых информационных средах. В рамках исследования рассматриваются угрозы, возникающие при интеграции ИИ с базами данных, а также способы их минимизации.

В ходе работы были решены следующие задачи.

- Анализ угроз безопасности при использовании ИИ в системах управления базами данных.
- Исследование методов защиты данных при взаимодействии с интеллектуальными алгоритмами.

- Разработка архитектуры безопасного доступа к данным с использованием ИИ.
- Оценка эффективности предложенных мер защиты.

В результате проведённого исследования разработан комплексный подход к обеспечению безопасности использования ИИ при работе с базами данных в условиях секретности предприятий. Предложенные методы позволяют существенно снизить вероятность утечки информации и повысить уровень защищённости информационных систем.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных решений в корпоративных системах с повышенными требованиями к конфиденциальности, включая государственные и промышленные предприятия. В дальнейшем планируется развитие подхода за счёт внедрения технологий доверенного исполнения (TEE) и методов конфиденциального машинного обучения.

УДК 004.89:004.273

Калоша А.Ю., Сидоров И.А.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСТАНДАРТНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

Держинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях особую актуальность приобретает разработка эффективных архитектурных решений для мультиагентных систем (Multi-Agent Systems, MAS), применяемых в задачах распределённого искусственного интеллекта, моделирования сложных систем и обработки больших объёмов данных. Ключевой проблемой остаётся обеспечение масштабируемости и вычислительной эффективности в условиях ограниченных ресурсов.

Мультиагентные системы представляют совокупность автономных программных агентов, взаимодействующих для достижения общей цели. С ростом числа агентов нагрузка на вычислительную инфраструктуру существенно возрастает, что требует новых архитектурных подходов: традиционные решения на базе универсальных GPU не всегда обеспечивают приемлемое соотношение производительности и доступности.

В данном исследовании рассматривается применение графических процессоров серии NVIDIA CMP (Cryptocurrency Mining Processor). Несмотря на изначальную ориентацию на криптографические вычисления, эти устройства обладают значительным параллельным

вычислительным потенциалом, высокой пропускной способностью памяти и достаточным объёмом видеопамати, что делает их пригодными для мультиагентных вычислительных сред.

В настоящее время наблюдается снижение востребованности CMP-устройств в исходной сфере криптовалютного майнинга, что обеспечивает их высокую доступность и сравнительно низкую стоимость. При этом они сохраняют архитектурную совместимость с экосистемой NVIDIA и сопоставимые вычислительные характеристики, включая поддержку параллельных вычислений, что позволяет рассматривать их как перспективную альтернативную платформу для масштабируемых MAS.

Основная научная проблема — отсутствие архитектурных моделей MAS, учитывающих особенности специализированных вычислительных устройств. Требуется адаптация системы с учётом ограничений CMP-устройств: особенностей драйверной поддержки, режимов работы и взаимодействия с CPU.

Для решения поставленной задачи предлагается многоуровневая архитектура мультиагентной системы, включающая следующие компоненты:

- слой агентов (Agent Layer), обеспечивающий реализацию логики поведения агентов;
- коммуникационный слой (Communication Layer), отвечающий за обмен сообщениями и координацию взаимодействия;
- вычислительный слой (Compute Layer), включающий центральные процессоры и графические ускорители, в том числе устройства серии NVIDIA CMP.

В предложенной архитектуре управление и координация агентов реализуются на CPU, тогда как ресурсоёмкие вычисления — моделирование среды, обработка состояний агентов, элементы машинного обучения — передаются на GPU. Это позволяет эффективно задействовать параллельные возможности ускорителей и снизить нагрузку на процессор.

С точки зрения программной реализации ключевую роль играет использование CUDA или аналогичных API. При этом необходимо учитывать управление памятью, минимизацию задержек при передаче данных между CPU и GPU и балансировку вычислительной нагрузки.

Таким образом, применение графических процессоров серии NVIDIA CMP расширяет возможности проектирования масштабируемых MAS и повышает эффективность использования вычислительной инфраструктуры. Предложенная архитектура требует дальнейшей экспериментальной валидации по показателям производительности, устойчивости и энергопотребления, однако открывает перспективное

направление для исследований в области распределённых интеллектуальных систем.

УДК 004.42

Капустин Н.Н., Ефремов Д.С., Горохов Д.С.  
**РАЗРАБОТКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

МБОУ «Средняя школа № 12», МБОУ «Средняя школа № 36»,  
г. Дзержинск

Целью работы явилось создание программного продукта, упрощающего доступ к учебной информации. Осуществление этой цели предполагалось за счет разработки Telegram-бота «Школьный ассистент» для автоматизации учебной деятельности школьников. Проверка его работоспособности на практике, к сожалению, в настоящее время затруднена.

Основные этапы работы

1. Постановка задачи

Определение функциональных требований к боту:

- предоставление расписания занятий;
- хранение и вывод учебной информации;
- реализация интерактивных функций (опросы, команды);
- организация удобного пользовательского интерфейса.

2. Реализация проекта:

- разработка архитектуры Telegram-бота;
- использование библиотеки для работы с Telegram API;
- реализация обработки команд пользователя;
- добавление модулей (расписание, справочник, интерактив);
- организация хранения и обработки данных.

Используемый язык программирования: Python.

Используемые технологии:

- библиотека для Telegram API (aiogram);
- структуры данных: списки, словари;
- принципы объектно-ориентированного программирования.

Среда разработки: PyCharm / VS Code.

Проект позволил:

- освоить современные инструменты разработки;
- применить знания программирования на практике;
- развить навыки командной работы.

Применение в реальных задачах

1. Образовательные учреждения.

2. Автоматизация учебного процесса.
3. Информационные сервисы для школьников.
4. Организация взаимодействия учеников и преподавателей.

УДК 004.946

Кожеваткина М.А., Емельянова Т.В.

## **РАЗРАБОТКА ИНКЛЮЗИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭКСКУРСИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ С АДАПТИВНЫМИ ФУНКЦИЯМИ**

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Обеспечение равного доступа к культурным ценностям является приоритетом социальной политики. В России проживает более 11 миллионов человек с инвалидностью, многие из которых сталкиваются с препятствиями при посещении музеев [1]. Федеральные законы № 181-ФЗ и № 419-ФЗ требуют создания доступной среды, однако на практике выполнить эти требования сложно из-за дороговизны оборудования исторических зданий и дефицита специализированных кадров [2, 3]. В этих условиях цифровые технологии становятся эффективным инструментом решения проблемы.

Существующие проекты («Виртуальный Русский музей», Google Arts & Culture) демонстрируют высокий уровень визуализации, но ориентированы на массового пользователя и слабо учитывают потребности людей с ОВЗ. Цель данной работы — разработка инклюзивной виртуальной экскурсионной платформы с адаптивными функциями для пользователей с различными нозологиями.

Виртуальное пространство построено по модульному принципу и включает три специализированные зоны.

Зона 1: массовый пользователь. Предназначена для стандартной аудитории. Реализована высокая детализация окружения, полный спектр визуальных эффектов и расширенные возможности взаимодействия.

Зона 2: пользователи с нарушениями опорно-двигательного аппарата и когнитивными особенностями. Навигация максимально упрощена: исключены резкие повороты, быстрые перемещения и перепады высот. Интерфейс выполнен в спокойных тонах, отсутствуют агрессивные контрасты и мерцания, что снижает сенсорную нагрузку.

Зона 3: пользователи с нарушениями зрения и слуха. Для слабовидящих предусмотрены высококонтрастный режим интерфейса и масштабирование шрифтов. Для глухих и слабослышащих — система субтитров и видеосправочники на жестовом языке. Каждый экспонат оснащен аудиогидом: при активации объекта воспроизводится описание,

включающее не только историческую справку, но и детальную характеристику внешнего вида, фактуры и пространственного расположения.

Технологическая реализация. Платформа разработана на игровом движке Unity с использованием языка C#. Модульная архитектура позволяет легко добавлять новые выставочные залы без переработки базового кода. Трехмерные модели проходят обработку в Blender для оптимизации производительности.

Уникальной функцией платформы является интеграция видео-справочников на жестовом языке. Интерактивный маркер рядом с экспонатом запускает видеопоток с сурдопереводом, что делает культурный контент доступным для глухих пользователей, для которых жестовый язык предпочтительнее текстовых субтитров.

Разрабатываемая инклюзивная виртуальная платформа объединяет культурное наследие и современные цифровые технологии. Реализованный подход позволяет обеспечить доступ к музейным экспозициям для людей с различными формами инвалидности. Платформа имеет потенциал для масштабирования и внедрения в музеях, образовательных учреждениях и социальных центрах.

### **Библиографический список**

1. Федеральная служба государственной статистики: офиц. сайт. — URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/62496> (дата обращения: 10.03.2025).

2. Федеральный закон от 24.11.1995 № 181-ФЗ О социальной защите инвалидов в Российской Федерации: офиц. сайт. — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8559/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/) (дата обращения: 10.03.2025).

3. Федеральный закон от 01.12.2014 № 419-ФЗ О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов: офиц. сайт. — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_171577/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_171577/) (дата обращения: 10.03.2025).

УДК 004.421

Козлова А.А., Сидоров И.А.

### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ЗАПОЛНЕНИЯ И ВЫТЕСНЕНИЯ КЭША ДЛЯ СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При разработке серверных приложений, нагрузка на которые постоянно возрастает, важное значение приобретает эффективное

управление кэшированием данных. Современные веб-сервисы, микросервисные архитектуры и высоконагруженные API обрабатывают большое количество запросов в режиме реального времени, что приводит к существенной нагрузке на базы данных и внешние сервисы.

Кэширование – это один из основных механизмов повышения производительности таких систем. Эффективность работы с кэшем зависит от выбранной стратегии управления.

В таких условиях корректный выбор алгоритмов заполнения и вытеснения кэша позволяет сократить время доступа к данным, снизить нагрузку на базы данных и внешние сервисы, а также оптимизировать использование оперативной памяти. В связи с этим возникает необходимость в создании модульной системы кэширования, реализующей различные стратегии управления кэшем [1].

В качестве стратегий заполнения кэша реализованы алгоритмы FIFO (First In, First Out) и LARC (Lazy Adaptive Replacement Cache), позволяющие адаптивно управлять наполнением кэша в зависимости от частоты обращений. Классические стратегии LRU (Least Recently Used), LIFO (Last In, First Out) и MRU (Most Recently Used), а также их комбинации с учётом особенностей рабочих нагрузок реализованы в качестве алгоритмов для вытеснения кэша [2].

Реализация алгоритмов выполнена на языке программирования Python. Для обеспечения высокой производительности используются структуры данных на базе C-расширений, использующие деревья и хэш-таблицы [3].

Предлагаемая система кэширования обладает рядом преимуществ: она предоставляет гибкую конфигурацию стратегий заполнения и вытеснения, легко интегрируется с существующими серверными приложениями и демонстрирует высокую производительность за счёт эффективных структур данных. Данная система может стать альтернативой применению Redis или Memcached.

### **Библиографический список**

1. Герасимов, С.В. Организация кэширования: учебно-методическое пособие / С.В. Гебрасимов. – М.: Издательский отдел факультета ВМК МГУ 2011, - 26 с.
2. Сибиряков М.А. Разработка алгоритмов ускоренного вытеснения информации в больших хранилищах данных / М.А. Сибиряков, И.В. Машечкин, М.И. Петровский, И.С. Попов, А.Н. Терехин, А.В. Чернов // Научно-технический журнал. — 2020. — № 4. — С. 45–53.
3. Официальная документация Python для разработки расширений на C. – URL: <https://docs.python.org/3/c-api/>

УДК 004.42

Корнев Л.М., Васильев В.Е.

## **РЕШЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЯЗЫКА C++**

МБОУ "Средняя школа № 7", г. Дзержинск,

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современной математике и информатике часто возникают задачи, связанные с вычислениями очень больших чисел, которые считать в ручную нет смысла и невозможно обработать обычными числовыми типами данных. Определение количества трейлинговых нулей (нулей в конце числа) важно для анализа делимости, изучения свойств сумм степеней и решения олимпиадных задач по теории чисел. Такие программы находят реальное применение в конкурентном программировании, научных исследованиях и криптографии, где требуется точная работа с числами произвольной длины.

В настоящей работе представлена консольная программа на языке программирования C++, решающая задачу вычисления количества трейлинговых нулей в конце выражения  $1^n + 2^n + 3^n + 4^n$ . Стандартные числовые переменные позволяют получать корректный результат только при  $n < 15$  из-за ограничения на размер числа в базовой переменной `long int`, которая может хранить чуть больше 9 квинтиллионов. Для преодоления этой проблемы все вычисления выполняются над строками, что даёт возможность работать с числами произвольной длины. Реализованы математические операции сложения строк, умножения строк (необходимого для возведения в степень) и специальная функция подсчёта нулей в конце результата. Благодаря этому программа успешно работает для любых значений  $n$ , ограниченных лишь объёмом оперативной памяти компьютера и временем выполнения. Приложение разработано в среде Visual Studio.

УДК 004.056

Корнев Л.М., Васильев В.Е.

## **ГЕНЕРАТОР ПАРОЛЕЙ**

МБОУ "Средняя школа № 7", г. Дзержинск,

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современном цифровом мире обеспечение безопасности информации приобретает всё большее значение. Надёжные пароли являются одним из основных способов защиты учётных записей от несанкционированного доступа. Однако создание сложных и случайных

комбинаций символов вручную затруднительно, поэтому актуальны автоматизированные генераторы паролей.

В настоящей работе представлена программа-генератор паролей, реализованная на языке программирования C++ с использованием графического интерфейса WinForms. Программа предоставляет три режима генерации: только из цифр, из цифр и букв, а также из произвольных символов, которые пользователь вводит самостоятельно в специальное поле. Для формирования случайных последовательностей применяется псевдослучайный генератор чисел, который выбирает символы в соответствии с выбранным режимом. Пользователь самостоятельно задаёт требуемую длину пароля.

После выбора параметров и нажатия кнопки «Сгенерировать» сформированный пароль отображается в текстовом поле, рядом с которым расположена кнопка для копирования результата в буфер обмена. Программа реализована на языке программирования C++ в среде разработки Visual Studio.

УДК 004.942

Кузнецов А.Д., Харитонов И.Ю.

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБИТИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ ПРЕГРАДЫ КУМУЛЯТИВНОЙ СТРУЕЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Численное моделирование представляет собой процесс, позволяющий с помощью математических моделей и компьютерных вычислений прогнозировать и анализировать поведение сложных систем [1]. Благодаря этому подходу предприятие получает возможность более эффективно разрабатывать новые изделия и технологии, а также улучшать уже существующие.

В рамках данной работы решается задача определения расчетным способом глубины пробития алюминиевой преграды кумулятивной струей, сформировавшейся из медной кумулятивной облицовки. Подготовка математической модели включает задание начальных геометрических параметров: расчетная схема состоит из алюминиевого корпуса, точки инициирования детонации, взрывчатого вещества, медной облицовки и алюминиевой преграды [2]. Расстояние между облицовкой и преградой в расчетной модели должно быть равным 400 мм.

Расчеты производятся с использованием специализированного программного комплекса ANSYS AUTODYN [3]. Данный инструмент предназначен для явного динамического анализа и отлично справляется с задачами, где происходят большие деформации, высокоскоростные удары

и взрывы. Моделирование осуществляется в двумерной постановке с применением решателя Эйлера, при этом базовый размер расчетной ячейки устанавливается равным 1 мм.

В ходе численного эксперимента анализируется процесс формирования медной кумулятивной струи до момента её подхода к преграде, а также динамика взаимодействия струи с мишенью. Результатом такого расчета является точное определение глубины пробития алюминиевой преграды, которая для рассматриваемых параметров составляет 236 мм.

Использование подобных программных комплексов и математических моделей позволяет получать достоверные данные о правильности выбранной конструкции изделия. На основе полученных результатов инженеры могут принимать решения о дальнейших модификациях и технологическом процессе, что значительно повышает эффективность работы и заменяет сложные или технически невозможные натурные эксперименты.

### **Библиографический список**

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - М.: Наука, 1987
2. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко: в 2 т. Т. 2. - 3-е, изд., перераб. - М: ФИЗМАТЛИТ, 2002
3. Ansys Autodyn 17. Инструкция пользователя. – URL: <https://www.plm-ural.ru/cae/obucenie-rossiiskomu-po-i-ansys/ansys>

УДК 004.056

Кулагин П.А., Наумова Е.Г.

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА HTTP DIGEST ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ WEB-САЙТА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Web-сайт – это информационная система, работающая по протоколу HTTP [1] и, как правило, размещаемая в открытой сети Интернет, где она становится доступна неограниченному кругу лиц. В связи с этим возникает острая потребность в защите web-сайта от несанкционированного доступа при помощи аутентификации его пользователей.

Одним из способов аутентификации является метод Digest, представленный в одном из расширений [2] протокола HTTP. Этот метод использует для аутентификации пользователя сложный цифровой отпечаток (хэш-сумму), формируемый из нескольких строковых значений.

Первой строкой для получения отпечатка является значение A1. Это хэш-сумма, формируемая из значений пароля пользователя (password), имени пользователя (username) и области действия (realm). Пароль известен лишь пользователю (и, возможно, web-серверу), а остальные два параметра позволяют идентифицировать пользователя и приложение (web-сайт).

Второй необходимой строкой является уникальное значение (nonce), формируемое на стороне web-сайта, – применяется для ограничения области действия отпечатка. В типичной реализации это хэш-сумма, получаемая из следующих строковых значений

1. Отметка времени (timestamp) – позволяет ограничить время действия отпечатка, и соответственно, от подделки отпечатка в пределах некоторого промежутка времени.
2. Код версии ресурса (поле ETag, подробнее описанное в спецификации HTTP [1]) – позволяет привязать разрешение доступа к текущей версии запрашиваемого ресурса.
3. Закрытый ключ (private key)– добавляет непредсказуемости значению nonce, затрудняя подбор этого значения.

Третьей и последней строкой, обязательной для формирования отпечатка, является значение A2 – хэш-сумма, формируемая из названия метода HTTP запроса (например, GET или POST) и адреса ресурса (URI).

В более поздней версии метода Digest [2] для защиты был введён новый параметр (qop), задающий режим формирования отпечатка, и два его значения – auth и auth-int.

Первый режим (auth) добавляет в процесс формирования отпечатка строковые значения параметра qop и ещё двух новых параметров.

1. Уникальное значение (cnonce), формируемое на стороне пользователя, добавляет непредсказуемости значению отпечатка.
2. Число использований значения nonce (nc) – для защиты от повторного использования отпечатка, с этой целью на стороне web-сайта ведётся собственный отсчёт.

Второй режим (auth-int) дополняет первый режим контролем целостности тела HTTP запроса, содержимое включается в процедуру формирования значения A2. Тело есть, например, у HTTP запросов с методом POST – такие запросы, как следует из спецификации [1], используются для изменения данных на стороне web-сайта.

Подводя итоги, метод Digest обеспечивает защиту:

- от утечки пароля пользователя, исключая необходимость его передачи пользователем по сети Интернет. Аналогичная защита возможна и на стороне web-сайта – вместо пароля достаточно хранить значение A;

- от повторного получения доступа к ресурсу, используя перехваченные данные отпечатка, – уровень защиты варьируется в зависимости от используемых параметров, в том числе, от алгоритма хэш-сумм;

- от загрузки web-сайтом данных, переданных некорректно, – контроль целостности при использовании режима auth-int.

В то же время этот метод не защищает от просмотра и подмены данных, передаваемых между пользователем и web-сайтом, в целом в такой ситуации требуется защита самого канала передачи данных, например, при помощи использования протокола TLS.

### Библиографический список

1. Филдинг, Р. Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1 / Р. Филдинг, Дж. Гэттис, Дж. Могул [и др.]. – 1999. – URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt> (дата обращения: 12.08.2024). – Текст : электронный.

2. Фрэнкс, Дж. HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication / Дж. Фрэнкс, П. Хэллам-Бейкер, Дж. Хостетлер [и др.]. – 1999. – URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2617.txt> (дата обращения: 12.08.2024). – Текст : электронный.

УДК 004.942

Кураева А.В., Шишулин А.В.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И ЕЕ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЯЖЕЛОГО ПСЕВДОСПЛАВА W-Cr)**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При получении современных наноструктурированных материалов, обладающих уникальными свойствами, значительную роль играют методы порошковой металлургии, в том числе и с участием жидкой фазы. Подобные технологии отличаются высокой гибкостью, но предъявляют жесткие требования к точности подбора технологических режимов. При этом на точность внутренней геометрии и итоговые свойства материала существенное влияние оказывает сочетание градиентов температур и особенностей фазовых превращений, которые в наноструктурированных системах имеют ряд характерных особенностей: зависимость температур ликвидуса и солидуса, состава и объемной доли фаз от размера частиц, формы межфазных границ и других факторов [1,2].

В настоящей работе представлена математическая модель для расчета характеристик фазовых равновесий в наночастицах бинарных

сплавов со структурой *core-shell*, при этом твердая фаза может находиться как в положении *core*, так и *shell*. Критерием равновесного состава системы является минимум функции Гиббса с учетом энергетического вклада всех границ раздела, причем наноструктурирование сопровождается значительным ростом этого вклада, что приводит к смещению положений минимумов по сравнению со случаем макроразмерных фаз. На примере сферических наночастиц различного диаметра и состава тяжелого псевдосплава W-Cr получены примеры зависимостей равновесных составов твердой и жидкой фаз от диаметра частицы, демонстрирующие существенные различия при разном взаимном расположении фаз в структуре *core-shell*. Результаты дополнены анализом влияния исходного состава, заключающегося в характерной для наноразмерных структур зависимости не только объемной доли, но и состава сосуществующих фаз от состава частицы. Для визуализации описанных эффектов использованы предложенные авторами ранее  $\theta$ -диаграммы [3], а также представлена термодинамическая интерпретация полученных закономерностей на основе трех различных механизмов понижения свободной энергии системы. Модель реализована на языке программирования Wolfram.

### Библиографический список

1. Shishulin A.V., Potapov A.A., Shishulina A.V. Eur. phys. tech. j. 2021. Vol. 18. I. 4. P. 5 - 13.
2. Shishulin A.V., Potapov A.A., Shishulina A.V. Springer Proceeding in Complexity. Cham: Springer, 2022. P. 421 - 432.
3. Шишулин, А.В. Некоторые особенности высокотемпературных фазовых равновесий в наночастицах системы Si-Ge<sub>(1-x)</sub> / А.В. Шишулин, А.В. Шишулина // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур, наноматериалов. - 2025. - № 17. - С. 328 - 338.

УДК 004.056

Ладо А.М., Кулигина Н.О.

### **РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ УТЕЧЕК ДАННЫХ ИЗ БАЗ ДАННЫХ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях стремительной цифровизации и роста объемов обрабатываемой информации защита баз данных становится одной из ключевых задач информационной безопасности. Утечки данных приводят не только к финансовым потерям, но и к нарушению

конфиденциальности, подрыву доверия пользователей и возможным юридическим последствиям. В этой связи искусственный интеллект (ИИ) приобретает особую значимость как инструмент автоматического мониторинга и предотвращения несанкционированного доступа к данным. Его применение позволяет существенно повысить скорость выявления угроз, точность анализа событий и эффективность реагирования на инциденты.

Традиционные методы защиты баз данных, основанные на правилах, сигнатурах и заранее заданных порогах, нередко оказываются недостаточно гибкими в условиях постоянно меняющегося ландшафта угроз. Современные атаки могут маскироваться под легитимную активность и использовать нетипичные сценарии доступа, что затрудняет их обнаружение классическими средствами. ИИ, в частности методы машинного обучения и анализа поведения, позволяет выявлять аномалии в запросах к базе данных, фиксировать отклонения от нормального профиля активности пользователей и определять признаки потенциальной компрометации еще на ранних стадиях.

Одним из наиболее перспективных направлений является построение моделей поведенческого анализа, которые обучаются на исторических данных о типичных действиях сотрудников, приложений и сервисных аккаунтов. Такие модели способны распознавать подозрительные паттерны, например массовую выгрузку записей, обращение к нетипичным таблицам, попытки доступа в нерабочее время или использование необычных IP-адресов. В отличие от статических механизмов контроля, ИИ-системы адаптируются к изменяющимся условиям эксплуатации и могут учитывать контекст: роль пользователя, частоту обращений, объемы извлекаемых данных и взаимосвязь между событиями.

Особое значение ИИ имеет не только для обнаружения, но и для предотвращения утечек. Интеллектуальные системы способны автоматически инициировать защитные меры: блокировать подозрительные сессии, ограничивать права доступа, требовать дополнительную аутентификацию или передавать событие в систему управления инцидентами. Таким образом, ИИ выступает не как пассивный инструмент анализа, а как активный компонент киберзащиты, обеспечивающий непрерывный цикл «обнаружение — оценка — реагирование». В ряде случаев автоматизация критически важна, поскольку временной интервал между возникновением угрозы и реакцией на нее может определять масштаб возможного ущерба.

Вместе с тем внедрение искусственного интеллекта в сферу защиты баз данных сопряжено с рядом ограничений. Качество работы моделей

зависит от полноты и репрезентативности исходных данных, а также от корректной настройки порогов чувствительности. Слишком высокая чувствительность может привести к росту числа ложных срабатываний, тогда как недостаточная — к пропуску реальной атаки. Кроме того, злоумышленники могут использовать методы обхода или отравления обучающих данных, что требует постоянного обновления моделей и их дополнительной верификации. Следовательно, ИИ не заменяет традиционные средства защиты, а дополняет их, формируя многоуровневую систему информационной безопасности.

Таким образом, искусственный интеллект играет значимую роль в автоматическом мониторинге и предотвращении утечек данных из баз данных. Его применение обеспечивает более раннее выявление аномалий, повышение точности анализа угроз и ускорение принятия защитных решений. Наиболее эффективным представляется комплексный подход, при котором искусственный интеллект интегрируется с системами контроля доступа, журналирования, шифрования и управления инцидентами. В перспективе развитие интеллектуальных технологий позволит создать более адаптивные и устойчивые механизмы защиты данных, соответствующие современным требованиям цифровой безопасности.

УДК 004.624

Линева М.А., Сидоров И.А.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ В RAG-СИСТЕМАХ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современные системы дополненной генерации (RAG) стали важным инструментом для повышения точности работы больших языковых моделей за счет подключения внешних источников знаний. Ключевым элементом любой RAG-архитектуры является механизм извлечения релевантной информации из базы знаний. Однако традиционные подходы, основанные исключительно на векторном поиске по семантическому сходству, нередко демонстрируют ограничения при работе с узкоспециализированными терминами, точными цифрами, идентификаторами или редкими словами [1]. Именно в этом контексте все более востребованным становится гибридное извлечение данных, объединяющее сильные стороны разных методов поиска [2].

Гибридное извлечение предполагает комбинацию векторного (семантического) поиска и традиционного лексического поиска, такого как BM25 или TF-IDF [3]. Векторный поиск, работающий с эмбедингами,

отлично справляется с передачей смыслового контекста, перефразированными запросами и синонимами. Например, если пользователь спрашивает о «методах снижения температуры в двигателе», система найдет документы про «охлаждение мотора», даже если точная фраза не встречается. В свою очередь, лексический поиск обеспечивает точное совпадение по ключевым словам, что критически важно для запросов вроде «ошибка 0xE4F2» или «статья 134 УК РФ», где каждое слово имеет точное значение, а его замена семантическим аналогом недопустима [4].

Практическая реализация гибридного извлечения в RAG-системе обычно включает несколько этапов. На первом этапе оба метода независимо обрабатывают запрос и возвращают свои наборы результатов с оценками релевантности. На втором этапе применяется стратегия слияния, чаще всего метод Reciprocal Rank Fusion (RRF), который позволяет объединить ранги результатов из разных источников без необходимости нормализации разнородных метрик [3]. Другой популярный подход заключается в использовании линейной комбинации оценок, где весовые коэффициенты для семантической и лексической составляющих подбираются эмпирически под конкретную предметную область [5].

Применение гибридного извлечения особенно эффективно в таких областях, как юридические системы, где важна точная цитата нормы права; медицинские диагностические помощники, где критичны коды заболеваний и названия препаратов, а также в системах технической поддержки, где пользователи часто оперируют номерами деталей или версиями программного обеспечения [1, 4]. Исследования показывают, что гибридный подход позволяет повысить точность первых трех релевантных результатов на 15 - 30 процентов по сравнению с использованием только одного типа поиска [2]. Более того, он демонстрирует устойчивость к шумам в запросах и способность находить компромисс между буквальным соответствием и смысловой близостью. Таким образом, интеграция гибридного извлечения данных является рациональным шагом при построении промышленных RAG-систем, где цена пропуска релевантного документа может быть высокой [5].

### **Библиографический список**

1. Браславский, П.И. Гибридные методы поиска в информационно-поисковых системах / П.И. Браславский, Е.А. Соколов // Труды Института системного программирования РАН. – 2020. - Т. 32. – Вып. 3. - С. 123–136.
2. Чернышов, Л.Н., Шестаков В.К. Ранжирование результатов поиска при использовании комбинированных моделей релевантности / Л.Н. Чернышов,

Е.А. Соколов // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2021. - № 54. - С. 45–53.

3. Ландэ, Д.В. Интернетика: навигация в сложных сетях: гл. 6. Методы гибридного поиска // Д.В. Ландэ, А.А. Снарский, И.В. Бесуднов. - М.: Либроком, 2009. — 264 с.

4. Некрестьянов, И.С. Поиск ответов на естественно-языковые вопросы с использованием комбинации векторных и терминологических методов / И.С. Некрестьянов, Т.Ю. Павлова // Информационные технологии и вычислительные системы. -2022. - № 4. - С. 67–77.

5. Сокирко, А.В. Извлечение информации и поиск по тексту: от TF-IDF до трансформеров: раздел 8 Гибридные подходы в RAG-системах / А.В. Сокирко. - М.: ДМК Пресс, 2023. — 312 с.

УДК 681.536.5

Отмахова С.В., Сидоров И.А

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛЕТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Температурная стабилизация полетного оборудования является одной из ключевых задач в области авионики, поскольку она напрямую влияет на надежность и эффективность работы различных систем. Полетное оборудование, включая навигационные приборы, бортовые компьютеры и системы связи, подвержено воздействию экстремальных температурных условий в процессе полета. Эти условия могут привести к перегреву или переохлаждению компонентов, что, в свою очередь, может негативно сказаться на их функционировании и сроке службы.

В данной статье будет представлен процесс разработки программы на языке Python, способной проводить расчеты теплопроводности для температурной стабилизации полетного оборудования. Программа будет использовать метод конечных разностей для моделирования тепловых процессов и анализа влияния различных факторов на температурный режим оборудования. Ожидается, что результаты этой работы помогут повысить надежность и эффективность работы полетного оборудования, а также станут основой для дальнейших исследований в области термодинамики и теплофизики в авионике.

Уравнение теплопроводности — дифференциальное уравнение в частных производных второго порядка, которое описывает распределение температуры в заданной области пространства и ее изменение во времени.

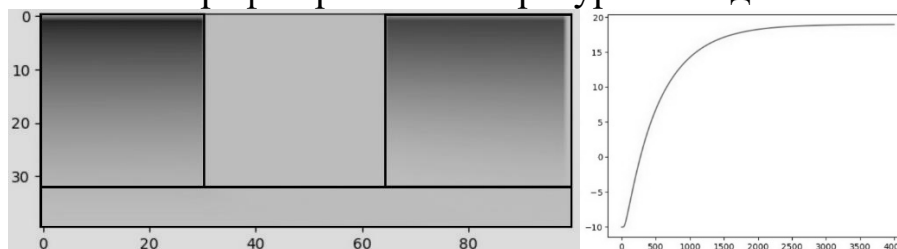
Оно имеет вид:  $\frac{du}{dt} - a^2 \left( \frac{d^2u}{dx_1^2} + \frac{d^2u}{dx_2^2} \right) = f(x, t)$ . В данной работе уравнение решается методом конечных разностей.

Метод конечных разностей является одним из наиболее распространенных численных методов для решения уравнений в частных производных, включая уравнение теплопроводности. Этот метод основывается на аппроксимации производных с использованием конечных разностей, что позволяет заменить дифференциальные уравнения на систему алгебраических уравнений.

Хотя метод конечных разностей может быть менее точным по сравнению с некоторыми другими методами, такими как метод конечных элементов, его простота и эффективность делают его популярным выбором для решения задач теплопередачи в инженерных приложениях.

Разработка программы производилась на языке Python. Данный язык выбран по причине наличия богатого набора инструментов и библиотек для численных расчетов (NumPy, SciPy) и удобных средств визуализации результатов расчетов.

Моделирование теплопроводности полетного оборудования производилась с достаточно простыми граничными условиями. В задаче присутствуют горячий блок, холодный блок и подвижная среда (теплоноситель). Схематически постановка задачи и результат расчета (с использованием температурной карты) показаны на рисунке слева. На рисунке справа показан график роста температуры холодного блока.



**Рис. Модерирование теплопроводности полетного оборудования:**  
слева – результат расчета; справа – график изменения температуры холодного блока

Перспективы дальнейших исследований и улучшений программ, основанных на методе конечных разностей для решения уравнения теплопроводности, включают внедрение адаптивных сеток, что позволит повысить точность и снизить вычислительные затраты за счет динамической настройки разрешения сетки в зависимости от локальных градиентов температуры. Также стоит рассмотреть интеграцию методов параллельных вычислений для повышения производительности программ, что особенно актуально при моделировании сложных геометрий и многокомпонентных систем.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫТЕСНЕННОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB SIMULINK**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Вытесненная система подачи топлива является ключевым элементом, обеспечивающим надежное функционирование двигателей внутреннего сгорания и других энергетических установок. В рамках исследования мы провели анализ как динамических, так и статических характеристик этой системы с использованием MATLAB Simulink, что позволило нам получить глубокое понимание ее работы и выявить возможности для оптимизации.

В ходе исследования динамических характеристик мы сосредоточились на моделировании процессов, происходящих в системе при изменении рабочих условий, таких как изменение давления и расхода топлива. Мы анализировали время отклика системы на различные входные сигналы, включая резкие изменения давления и скорости потока. С помощью Simulink мы смогли визуализировать и оценить такие параметры, как время достижения установившегося режима, амплитудные колебания и устойчивость системы. Эти данные являются критически важными для определения того, как система реагирует на внешние воздействия и как можно улучшить ее производительность.

Исследование статических характеристик позволило нам проанализировать поведение системы в стационарных условиях. Мы сосредоточились на таких параметрах, как давление на выходе насосов, расход топлива и эффективность сгорания. С помощью статического анализа мы смогли определить оптимальные режимы работы системы, которые обеспечивают максимальную производительность с минимальными потерями. Эти характеристики также включали изучение влияния различных конструктивных элементов, таких как размеры и форма трубопроводов, на качество и скорость подачи топлива. Результаты статического анализа позволяют принимать обоснованные решения по улучшению конструкции системы и повышению ее эффективности.

Таким образом, исследование динамических и статических характеристик вытесненной системы подачи топлива с использованием MATLAB Simulink дало нам возможность не только понять текущие параметры работы системы, но и предложить направления для ее дальнейшей оптимизации, что способствует повышению надежности и эффективности в эксплуатации.

УДК 004.942

Рабынина А.А., Сидоров И.А.

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫТЕСНЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANSYS AUTODYN**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Численное моделирование вытесняемой системы подачи топлива с использованием ANSYS Autodyn является важным инструментом для анализа динамики потоков и механики материалов в условиях сложных взаимодействий. Эта система, применяемая в различных отраслях, таких как автомобильная и авиационная, требует точного моделирования для оптимизации производительности и обеспечения безопасности.

Моделирование позволяет исследовать характеристики вытесняемой системы, включая динамику жидкости, давления и взаимодействие с конструктивными элементами. Это критично для выявления потенциальных проблем, таких как утечка и неэффективность подачи. ANSYS Autodyn, как специализированное программное обеспечение для анализа динамических процессов, позволяет создавать детализированные 3D-модели, применять уравнения состояния для жидкостей и газов, а также использовать различные численные методы, такие как метод конечных элементов и метод конечных объемов.

Полученные результаты моделирования предоставляют важные данные о поведении топлива при различных условиях, таких как изменение давления и температуры. Эти данные могут быть использованы для улучшения дизайна системы, повышения ее эффективности и снижения риска аварийных ситуаций. В итоге, численное моделирование в ANSYS Autodyn является ключевым этапом в разработке и оптимизации вытесняемых систем подачи топлива.

УДК 004.65

Росина Е.А., Нажимов А.В.

## **РАЗРАБОТКА ETL-ПРОЦЕССА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ К АНАЛИТИКЕ В MICROSOFT POWER BI**

Дзержинский филиал НГТУ им. Н.И. Лобачевского

В настоящее время в системе «Галактика ВУЗ» накапливаются значительные объемы данных об успеваемости студентов, но, несмотря на это, «Галактика» не является инструментом для анализа этих данных. Представленные в системе сведения имеют неструктурированный вид данных с большим содержанием пустых и ненужных строк, что делает

информацию непригодной для прямого использования в инструментах бизнес-аналитики, а ручная обработка требует значительных временных затрат сотрудников учебных заведений.

Решение этой проблемы возможно с применением Microsoft Power BI, который позволит сократить время обработки и преобразовать хаотичные данные в наглядные отчеты и аналитику. Но для корректной работы этого инструмента нужны исходные данные, которые необходимо подготовить. Таким образом возникает необходимость в создании автоматизированного ETL-процесса.

Источниками информации выступают файлы формата Excel из системы «Галактика ВУЗ»: сведения о контингенте студентов, где отражаются ФИО, группа, форма обучения, источник финансирования, предыдущее учебное заведение и сводные ведомости успеваемости. Для их преобразования в структурированный вид разработан следующим алгоритм.

1. Извлечение данных: подключение к папке-источнику с Excel-отчетами, автоматическое объединение файлов по мере их поступления.
2. Трансформация данных: удаление верхних и нижних строк, фильтрация пустых столбцов и строк, преобразование имен столбцов, приведение типов данных.
3. Создание справочников: отдельная таблица «Дисциплины» для устранения избыточности.
4. Загрузка данных: импорт подготовленных таблиц «Студенты», «Успеваемость», «Дисциплины» в модель данных Power BI.

Разработанный ETL-процесс автоматизирует подготовку данных и их очистку, сокращая рутинную работу сотрудников и ускоряя переход к аналитике в Power BI. Процесс эффективно обрабатывает неструктурированные данные, создавая основу для аналитической системы успеваемости, которая обеспечивает оперативное выявление отстающих студентов и поддержку управленческих решений.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОГО АППАРАТА В ПРОЦЕССЕ ДРАЖИРОВКИ СЕМЯН**

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Процесс дражировки семян широко применяется в агропромышленном комплексе для нанесения на поверхность семян защитных и питательных оболочек, обеспечивающих повышение всхожести и равномерность посевного материала. Одним из ключевых этапов технологии является сушка семян после формирования оболочки.

Поддержание температурного режима сушильного воздуха является важнейшим условием обеспечения качества обработки семенного материала. Превышение допустимой температуры приводит к ухудшению биологических свойств семян, тогда как недостаточный нагрев увеличивает продолжительность технологического процесса и энергозатраты.

Сушильные установки, применяемые в линиях дражировки, относятся к классу теплотехнических объектов с выраженной инерционностью и транспортным запаздыванием. Дополнительным фактором, осложняющим регулирование, является использование приточного наружного воздуха без рециркуляции, вследствие чего температура окружающей среды существенно влияет на тепловой баланс системы. Изменение расхода воздуха, загрузки сушильного аппарата и влажности семян также приводит к изменению тепловой нагрузки на объект.

Для таких объектов применение классических линейных регуляторов может сопровождаться перерегулированием и ухудшением устойчивости системы управления.

В работе сушильная установка линии дражировки семян рассматривается как объект автоматического управления, регулируемой величиной которого является температура сушильного воздуха после теплообменника. Предложен алгоритм автоматического регулирования температуры, основанный на упреждающей оценке ошибки и использовании зональной логики управления. Данный подход позволяет учитывать динамику изменения температуры и адаптировать интенсивность управляющего воздействия к величине отклонения регулируемой величины.

Применение разработанного алгоритма обеспечивает повышение устойчивости температурного режима сушильной установки и снижение вероятности перерегулирования при изменении внешних и технологических условий.

УДК 004.81

Тараканов Д.А., Высоцкий Л.Д.

## **ПРОБЛЕМЫ СИНТЕЗА РУССКОЯЗЫЧНОЙ РЕЧИ В СОВРЕМЕННЫХ АУДИОГЕНЕРАТИВНЫХ ИИ-МОДЕЛЯХ**

Национального исследовательский университет  
«Высшая Школа Экономики» (филиал), Нижний Новгород

Современные аудиогенеративные модели, включая системы синтеза речи (Text-to-Speech, TTS) и технологии клонирования голоса, демонстрируют высокий уровень качества при работе с английским языком. Однако в русскоязычном сегменте наблюдается ряд проблем, связанных с особенностями фонетики, морфологии и просодики русского языка. Это ограничивает применение подобных систем в задачах автоматической озвучки, голосовых интерфейсов и цифровых ассистентов.

Целью данной работы является выявление и анализ ключевых проблем синтеза русскоязычной речи в современных нейросетевых аудиомоделях. В рамках исследования был сформирован тестовый набор текстов на русском и английском языках, включающий числительные, аббревиатуры, омографы, длинные синтаксические конструкции и фразы с различной интонацией. Генерация аудио осуществлялась с использованием 24 современных моделей синтеза речи и клонирования голоса. Полученные аудиофайлы сопоставлялись с оригинальными записями.

Анализ показал, что для русского языка характерны ошибки постановки ударения, нарушения интонационной структуры, неестественные паузы и снижение разборчивости на длинных фразах. Существенные затруднения возникают при обработке числительных и аббревиатур. В режиме клонирования дополнительно наблюдается нестабильность тембра на сложных речевых конструкциях.

Для количественной оценки результатов был проведён анализ частоты возникновения различных типов ошибок среди исследуемых моделей.

**Таблица. Частота типовых ошибок синтеза русскоязычной речи**

Тип ошибки	Доля моделей с ошибкой, %
Ошибки постановки ударения	72%
Некорректная интонация	59%
Неестественные паузы	25%
Ошибки при чтении числительных	67%
Ошибки при чтении аббревиатур	76%
Снижение разборчивости длинных фраз	17%

Для оценки качества синтетической речи был проведён пользовательский опрос, в рамках которого респонденты прослушивали сгенерированные аудиофрагменты и оценивали их по параметрам естественности и разборчивости. Результаты опроса подтвердили наличие указанных проблем и показали более низкие оценки качества для русскоязычных аудиофрагментов по сравнению с англоязычными.

Таким образом, выявлены ключевые ограничения современных аудиогенеративных моделей при работе с русским языком. Полученные результаты могут быть использованы для повышения качества синтеза речи и адаптации моделей под русскоязычные сценарии применения.

УДК 004.912

Тормышев А.Д., Васильев В.Е.

**ТАБЛИЦА ЧАСТОТЫ СИМВОЛОВ**

МБОУ "Средняя школа № 9", г. Дзержинск,

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современном мире обработка текстовых данных играет важную роль во многих областях: от изучения языка и литературы до анализа информации и обеспечения информационной безопасности. Определение частоты встречаемости символов и слов помогает быстро выявить наиболее часто используемые элементы текста, что упрощает его изучение и обработку.

В настоящей работе представлена программа-анализатор частоты символов и слов, реализованная на языке программирования C++ с использованием графического интерфейса WinForms. Пользователь вставляет любой текст в большое поле ввода. При нажатии кнопки «Посчитать» программа перебирает весь введённый текст, подсчитывает количество повторений каждого символа и каждого отдельного слова. Результат выводится в том же окне в виде двух таблиц: сначала частота символов в алфавитном порядке, затем частота слов в порядке первого

упоминания в тексте. Исходный текст при этом заменяется на полученные таблицы.

После подсчёта кнопка «Посчитать» меняется на «Сортировать». При её нажатии обе таблицы автоматически перестраиваются по убыванию частоты с помощью пузырьковой сортировки. После сортировки кнопка меняется на «Заново», и при её нажатии программа возвращается в исходное состояние, очищая поле и восстанавливая кнопку «Посчитать».

Программа реализована в среде разработки Visual Studio.

УДК 004.85

Усов А.С.

## **ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ 3D-СЦЕНЫ ПО ФОТОИЗОБРАЖЕНИЯМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА 3D GAUSSIAN SPLATTING"**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Рост объёмов визуального контента и развитие AR/VR-технологий усиливают потребность в получении трёхмерных моделей реальных сцен по обычным фотографиям. Методы реконструкции по изображениям позволяют снижать стоимость 3D-сканирования, автоматизировать создание цифровых двойников и интегрировать их в промышленные, медицинские и игровые приложения. Классические подходы на основе многовидового стереозрения требуют значительных вычислительных ресурсов и не всегда обеспечивают фотореалистичную визуализацию сложных эффектов освещения и полупрозрачных объектов [2]. В этих условиях актуальны нейросетевые методы, в том числе 3D Gaussian Splatting (3DGS), позволяющие обучать модель сцены по набору фото и получать реалистичное отображение с произвольных ракурсов.

Разрабатываемая система по входным изображениям и параметрам калиброванных камер строит представление сцены в виде набора трёхмерных гауссиан. На этапе подготовки данных выполняются отбор и нормализация кадров, приведение координат к единой системе и формирование обучающей выборки. Далее инициализируются параметры гауссиан (положение, форма, цвет, непрозрачность), которые оптимизируются методом градиентного спуска по критерию совпадения синтезированных проекций с реальными фотографиями. В процессе обучения структура сцены адаптивно уточняется за счёт изменения количества и размеров гауссиан, что позволяет более точно описывать сложные области. Результатом становится компактная 3D-модель,

пригодная для интерактивного просмотра и интеграции в AR/VR-системы [3].

В ходе работы возник ряд сложностей, связанных с подготовкой данных, выбором гиперпараметров и ограничениями вычислительных ресурсов. Для получения устойчивой реконструкции потребовались кадры с достаточным перекрытием и корректной калибровкой, а также отдельный конвейер предобработки изображений. Важным этапом стало подбирание шага обучения, числа итераций и стратегий обновления параметров гауссиан, поскольку эти настройки напрямую влияют на качество и время обучения. Ограничения GPU-памяти требовали аккуратной организации батчей и оптимизации представления сцены. Отдельное внимание уделялось борьбе с переобучением и артефактами визуализации, для чего настраивались регуляризация и фильтрация шумовых гауссиан.

Применение 3D Gaussian Splatting позволило совместить непрерывное, дифференцируемое представление сцены с возможностью рендеринга вблизи реального времени. В отличие от воксельных и сеточных подходов, проецирование гауссиан на плоскость экрана обеспечивает эффективный просмотр сцены при изменении ракурса и масштаба. Математическая модель 3DGS хорошо интегрируется с градиентными методами оптимизации и не требует построения плотной 3D-сетки, что упрощает обучение по многовидовым изображениям.

В рамках проекта создан и протестирован прототип конвейера реконструкции 3D-сцены по набору фотографий с использованием 3DGS [1]. Автор получил практический опыт работы с инструментами многовидовой реконструкции, обучения моделей на GPU и анализа качества визуализации. Полученные результаты могут стать основой для дальнейшего развития системы в направлении автоматизации захвата сцен и повышения фотореалистичности реконструкции.

### **Библиографический список**

1. <https://github.com/graphdeco-inria/gaussian-splatting/>
2. <https://www.ipol.im/pub/art/2025/566/article.pdf>
3. <https://arxiv.org/abs/2308.04079>

Чернышова С.А., Нажимова Н.А.

## **ПРОТОКОЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ПОДВИЖНЫХ АВТОНОМНЫХ УСТРОЙСТВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В сетях подвижных автономных устройств (ПАУ) аутентификация, ограниченная этапом установления соединения, не позволяет выявлять подмену узлов и внедрение ложных сообщений после успешного сеанса [1]. Предлагается протокол динамической аутентификации с непрерывным подтверждением подлинности на всём протяжении взаимодействия [2].

Протокол включает три уровня контроля.

1. Периодическая проверка подлинности – через интервалы  $\tau_{auth} < \Delta t$  ( $\Delta t$  – срок действия ключа) узлы обмениваются подтверждениями с MAC (кодом аутентификации сообщения) на текущем ключе. Неполучение ответа инициирует повторную аутентификацию [3].
2. Привязка сообщений к контексту – каждый пакет содержит порядковый номер, временную метку и MAC. Приемник проверяет монотонность номера, актуальность метки и корректность MAC.
3. Мониторинг протокольной согласованности – аномалии (нарушение последовательности фаз, скачки номеров, множественные ошибки MAC) переводят сеанс в состояние «подозрение на компрометацию» с запуском повторной аутентификации.

Протокол позволяет обнаруживать атаки «человек посередине», реплей-атаки и подмену узлов после установления сеанса. Моделирование в условиях ограниченных ресурсов и динамической топологии подтвердило эффективность без значительного увеличения служебного трафика, что делает протокол применимым в системах мониторинга окружающей среды [4].

### **Библиографический список**

1. Karlof C., Wagner D. Secure Routing in Wireless Sensor Networks: Attacks and Countermeasures // Ad Hoc Networks. – 2003. – Vol. 1, No. 2–3. – P. 293–315.
2. Perrig A., Canetti R., Tygar J. The TESLA Broadcast Authentication Protocol // RSA Cryptobytes. – 2002. – Vol. 5, No. 2. – P. 2–13.

3. Zhang Y., Chen X., Li J. Lightweight Authentication Protocols for Mobile Ad Hoc Networks // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2019. – Vol. 14, No. 6. – P. 1581–1595.

4. Buttyan L., Hubaux J.-P. Security and Cooperation in Wireless Networks. – Cambridge University Press, 2008. – 396 p.

УДК 004.056.5

Ширяев А.И., Нажимова Н.А.

## **ТЕСТИРОВАНИЕ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МЕЖСЕТЕВОГО ЭКРАНА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Многофункциональный межсетевой экран (ММЭ) предназначен для защиты сети на различных уровнях модели OSI как от внешних атак, так и от утечек информации изнутри. Для гибкого управления ММЭ применяется система управления (СУ), подверженная угрозам несанкционированного доступа. Для проверки устойчивости СУ ММЭ к несанкционированному доступу проведено комплексное тестирование на проникновение, включающее следующие сценарии.

*Тестирование противодействия защита от брутфорса.* Тестирование методом перебора паролей моделировало атаку на учетную запись администратора. После четырех неудачных попыток входа система блокирует доступ на пять минут, фиксируя в журнале IP-адрес, порт и причину блокировки. Благодаря синхронизации интерфейсов, блокировка распространяется как на CLI, так и на веб-интерфейс.

*Противодействие XSS-атаке.* При внедрении JavaScript-кода в параметры запроса система управления экранирует служебные символы, предотвращая выполнение кода в браузере администратора.

*Противодействие CSRF-атаке.* При попытке подделки межсайтового запроса система проверяет корректность CSRF-токена. При его отсутствии операция отклоняется с фиксацией инцидента в логах.

*Противодействие SQL-инъекции.* Попытка обхода аутентификации через внедрение кода блокируется СУ, параметризующей запросы к БД и экранирует символы, гарантируя невозможность несанкционированного доступа.

*Защита API.* Проверка доступности внутренних эндпоинтов с внешнего интерфейса показала, что критические API недоступны удаленно. Система принимает запросы только от локальных процессов, предотвращая удаленное администрирование.

*Тестирование контроля целостности.* При попытке несанкционированной замены файла конфигурации через SCP система

блокирует соединение на этапе аутентификации, подтверждая запрет на удаленную запись в системные директории и работу системы обнаружения вторжений.

Проведенное тестирование на проникновение подтвердило, что система управления многофункционального межсетевого экрана обладает высоким уровнем устойчивости к несанкционированному доступу.

УДК 697.94

Авдеева А.А.

**ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПЛАСТИНАМИ  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА  
ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского

Пластинчатые рекуператоры широко применяются в приточно-вытяжных системах вентиляции для утилизации теплоты удаляемого воздуха. В компактных локальных установках, используемых в мастерских, лабораториях и учебных инженерных центрах, особое значение имеет рациональный выбор геометрических параметров теплообменника. Одним из ключевых параметров конструкции является расстояние между теплообменными пластинами, формирующее каналы для движения приточного и вытяжного воздуха.

Расстояние между пластинами оказывает комплексное влияние на работу рекуператора. С одной стороны, уменьшение расстояния приводит к увеличению числа каналов и, соответственно, к росту суммарной площади теплообмена при одинаковых габаритах теплообменника. Это способствует повышению интенсивности теплопередачи и увеличению эффективности рекуперации теплоты. С другой стороны, уменьшение ширины канала вызывает рост аэродинамического сопротивления, что приводит к увеличению энергопотребления вентиляторов и может снижать общий энергетический эффект системы.

Одновременно изменение расстояния между пластинами существенно влияет на аэродинамические характеристики каналов. Потери давления при движении воздуха в канале можно оценить по выражению

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2},$$

где  $\Delta P$  - потери давления, Па;  $\xi$  - коэффициент сопротивления канала;

$\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  - скорость воздушного потока, м/с.

При уменьшении расстояния между пластинами гидравлический диаметр канала уменьшается, что приводит к росту коэффициента сопротивления и увеличению потерь давления. В результате возрастает нагрузка на вентиляторы системы вентиляции.

Для оценки влияния расстояния между пластинами был выполнен сравнительный анализ нескольких вариантов компоновки пластинчатого теплообменника одинаковых габаритов. Рассматривались расстояния между пластинами 3, 4, 5 и 6 мм. При уменьшении расстояния между пластинами возрастает число каналов и суммарная площадь теплообмена, что способствует увеличению эффективности теплоутилизации. Однако при расстоянии менее 3–4 мм наблюдается значительное увеличение аэродинамического сопротивления каналов, что может приводить к росту энергопотребления вентиляторов.

Проведённый анализ показывает, что для компактных пластинчатых рекуператоров локальных вентиляционных систем рациональным является расстояние между пластинами в диапазоне 4–5 мм. Такое значение обеспечивает достаточную площадь теплообмена при умеренных потерях давления в каналах и позволяет обеспечить устойчивую работу вентиляционной установки.

Таким образом, расстояние между теплообменными пластинами является важным конструктивным параметром пластинчатого рекуператора, оказывающим влияние как на тепловую эффективность, так и на аэродинамические характеристики устройства. Оптимальный выбор данного параметра позволяет обеспечить эффективную утилизацию теплоты вентиляционного воздуха при минимальном энергопотреблении системы вентиляции.

УДК 697.94

Авдеева А.А.

## **ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПЛАСТИН ДЛЯ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЛОКАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Эффективность работы пластинчатого рекуператора во многом определяется характеристиками материала, из которого изготовлены теплообменные пластины. От выбранного материала зависят интенсивность теплопередачи между воздушными потоками, масса конструкции, устойчивость к коррозии, технологичность изготовления и стоимость устройства. При проектировании компактных вентиляционных установок для мастерских, лабораторий и небольших производственных помещений выбор материала теплообменных пластин является одной из ключевых задач, влияющих на энергетическую эффективность всей системы вентиляции.

Пластинчатый рекуператор представляет собой теплообменник, состоящий из пакета тонких пластин, образующих чередующиеся каналы для приточного и вытяжного воздуха. Передача теплоты осуществляется через стенку пластины без смешивания потоков. Конструкция такого типа отличается относительной простотой, высокой надёжностью и возможностью изготовления в компактном исполнении. Однако эффективность теплообмена существенно зависит от теплопроводности материала пластин, их толщины и геометрии каналов.

В работе выполнен сравнительный анализ материалов, которые могут применяться для изготовления теплообменных пластин пластинчатого рекуператора локальной вентиляции. В качестве основных рассматриваемых материалов выбраны алюминий, оцинкованная сталь, нержавеющая сталь и поликарбонат. Данные материалы отличаются по физико-механическим свойствам, теплопроводности, устойчивости к воздействию влаги и коррозии, а также по стоимости и технологичности обработки.

Алюминий характеризуется высокой теплопроводностью и относительно малой плотностью, что позволяет обеспечить эффективную передачу теплоты при небольшой толщине пластин. Благодаря этим свойствам алюминиевые теплообменники широко применяются в вентиляционных установках различной мощности. Кроме того, алюминий легко поддаётся штамповке и формованию, что упрощает изготовление теплообменных элементов.

Оцинкованная сталь обладает более высокой механической прочностью и сравнительно низкой стоимостью. При этом её теплопроводность значительно ниже, чем у алюминия, что может приводить к некоторому снижению эффективности теплообмена. Тем не менее данный материал широко применяется благодаря доступности и хорошей технологичности при производстве вентиляционного оборудования.

Нержавеющая сталь отличается высокой коррозионной стойкостью и долговечностью, что особенно важно при работе в условиях повышенной влажности или возможного образования конденсата. Однако использование данного материала сопровождается увеличением массы конструкции и стоимости изготовления теплообменника.

Отдельного внимания заслуживает применение поликарбоната в качестве материала теплообменных пластин. Несмотря на низкую теплопроводность по сравнению с металлическими материалами, поликарбонат обладает рядом преимуществ: малой массой, устойчивостью к влаге, простотой механической обработки и возможностью изготовления пластин методом резки или формования.

Благодаря этим свойствам поликарбонат может использоваться в малогабаритных рекуператорах бытового и экспериментального назначения.

Проведённый анализ показывает, что выбор материала теплообменных пластин должен осуществляться с учётом условий эксплуатации вентиляционной установки, требуемой тепловой эффективности, массы конструкции и экономической целесообразности. Для большинства компактных рекуператоров рациональным решением является использование алюминиевых пластин, обеспечивающих оптимальное сочетание теплопроводности, массы и технологичности изготовления. В то же время применение поликарбоната может быть оправдано в установках небольшой мощности, где важны простота конструкции и устойчивость материала к воздействию влаги.

УДК 697.94

Авдеева А.А.

## **ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЁТУ КОМПАКТНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ МАЛЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В условиях роста требований к энергоэффективности зданий и увеличения стоимости энергоресурсов особое значение приобретает снижение тепловых потерь через системы вентиляции [1]. Для малых производственных помещений и мастерских применение централизованных промышленных приточно-вытяжных установок с теплоутилизаторами зачастую экономически нецелесообразно. Это обусловлено небольшими объёмами помещений, периодическим режимом работы и ограниченными габаритами инженерного оборудования.

В работе рассматривается инженерный расчёт компактного пластинчатого противоточного рекуператора, предназначенного для локальной системы вентиляции мастерской. Объектом исследования является теплообменник, состоящий из пакета металлических пластин, образующих чередующиеся каналы для приточного и вытяжного воздуха. Передача теплоты осуществляется через твёрдую стенку без смешивания потоков, что особенно важно для помещений с возможным пылевыделением [2].

Методика расчёта основана на классических зависимостях теории теплопередачи и включает:

– определение требуемого воздухообмена по кратности;

- расчёт тепловых потерь через вентиляцию;
- определение требуемой мощности рекуператора;
- расчёт площади теплообмена;
- определение коэффициента теплопередачи;
- оценку эффективности теплоутилизации;
- проверку аэродинамического сопротивления каналов.

Особое внимание уделяется компромиссу между увеличением площади теплообмена и ростом аэродинамического сопротивления, влияющего на энергопотребление вентиляторов.

В качестве примера выполнен расчёт для мастерской площадью 30 м<sup>2</sup> и объёмом 90 м<sup>3</sup> при кратности воздухообмена 3. При расчётной температуре наружного воздуха минус 15 °С теплотери через вентиляцию составляют 3,15 кВт. При использовании пластинчатого рекуператора с эффективностью 60 % возвращаемая тепловая мощность достигает 1,89 кВт, что позволяет более чем в два раза снизить нагрузку на систему отопления.

Расчёты показали, что для обеспечения требуемой тепловой мощности достаточно теплообменной поверхности порядка 2,2 м<sup>2</sup>. При габаритах теплообменника 0,4 × 0,3 м требуемое количество каналов составляет 10, что подтверждает возможность создания компактной конструкции, пригодной для интеграции в локальную вентиляционную установку.

Полученные результаты подтверждают техническую реализуемость и энергетическую целесообразность применения компактных пластинчатых рекуператоров в мастерских и малых производственных помещениях. Разработанный инженерный подход позволяет адаптировать параметры теплообменника под реальные условия эксплуатации и обеспечить рациональное сочетание тепловой эффективности и минимального энергопотребления.

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон РФ № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». – М., 2009.
2. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Минстрой России, 2020.

Авдеева А.А.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ МАСТЕРСКОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Лазерная резка древесины сопровождается выделением дыма и аэрозольных частиц, что требует организации вытяжной вентиляции. В малых мастерских удаление нагретого воздуха приводит к значительным теплотерям. Повышение энергетической эффективности возможно за счёт применения пластинчатого рекуператора, обеспечивающего передачу тепла от вытяжного воздуха приточному потоку.

Объектом исследования является противоточный пластинчатый рекуператор, работающий при малых расходах воздуха. Передача тепла осуществляется по схеме «конвекция–теплопроводность–конвекция». Для оценки эффективности применён метод числа единиц переноса ( $NTU$ ) [1]:

$$NTU = \frac{k \cdot F}{C_{\min}}, \quad (1)$$

где  $k$  - общий коэффициент теплопередачи;  $F$  - площадь теплообмена;  $C_{\min}$  - минимальная теплоёмкостная характеристика потока, определяемая как  $C = G \cdot c_p$ , где  $G$  - массовый расход воздуха;  $c_p$  - удельная теплоёмкость.

Эффективность рекуператора определяется выражением (2):

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}}, \quad (2)$$

$$Q_{\max} = C_{\min} \cdot (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВХ}}), \quad (3)$$

где  $Q$ ,  $Q_{\max}$  - количество теплоты, передаваемое в рекуператоре;  $C_{\min} = G \cdot c_v$  - теплоёмкостная характеристика потока;  $T_{\text{ВЫХ}}$ ,  $T_{\text{ВХ}}$  - температура удаляемого и наружного воздуха.

Коэффициент теплоотдачи рассчитывался через безразмерные критерии подобия. Число Рейнольдса [1]:

$$Re = \frac{(\rho \cdot \omega \cdot d)}{\mu}, \quad (4)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха;  $\omega$  - средняя скорость потока;  $d$  - гидравлический диаметр канала;  $\mu$  - динамическая вязкость.

В зависимости от режима течения определялось число Нуссельта [2]:

$$Nu = \frac{(\alpha \cdot d)}{\lambda_{\text{В}}}, \quad (5)$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи;  $\lambda_{\text{в}}$  - теплопроводность воздуха.

Аэродинамические потери вычислялись по формуле Дарси–Вейсбаха [2]:

$$\Delta P = \lambda \cdot \left(\frac{L}{d}\right) \cdot \left(\frac{\rho \cdot \omega^2}{2}\right), \quad (6)$$

где  $\lambda$  — коэффициент сопротивления;  $L$  — длина канала.

Расчёты показали, что уменьшение межпластинчатого зазора повышает эффективность теплообмена, однако приводит к росту потерь давления. Проектирование компактного рекуператора требует поиска компромисса между тепловой эффективностью и аэродинамическим сопротивлением.

Полученная математическая модель может быть использована при разработке энергоэффективных вентиляционных систем для малых производственных помещений.

### Библиографический список

1. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
2. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. - М.: Атомиздат, 1979.

УДК 539.3:539.4

### Афонин Н.С., Шурашов А.Д. РАСЧЁТ СВАРНОЙ БАЛКИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В процессе подготовки бакалавров по инженерным специальностям сварные соединения рассматриваются при изучении курсов: «Инженерная графика», «Технология конструкционных материалов», а также в разделах «Сопротивление материалов» и «Детали машин» курса «Техническая механика».

Однако в связи с крайне ограниченным числом часов, выделяемых учебными планами на эти дисциплины, эта тема рассматривается в очень сжатом объёме.

По этой причине представляет интерес одна из методических разработок доцента Дзержинского филиала Горьковского политехнического института Г.И. Плотникова, изданная в 1985 году, когда отдельный курс «Сопротивление материалов» изучался в течение двух семестров. Одна из задач, рассмотренных в этих методических указаниях, представляет собой определение размеров и полную проверку

на прочность сварной двутавровой балки. Разнообразные варианты заданий позволяют студентам разных учебных групп проверить и пополнить свои знания и навыки по этой теме. Использование этого методического материала в настоящее время лишний раз подтверждает его актуальность.

Студентам предлагаются 90 вариантов схем нагружения 2-опорных балок. Двутавровое поперечное сечение состоит из вертикального листа и двух полок.

Необходимо построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. После этого выбирается опасное сечение для расчёта на прочность по нормальным напряжениям.

Далее студентам предлагается задаться толщинами листов, образующих двутавр. После этого можно конкретизировать оставшиеся размеры сечения, пользуясь теорией их геометрических характеристик.

Далее следует обратиться к нормативным документам, определяющим размеры стального листа, с соответствующим уточнением размеров сечения, после чего производится повторная проверка условия прочности.

Полная проверка на прочность подразумевает также расчёт по главным напряжениям, для чего необходим анализ касательных напряжений и построение соответствующих эпюр нормальных и касательных напряжений в расчётном сечении.

После этого вычисляются значения главных напряжений и определяется положение главных площадок в опасной точке, а также проверяется условие прочности по обобщённой теории Мора. Для этой точки строится круговая диаграмма Мора.

Наконец, студенту следует задаться катетом сварного шва и проверить последний на прочность.

Авторами проведена апробация конкретных вариантов этой комплексной задачи, что позволило лишний раз убедиться в её методической ценности и в настоящее время.

УДК 621.31

Ашин Н.Д.

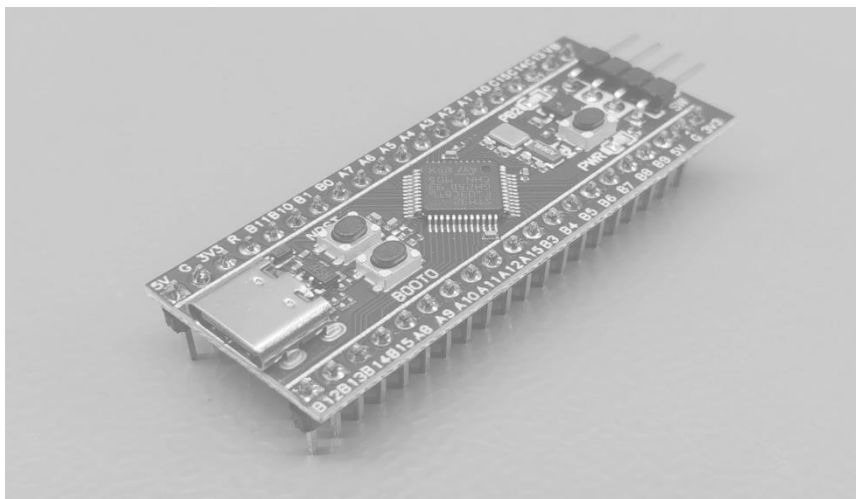
**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕРИИ STM32  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЛНОВОЙ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ О КОНЕЧНЫХ  
АВТОМАТАХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В условиях глобального энергетического перехода и необходимости снижения выбросов парниковых газов возобновляемые источники энергии

становятся ключевым направлением развития энергетики. Волновая энергетика, использующая неисчерпаемый потенциал океанских волн, является одним из наиболее перспективных, но при этом технологически сложных направлений «зелёной» генерации. Эффективность преобразования энергии волны в электричество напрямую зависит от способности системы управления адаптироваться к постоянно меняющимся параметрам волнения (высоте, периоду, длине, направлению волн). Особое значение имеет задача управления положением волновой электростанции относительно фронта волны: ориентация платформы и настройка геометрии турбинного водовода определяют разницу давлений на входе и выходе силового тракта, а следовательно – объём вырабатываемой электроэнергии.

Современные подходы к управлению волновыми установками часто используют непрерывные алгоритмы (ПИД-регуляторы, *MPC*), требующие больших вычислительных ресурсов и точного прогноза волнового поля. Однако практическая реализация таких систем на автономных микроконтроллерных платформах (например, *STM32*) сталкивается с ограничениями по быстродействию, памяти и энергопотреблению.



**Рис. Микроконтроллер *STM32F103C8T6***

Альтернативой выступают методы управления с конечным множеством состояний (*Finite Control Set*) и теория конечных автоматов, которые позволяют формализовать логику работы станции в виде дискретных режимов и обеспечить детерминированное, предсказуемое поведение системы в реальном времени [1]. Данный подход хорошо согласуется с возможностями микроконтроллеров *STM32*, обладающих мощными таймерами, прерываниями и поддержкой языка *C/C++*.

## Библиографический список

1. Пестриков, В. М. Дискретная математика [Текст] : учебное пособие / В.М. Пестриков, В. С. Дудкин, Г. А. Петров ; сост. В. М. Пестриков [и др.]. СанктПетербург : СПб ГТУРП, 2013. — 136 с.

УДК 621.31

Ашин Н.Д.

### **РАЗРАБОТКА МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА ДЛЯ ОТРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЯМИ ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В статье рассматривается разработка макетного образца системы управления положением волновой электростанции на базе микроконтроллера *STM32*. Предложена программная реализация конечно-автоматной модели управления, реализующая три основных состояния модуля: останов, поворот вправо и поворот влево. Описаны архитектура системы, алгоритмы обработки данных с датчиков и принципы формирования управляющих воздействий на исполнительные механизмы. Приведены результаты экспериментальной отработки на макетном образце.

Для отработки алгоритма управления положением волновой электростанции макет будет состоять из следующих основных компонентов:

- переменные резисторы, имитирующие показания с датчиков давления;
- отладочная плата *STM32*, являющаяся основой системы управления;
- индикаторы, сообщающие и состоянии системы в данный момент времени.

В результате выполнения работы разработан и экспериментально проверен макетный образец системы управления положением волновой электростанции на базе микроконтроллера *STM32*, реализующий конечно-автоматные алгоритмы управления.

Основные результаты:

1. Разработана конечно-автоматная модель управления с тремя состояниями.
2. Выполнена программная реализация на языке *C* для микроконтроллера серии *STM32*.
3. Экспериментально подтверждена работоспособность макетного образца.

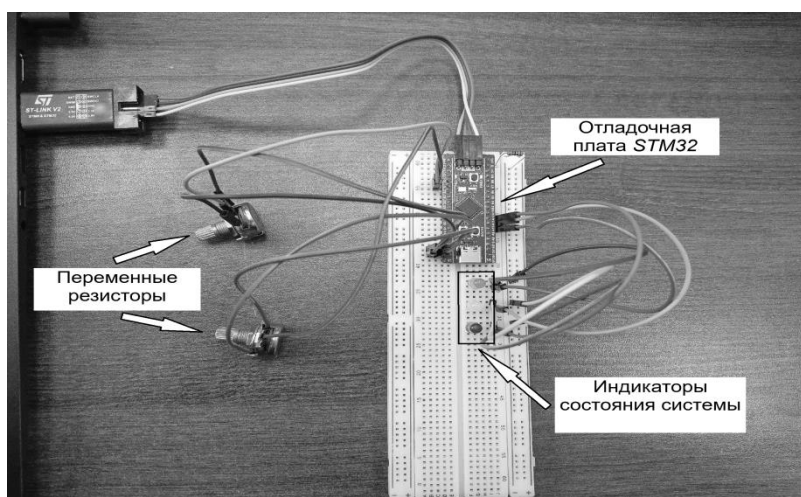


Рис. Макет для проведения экспериментальных исследований

УДК 681.542.4

Бережной А.Н., Токарев С.В.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных промышленных производствах решение задач повышения эффективности, снижения потерь и обеспечения стабильного качества продукции достигается внедрением автоматизированных систем управления, что повышает надежность управления и снижает влияние человеческого фактора на безопасную работу технологических установок.

Процессы сушки сырья и готовой продукции активно применяются на химических и нефтехимических предприятиях. Для обеспечения стабильности параметров сушки и требуемого качества продукции используют специализированное оборудование, поддерживающее заданные режимы температуры, давления, расхода и разрежения. Важным элементом таких систем является технологический узел вакуумирования, создающий и поддерживающий вакуум в реакторах при удалении влаги из обрабатываемого материала.

Технологический узел вакуумирования включает аппараты конденсации, разделения фаз, вакуумные насосы, теплообменное оборудование и вспомогательные системы подачи азота и теплоносителя. От корректной работы этого узла зависят стабильность технологических режимов, безопасность эксплуатации реакторов и энергоэффективность всего процесса сушки. В составе узла предусмотрены контуры контроля температуры, давления, уровня, расхода и разрежения, а также

автоматические защитные блокировки, предотвращающие работу оборудования вне регламентных условий.

В частности, в контуре регулирования температуры смеси после теплообменника используется регулятор температуры смеси, управляющий расходом хладоносителя, поступающего в теплообменник. Для регулирования уровня в сборнике сточных вод управляющим воздействием служит расход сточных вод на утилизацию. Поскольку возмущающие воздействия в системе малы, применяется принцип управления по отклонению, обеспечивающий точное поддержание заданных режимов.

Внедрение автоматизированных систем управления описанным узлом вакуумирования обеспечивает достижение поставленных целей: повышается надёжность и стабильность технологического процесса, снижается влияние человеческого фактора и исключаются аварийные режимы. Использование регуляторов температуры, давления, уровня и расхода вместе с автоматическими защитными блокировками позволяет точно поддерживать оптимальные параметры процесса сушки.

УДК 519.863

Бодров-Горин С.Д., Нажимов А.В.

## **СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОДНОМЕРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ЗАШУМЛЕННЫХ ДАННЫХ**

Дзержинский филиал ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Задача одномерной оптимизации – это нахождение экстремума функции на заданном интервале. На практике значения целевой функции зачастую доступны с некоторой погрешностью (шумом), что существенно усложняет поиск экстремума.

В данной работе сравниваются 7 методов одномерной оптимизации. Методы, использующие производные: метод Ньютона, градиентный спуск. Методы, чувствительные к знаку производной: метод дихотомии, метод секущих, метод хорд. Методы, не использующие производные: золотое сечение, метод Брента. Реализации алгоритмов соответствуют алгоритмам из NUMERICAL RECIPES [1].

В качестве тестовой функции выбрана  $f(x) = (x - 3)^2 + 2$ , рассматриваемый интервал  $[-10, 10]$ . К значениям функции, первой и второй производных добавляется гауссовский шум  $\sigma$ , равный 0.001, 0.01, 0.1 и 0.2. Количество запусков для каждого метода составляет 1000. Успешным запуском будет считаться такой запуск, в котором оценка экстремума отклонилась от истинного значения  $x^*$  не более чем на 0.01, или же  $x \in [x^* - \varepsilon; x^* + \varepsilon]$ .

Результаты измерений представлены в таблице.

**Таблица. Данные измерений**

Метод	$\sigma = 0.001$	$\sigma = 0.01$	$\sigma = 0.1$	$\sigma = 0.2$
Золотое сечение	33.8%	8.2%	1.7%	0.9%
Метод Брента	69.5%	43.2%	14.9%	8.6%
Метод дихотомии	100%	99.1%	22.2%	11.1%
Метод Ньютона	100%	94.6%	17%	6.8%
Градиентный спуск	100%	100%	46%	21.5%
Метод секущих	100%	99.2%	30.9%	15.3%
Метод хорд	100%	99.8%	26.2%	14%

Как видно из результатов, при низком уровне шума методы, опирающиеся на производные, показывают высокую надежность. С ростом шума их эффективность значительно снижается. Методы, не использующие производные, показывают в основном более низкую устойчивость к шуму. Градиентный спуск показал наилучшие показатели из рассматриваемых методов.

### **Библиографический список**

1. William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery. NUMERICAL RECIPES The Art of Scientific Computing Third Edition // Cambridge University Press, 2007. – 1235 с.

УДК 004.896:66.945.53

Васин С.А., Добротин С.А.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Неотъемлемой частью аппаратурного оформления многих технологических процессов является система охлаждения. В большинстве случаев охлаждение осуществляется с использованием технологической воды. После использования вода нагревается и ее надо охлаждать. Для этого и применяются градирни. В зависимости от требований к охлаждению и условий эксплуатации существуют разные типы градирен. От совершенства их работы зависит, насколько хорошо будет охлаждаться

вода, а это, в свою очередь, влияет на весь дальнейший процесс, ведь в случае проблем с охлаждением в градирне, последуют проблемы с температурой в технологических аппаратах, в которых эта вода использовалась, что может привести к авариям и остановке технологического процесса.

Для обеспечения безопасности и эффективности применяется автоматизированная система управления (АСУ) процессом охлаждения воды. Она снижает затраты в использовании градирни за счет следующих факторов:

1) внедрение частотно-регулируемых приводов для вентиляторов и насосов позволяет снизить энергопотребление на 15–50 %. Особенно это заметно в периоды низких нагрузок или в холодное время года, когда оборудование автоматически снижает обороты;

2) автоматика позволяет точно контролировать циклы продувки и подпитки, что сокращает потери воды при прохождении через градирню;

3) ПИД-регуляторы поддерживают температуру охлажденной воды с высокой точностью, что важно для технологических процессов. Отклонение температуры от заданной в производствах ведет к увеличенному использованию воды или сказывается на конечном продукте;

4) АСУ позволяют оперативно изменять работу процесса при наличии возмущающих воздействий внешней среды;

5) АСУ позволяет сократить количество персонала и влияние человеческого фактора на работу процесса.

Таким образом, автоматизация процесса приводит к повышению точности, надежности и эффективности процесса, а также снижает затраты и риски аварий. Эта определяет актуальность работы по автоматизации испарительной вентиляторной градирни.

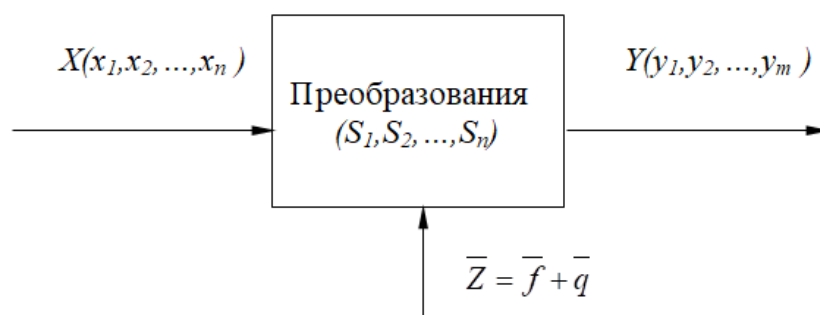
УДК 681.5.011

Глотов Е.А., Попов А.А.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В РЕАКТОРЕ ХЛОРИРОВАНИЯ БУТАДИЕНА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Для исследования технологического объекта (далее ТО) необходимо полное описание всех существующих воздействий в системе (рис. 1), без него невозможно осуществить максимально точное и осознанное управления ТО [1].



**Рис. 1. Описание координат системы управления:**

$X$  – управляющее воздействие;  $Z$  – возмущающее воздействие;  
 $f$  – неконтролируемое возмущение;  $q$  – контролируемое возмущение;  
 $S$  – преобразования;  $Y$  – управляемые координаты

Управляющее воздействие  $X$  задается человеком либо вырабатывается управляющим устройством. Возмущения  $Z$  не зависят от системы управления. Они могут возникать как вне системы, так и внутри нее.

Рассмотрим реактор хлорирования бутадиена — это барботажная колонна, в которую поступают: раствор катализатора (хлороформ + ТБАБ), газообразный бутадиен, сухой газообразный хлор. Перемешивание обеспечивает барботаж: пузырьки газа поднимаются вверх, перемешивая жидкость. У реактора три независимые охлаждаемые зоны (рубашки) с охлаждающим рассолом. В присутствии ТБАБ хлор и бутадиен образуют целевую молекулу 1,4-дихлорбутен-1.

Приоритетные задачи: стабилизация температуры в реакционных зонах, обеспечение требуемого качества продукта, поддержание уровня для исключения перелива/недолива. Основным регулирующим воздействием для стабилизации температуры выбран расход рассола через рубашки охлаждения. Это наиболее эффективный и прямой канал управления тепловым балансом.

Расходы хлора и бутадиена должны быть стабилизированы для постоянной производительности, при этом их абсолютные значения задаются контуром, чтобы поддерживать мольное соотношение Хлор:Бутадиен = 1:1.14.

Возмущающие воздействия: начальные температуры всех реагентов, примеси содержащиеся в реагентах. Итоговое описание координат системы управления (рис. 2).

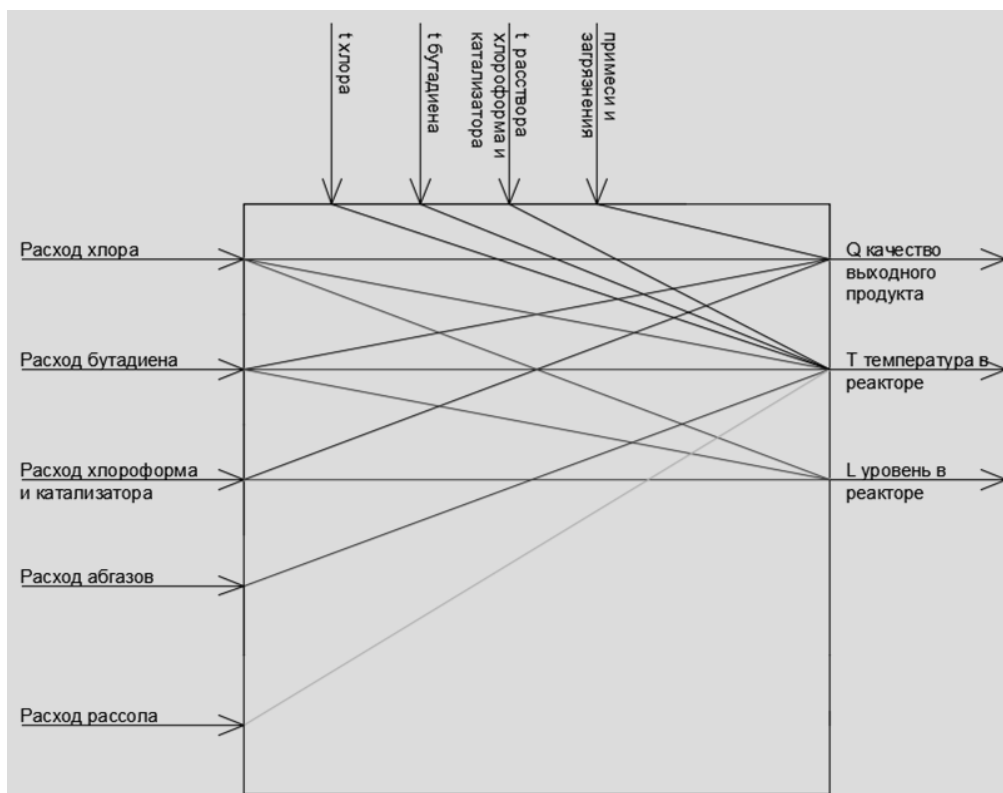


Рис. 2. Координаты системы управления барботажной колонны

### Библиографический список

1. Решение типовых задач теории автоматического управления с применением пакета Mathcad 15: учеб. пособие/ А.А. Попов, Н.О. Кулигина, А.М. Мясников; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2019. - 87 с.

УДК 629.085

Горлышкова А.А.

### ПРОБУКСОВКА МУФТЫ СВОБОДНОГО ХОДА ПРИВОДА СТАРТЕРА

МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы», г. Нижний Новгород

В современном мире стартер – неотъемлемая составляющая любого автомобиля. Знание устройства и принципа действия такой важной детали не только расширяет кругозор человека, но и вполне может пригодиться в случае внезапной поломки. Также каждый хороший водитель, следящий за состоянием своего автомобиля, используя данный теоретический материал, сможет своевременно устранить поломку, зная какие признаки могут на нее указывать.

В период эксплуатации автомобиля моя семья столкнулась с проблемой - стартер включается и работает, а коленчатый вал двигателя не вращается. При зрительном осмотре стало ясно, что проблема кроется

именно в стартере. Запуска не происходит из-за пробуксовки муфты свободного хода привода стартера. Если проблема скрывается в пробуксовке, то единственный способ устранить ее – заменить привод. Шестерня бендикса не должна вращаться в обе стороны. Если она проворачивается под действием руки, значит, произошла поломка внутри муфты. Этот механизм сконструирован так, чтобы при вращении в одном направлении шарики под действием пружин выдвигались из пазов и сопротивлялись этому движению, вследствие чего оба кольца заклинивали, а при вращении в противоположном направлении эти шарики утапливались, не мешая свободному движению колец. Если движение происходит в обе стороны, значит один или несколько шариков не выдвигаются, и кольца не заклинивают. Чем больше шариков или пружин вышло из строя, тем легче вращается шестерня привода в обе стороны. Но обгонная муфта является неразборной деталью, и ее составляющие довольно сложно найти в продаже. Также сами производители данных деталей рекомендуют заменить привод целиком, нежели стараться разобрать его и заменить отдельные части. Ведь если попытаться так сделать, деталь может стать негерметичной и небезопасной в использовании.

Далее для успешной работы необходимо составить план действий, содержащий основные пункты последовательности разборки и демонтажа деталей.

1. Отсоединить контакт щеточного узла от силового болта, втягивающего реле.
2. Вывернуть винты, крепящие реле к защитной крышке (маске).
3. Снять реле, извлечь сердечник из маски.
4. Открутить стержневые болты, снять защитную крышку.
5. Сбить стопорное и упорное кольца с вала редуктора, отсоединить рычаг привода от бендикса.
6. Заменить старый привод стартера на новый.
7. Убедиться, что новая муфта исправна (не проворачивается).
8. Произвести сборку в обратном порядке.
9. Установить стартер на авто.
10. Убедиться, что двигатель внутреннего сгорания успешно завелся.

После демонтажа стартера с автомобиля необходимо приступить к устранению поломки. Зная, в чем именно кроется неполадка, вовсе не обязательно полностью разбирать стартер, достаточно лишь отсоединить втягивающее реле, защитную крышку, стопорное и упорное кольца. Для начала при помощи ключа была откручена гайка крепления щеточного узла с контактного болта тягового реле. Затем отсоединена клемма вывода щеточного узла от реле. Далее со стороны маски были откручены

отверткой два винта, которые удерживали втягивающее реле на своем месте. После полностью извлечены реле и сердечник с посадочного места. Также с помощью ключа были вывернуты стержневые болты, крепящиеся со стороны защитного кожуха и проходящие стартер насквозь. После демонтажа двух стержневых болтов была снята защитная крышка со стороны привода стартера. Прежде чем демонтировать обгонную муфту, необходимо сбить кольца, а также открепить от бендикса рычаг привода стартера. При помощи небольшого молотка были сбиты стопорное и упорное кольца. Далее откреплен рычаг привода. После этого была извлечена старая муфта свободного хода и заменена абсолютно новой исправной деталью.

После замены интересующей детали необходимо подготовить стартер к сборке. Для этого нужно вернуть на соответствующее место на валу якоря стартера упорное и стопорное кольца. Сначала идет незамкнутое кольцо – упорное. Затем замкнутое – стопорное. Очень важно не перепутать последовательность надевания данных колец. Дальнейшая сборка стартера происходит в обратном порядке.

Эту работу можно использовать как поэтапную инструкцию по замене привода стартера автомобиля. Здесь подробно указаны шаги действий в виде плана, а также описана непосредственно сама практическая работа. На основе всей моей работы, тщательно изучив теорию и следуя этапам из практики, можно самостоятельно разобраться в устройстве и принципе работы стартера, диагностировать и устранить проблему, заключающуюся в пробуксовке муфты свободного хода привода стартера.

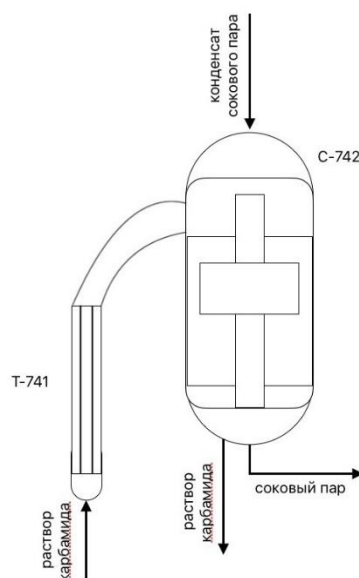
УДК 681.5.017

Гуревич С.А., Кечкина Н.И.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИСПАРИТЕЛЯ И СЕПАРАТОРА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Сепаратор предназначен для разделения газовой и жидкой фазы. Аппарат эксплуатируется на открытой площадке, температура наиболее холодных суток -34 °С. Сепаратор (рис.) представляет собой стальной вертикальный цилиндрический аппарат с торосферическими днищем и крышкой. Подача смеси происходит в верхнюю часть аппарата через штуцер, подсоединенный к испарителю I ступени. Режим работы аппарата – непрерывный.



**Рис. Принципиальная схема объекта**

Раствор карбамида в количестве  $70,3 \div 109$  м<sup>3</sup>/ч насосами направляется в один из поочередно работающих фильтров и затем на I ступень выпаривания в испаритель поз. Т-741. На I ступени выпаривания поддерживается абсолютное давление  $30 \div 50$  кПа, и происходит нагрев раствора до температуры  $115 \div 130$  °С. Нагретый в испарителе раствор, поступает в сепаратор I ступени выпаривания поз. С-742, где под действием центробежных сил происходит отделение сокового пара от раствора карбамида.

В качестве теплоносителя в испарителе I ступени используется пар с давлением  $0,35 \div 0,45$  МПа. Паровой конденсат из межтрубного пространства испарителя поз. Т-741 сливается через конденсатоотводчик.

Назначение узла – проведение процесса выпаривания раствора карбамида с целью повышения его концентрации.

Ограничения на переменные, исходя из требований к качеству продукта и условий безопасного ведения процесса, представлены в таблице.

**Таблица. Регламентные ограничения на показатели процесса и на технологические параметры**

Наименование Показателя	Минимально допустимое значение	Максимально допустимое значение
Концентрация раствора карбамида, %	45 %	70 %
Расход раствора карбамида, м <sup>3</sup> /ч	70,3	109
Давление на I ступени выпаривания, кПа	30	50
Температура на I ступени выпаривания, °С	115	130

Основная цель функционирования рассматриваемого объекта управления заключается в обеспечении заданной концентрации карбамида в выходном потоке из сепаратора С-742, что определяет готовность раствора к дальнейшей переработке на II ступени выпаривания.

УДК 66.021.3 : 338.45

Жарова Т.В., Куфтырева Н.А.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ И НЕРЕГУЛЯРНЫХ НАСАДОК В МАССООБМЕННЫХ КОЛОННАХ**

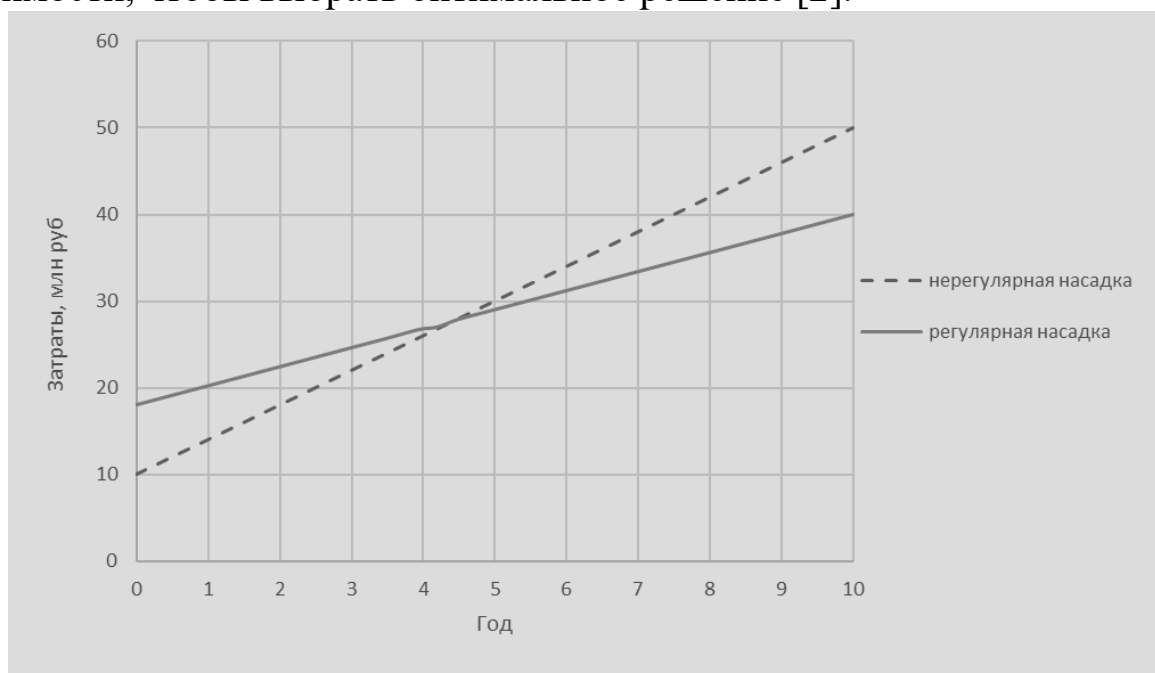
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В химической технологии и нефтегазопереработке колонны с насадками являются ключевыми аппаратами для проведения процессов ректификации, абсорбции и экстракции [1]. Выбор типа контактного устройства одна из основных инженерных задач, связанная с гидродинамикой, массопередачей и эффективностью процесса. Этот выбор определяет капитальные вложения и эксплуатационные расходы предприятия.

Нерегулярные насадки выигрывают по стоимости материала. Они производятся массово и их цена за кубический метр в 2 - 3 раза ниже, чем у регулярных насадок. Однако, регулярные насадки, благодаря своей структуре, обеспечивают более высокую эффективность разделения на единицу высоты. Это означает, что для достижения требуемого результата высота колонны может быть значительно меньше. Снижение высоты колонны влечет за собой уменьшение расхода металла на изготовление корпуса колонны, упрощение монтажа и обвязки, что снижает эксплуатационные расходы.

Если капитальные затраты носят разовый характер, то операционные расходы возникают на протяжении всего срока службы колонны. Ключевую роль здесь играет гидравлическое сопротивление насадки. Нерегулярные насадки создают хаотичные каналы для прохода пара, что приводит к высокому сопротивлению. В ректификационных колоннах высокое сопротивление влияет на температурный режим в кубе: чем выше давление, тем выше температура кипения. Это вынуждает использовать более дорогой теплоноситель, либо тратить больше энергии на нагрев. Регулярные насадки, напротив, обладают упорядоченной структурой, обеспечивающей низкое гидравлическое сопротивление [1]. Снижение перепада давления всего на 30 – 40 % дает экономию энергии в масштабах непрерывного производства, работающего 10000 часов в год.

На рисунке представлен график, на котором показана динамика изменения совокупных затрат для разных типов насадок во времени. Экономический анализ выбора насадок для колонн демонстрирует, что экономия на дешевых контактных устройствах часто приводит к убыткам в долгосрочной перспективе. Регулярные насадки, несмотря на их высокую начальную стоимость, являются инвестицией в энергоэффективность. При проектировании новых установок и модернизации старых необходимо проводить расчет совокупной стоимости, чтобы выбрать оптимальное решение [2].



**Рис. Динамика совокупных затрат**

Таким образом, график подтверждает вывод о том, что при проектировании массообменных колонн ключевым критерием выбора должна выступать минимизация общей стоимости владения с учетом энергопотребления и производительности аппарата на всем сроке службы.

### **Библиографический список**

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов: в 2 ч. / Ю.И. Дытнерский. – Москва: Химия, 2002. – Ч. 2. – 400 с.
2. Российская Федерация. Законы. Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений: Федеральный закон № 39-ФЗ от 25.02.1999 (последняя ред.). [Электронный ресурс]. - URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22142/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22142/) (дата обращения: 09.03.2026).

Завражина А.К., Кечкина Н.И.

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ЧИСТОГО ТРИЭТАНОЛАМИНА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современные требования к химическим производствам диктуют необходимость внедрения высокоточных систем управления, обеспечивающих безопасность, экономичность и стабильность технологических режимов.

Объектом автоматизации выступает установка получения чистого триэтанолamina (ТЭА) методом вакуумной ректификации в колонне К311. Целевой продукт применяется в текстильной, цементной, косметической отраслях и органическом синтезе. Цель работы – модернизация устаревшей системы автоматизации с заменой приборов на современные аналоги с улучшенными метрологическими характеристиками.

Технологический процесс характеризуется жесткими требованиями к параметрам: температура куба 202–207 °С, верха колонны 182–187 °С, абсолютное давление 0,42–0,53 кПа, содержание основного вещества не менее 99 %.

Обращающиеся среды относятся к третьему классу опасности и горючим жидкостям [1], что обуславливает необходимость надежных систем контроля и противоаварийной защиты.

Проектом предлагается трехуровневая автоматизированная система управления. Полевой уровень включает современные датчики: термопреобразователи сопротивления с унифицированным токовым сигналом 4–20 мА, интеллектуальные датчики давления, вихревые расходомеры для пара, микроимпульсные радарные уровнемеры, сигнализаторы уровня, ротаметры. Исполнительные устройства – пневматические регулирующие и отсечные клапаны с электропневматическими позиционерами и концевыми выключателями.

На среднем (контроллерном) уровне автоматизации расположена технологическая станция. Контроллер фирмы Siemens [2] и модули были выбраны с учетом информационной нагрузки и обеспечения необходимого резерва.

Верхний уровень представлен компьютером, оснащенный SCADA-системой, обеспечивающей визуализацию технологического процесса, архивирование параметров, регистрацию событий, сигнализацию отклонений и формирование отчетов. В таблице приведены сравнительные характеристики оборудования.

**Таблица. Сравнение существующей и проектируемой систем**

Критерий	Действующая система	Предлагаемое решение
Тип контроллера	Устаревшие модели	SIMATIC S7-1500
Время опроса датчиков	до 500 мс	100 мс
Самодиагностика	отсутствует	встроенная
Интерфейс связи	не унифицирован	Industrial Ethernet

Разработанная система позволяет автоматически регулировать температуру куба колонны изменением подачи пара, давление греющего пара, расход флегмы и уровень кубовой жидкости. Предусмотрена сигнализация выхода параметров за регламентные пределы и блокировки: отключение насосов при превышении температуры двигателя более 80 °С, падении давления нагнетания, отсутствии залива или достижении предельных уровней в емкостях.

Внедрение современных средств автоматизации повышает надежность и безопасность производства, минимизирует участие оператора и обеспечивает экономическую эффективность процесса.

#### **Библиографический список**

1. НПБ 105–03. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.
2. Каталог продукции Siemens SIMATIC S7-1500. – Siemens AG, 2021.

УДК 66.021.3:678

Задорова Д.В.<sup>1</sup>, Батманова В.А.<sup>2</sup>, Вовк К.Д.<sup>3</sup>

### **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ КОНТАКТНОГО ГАЗОВОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ НАСАДКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

<sup>1</sup>МБОУ «Средняя школа № 10», <sup>2</sup>МБОУ «Средняя школа № 40», г. Дзержинск,

<sup>3</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексева

В современных условиях развития химической, нефтегазовой и энергетической отраслей особое значение приобретает создание энергоэффективного и коррозионностойкого теплообменного оборудования. Контактные газовые теплообменники, в которых теплообмен осуществляется при непосредственном взаимодействии потоков газа и жидкости, находят широкое применение благодаря

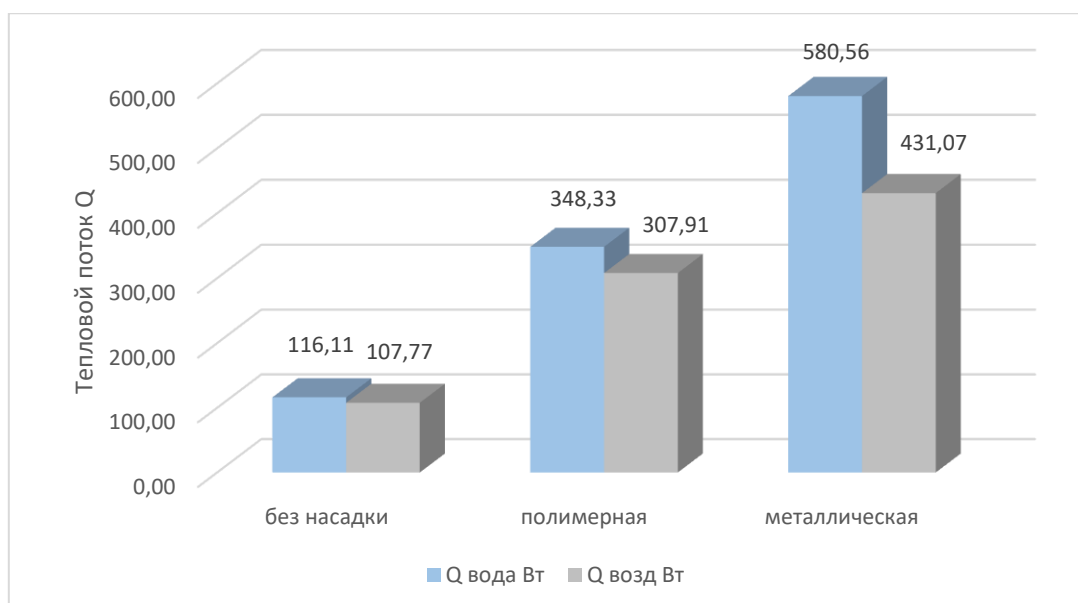
высокой интенсивности переноса тепла. Однако эффективность таких аппаратов во многом определяется конструкцией и материалом внутренних элементов, в частности, насадочных тел, которые развивают поверхность контакта фаз и создают благоприятные гидродинамические условия. Традиционно используемые металлические насадки обладают высокой теплопроводностью, но подвержены коррозии в агрессивных средах, что ограничивает срок их службы. Альтернативой выступают полимерные материалы, устойчивые к химическому воздействию, обладающие малым весом и низкой стоимостью. В связи с этим актуальной задачей является исследование тепловых характеристик контактного теплообменника при использовании насадок из различных материалов.

В настоящей работе представлены результаты разработки лабораторной модели контактного газового теплообменника и исследования его тепловой эффективности в зависимости от типа применяемой насадки. Объектом исследования являлась колонна из оргстекла диаметром 200 мм, высота слоя насадки составляла 300 мм. В качестве теплоносителей использовались горячий воздух с начальной температурой 70 °С и холодная вода с начальной температурой 20 °С. Расход воды поддерживался на уровне 0,1 м<sup>3</sup>/ч, расход воздуха – 0,025 м<sup>3</sup>/с. Исследовались три режима работы теплообменника: без насадки, с насадкой из пластика, изготовленной методом 3D-печати и с насадкой из металла. Измерения температур на входе и выходе потоков проводились с помощью датчиков температуры.

В ходе экспериментов было установлено, что наличие насадки существенно влияет на тепловые характеристики теплообменника. При работе без насадки температура воздуха на выходе составила 66,5 °С, воды – 21 °С. Установка пластиковой насадки привела к снижению температуры воздуха до 60 °С и повышению температуры воды до 23 °С. Наиболее значительный эффект наблюдался при использовании металлической насадки: температура воздуха на выходе снизилась до 56 °С, а вода нагрелась до 25 °С. На основе полученных данных был рассчитан тепловой поток, переданный воде и отданный воздухом по формуле 1.

$$Q = Gc\Delta t \quad (1)$$

Для воды тепловой поток составил 116 Вт без насадки, 348 Вт с пластиковой насадкой и 580 Вт с металлической; для воздуха – 107, 307 и 431 Вт соответственно.



**Рис. Диаграмма теплового потока**

По результатам расчетов построена диаграмма теплового потока, наглядно демонстрирующая рост эффективности теплообмена при использовании насадок. Пластиковая насадка увеличила тепловой поток по воде на 185% по сравнению с пустой колонной, металлическая – на 300%. Более высокая эффективность металлической насадки объясняется ее высокой теплопроводностью и лучшей смачиваемостью поверхности, что обеспечивает формирование равномерной пленки жидкости и более интенсивный контакт фаз.

### **Библиографический список**

1. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002. – 1025 с.
2. Ульянов В.М., Сидягин А.А., Диков В.А. Технологические расчёты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств. Примеры и задачи: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2015. – 633 с.

УДК 532.525.3

Зайцев А.А., Диков В.А., Косырев В.М.

### **ОПЫТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ОРОШЕНИЯ ФОРСУНОК ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА**

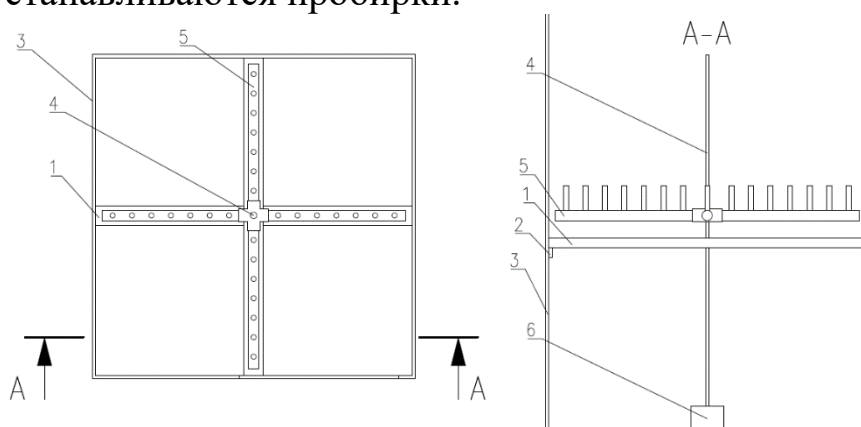
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Форсунки – это устройства, которые используются для распыления жидкостей в различных технологических процессах. Они широко применяются в химической, пищевой и нефтехимической промышленности. Форсунки в значительной мере обеспечивают

эффективность работы массообменных, теплообменных и пылеочистных аппаратов [1,2]. Одной из основных характеристик работы форсунки является факел орошения, т. к. он определяет эффективность ее работы.

Для опыта использовались форсунки ФЦ (центробежная форсунка), ФПТ (форсунка с подвижным турбулизатором), ФПТМ (модернизированная форсунка с подвижным турбулизатором). Плотность орошения определялась по наполняемости пробирок, установленных крестообразно под исследуемыми форсунками.

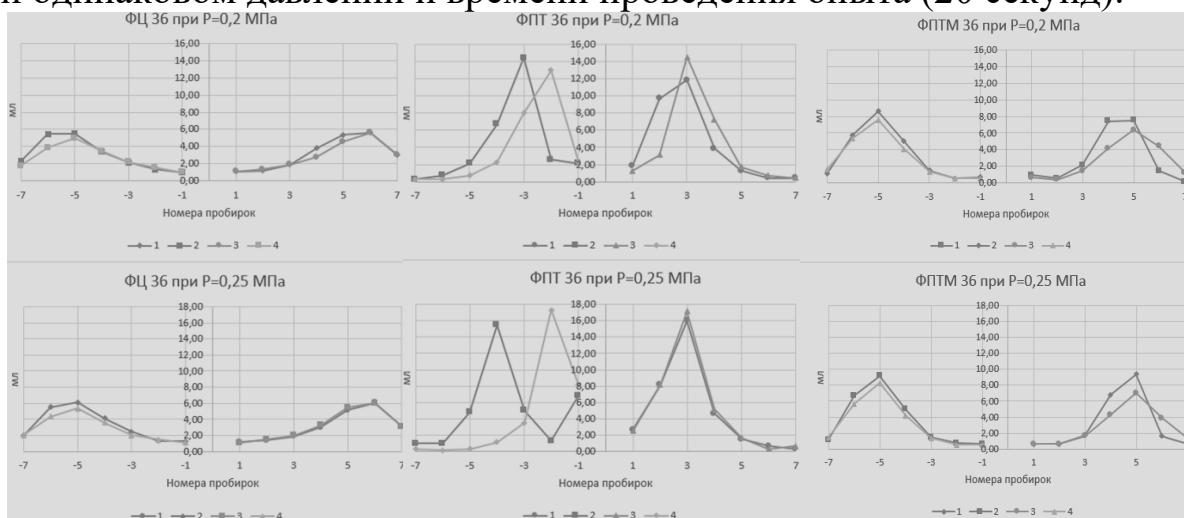
Для проведения опыта была разработана специальная конструкция (рис. 1) в виде крестовины в который были сделаны отверстия под пробирки. Ось крестовины устанавливалась под форсункой, а в каждом луче крестовины было сделано по 7 отверстий на одинаковом расстоянии, в которых устанавливаются пробирки.



**Рис. 1. Опора основания:**

1 – стальной П-образный профиль; 2 – уголки; 3 – стенки бака; 4 – шпилька; 5 – основание; 6 - груз

На рис. 2 изображено сравнения форсунок ФЦ, ФПТМ [3] и ФПТ [4] при одинаковом давлении и времени проведения опыта (20 секунд).



**Рис. 2. Характеристика распределения орошения по радиусу**

Как можно заметить форсунка ФЦ имеет более равномерное поле орошения, но и имеет самое маленькое заполнение. Форсунка ФПТ имеет

самую высокую заполняемость, но обладает самой низкой равномерностью, из-за этого основной поток жидкости приходится ближе к оси форсунки.

Форсунка ФПТМ не только устраняет все выше перечисленные недостатки своим нестандартным дебалансом, но так же и обладает и преимуществом: качественной равномерностью орошения, и поток жидкости приходится не только на зону возле оси, как у ФПТ, а так же она имеет более высокую заполняемость, чем ФЦ. При проведении опытов было сделано наблюдение: факел орошения ФПТМ состоит из более мелких капель, что повышает эффективность работы форсунки.

### Библиографический список

1. Холин , Б.Г. Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости / Б.Г. Холин. - М.: Машиностроение, 1977. - 182 с.
2. Дитякин, Ю.Ф. Распыливание жидкостей / Ю.Ф.Дитякин, Л.А. Клячко, Б.В. Новиков [и др.] - М.: Машиностроение, 1977.- 208 с.
3. Патент РФ 2792516, МПК В05В 3/04 Центробежная форсунка / В.М. Косырев , А.В. Косырев , А.А. Зайцев , А.В. Утехина - опубл. 22.03.2023 Бюл. №2.
4. А.С. 1205939 СССР, МКИ В05 В1/34. Центробежная форсунка / В.М. Косырев , Л.Я. Живайкин , В.А Алексеев [и др.]; опубл. 23.01.86 Бюл. № 3

УДК 621.316.57

Зоткин М.Д., Жаринов И.В.

### **НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ВРЕМЯТОКОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Автоматические выключатели (АВ) являются основными аппаратами защиты электроприемников от коротких замыканий и токов перегрузки в электрических сетях. Внутри каждого автоматического выключателя работают два независимых механизма защиты — два расцепителя: тепловой и электромагнитный. Тепловой расцепитель — это биметаллическая пластина, которая защищает сеть от длительных перегрузок. Когда ток незначительно, но долго превышает номинал, пластина медленно нагревается, изгибается и через несколько секунд или минут размыкает контакты. Электромагнитный расцепитель — это соленоид (катушка с сердечником), который защищает от короткого замыкания.

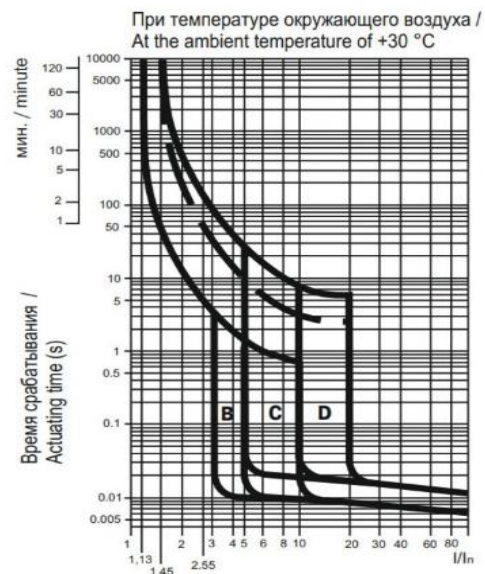
Времятоковая характеристика (ВТХ) определяет скорость срабатывания АВ при различных токах. Однако под воздействием различных факторов — старения материалов, износа контактов, температурных колебаний — реальные характеристики срабатывания могут отклоняться от паспортных. Это явление называется дрейфом ВТХ. Оно представляет собой серьезную проблему, так как может привести как к ложным срабатываниям (нарушение бесперебойности питания), так и к опасным задержкам отключения (перегрев кабелей, пожары).

Обеспечение надежной защиты от дрейфа ВТХ требует комплексного подхода, включающего четыре направления, каждое из которых имеет свои сильные и слабые стороны.

1. Определение вида времятоковой характеристики автоматического выключателя (В, С, D) с учётом особенностей подключаемой нагрузки. При этом выбор характеристики определяется, в том числе, спецификой работы оборудования (например, наличием увеличенных пусковых токов у асинхронных двигателей и т. п.). Такой подход гарантирует, что автоматический выключатель будет правильно реагировать на рабочие и аварийные режимы без ложных срабатываний. В результате повышается надёжность защиты и обеспечивается стабильность технологических процессов защищаемого устройства. Вместе с тем, сохраняется риск понижения чувствительности защит из-за их намеренного «огрубления».

2. Применение современных технологий, таких, как электронные расцепители и системы непрерывного мониторинга, позволяет повысить точность работы АВ за счет внедрения систем мониторинга, самодиагностики и прогнозирования стабильности ВТХ. Недостатком таких систем является их высокая стоимость, сложность оборудования, высокие требования к квалификации персонала.

3. Систематическое проведение аппаратной диагностики позволяет выявить дрейф ВТХ, повышает надёжность и безопасность оборудования. Однако для проверки приходится обесточивать автоматические выключатели, что создаёт риск их повреждения. Кроме того, требуются затраты на измерительное оборудование и подготовку персонала, а периодичность проверок может оказаться недостаточной.



**Рис. ВТХ автоматического выключателя**

Комплексное применение описанных мер позволит минимизировать риски дрейфа ВТХ и обеспечить безопасность и бесперебойную работу электрооборудования в течение всего срока службы.

УДК 66.021.3 : 532.5 : 678

Игнаткина А.Д.<sup>1</sup>, Онищук П.Е.<sup>2</sup>, Телегин К.М.<sup>3</sup>, Клещев В.А.<sup>3</sup>

## **ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ**

<sup>1</sup>МБОУ «Средняя школа № 20», <sup>2</sup>МБОУ «Средняя школа № 40», г. Дзержинск,

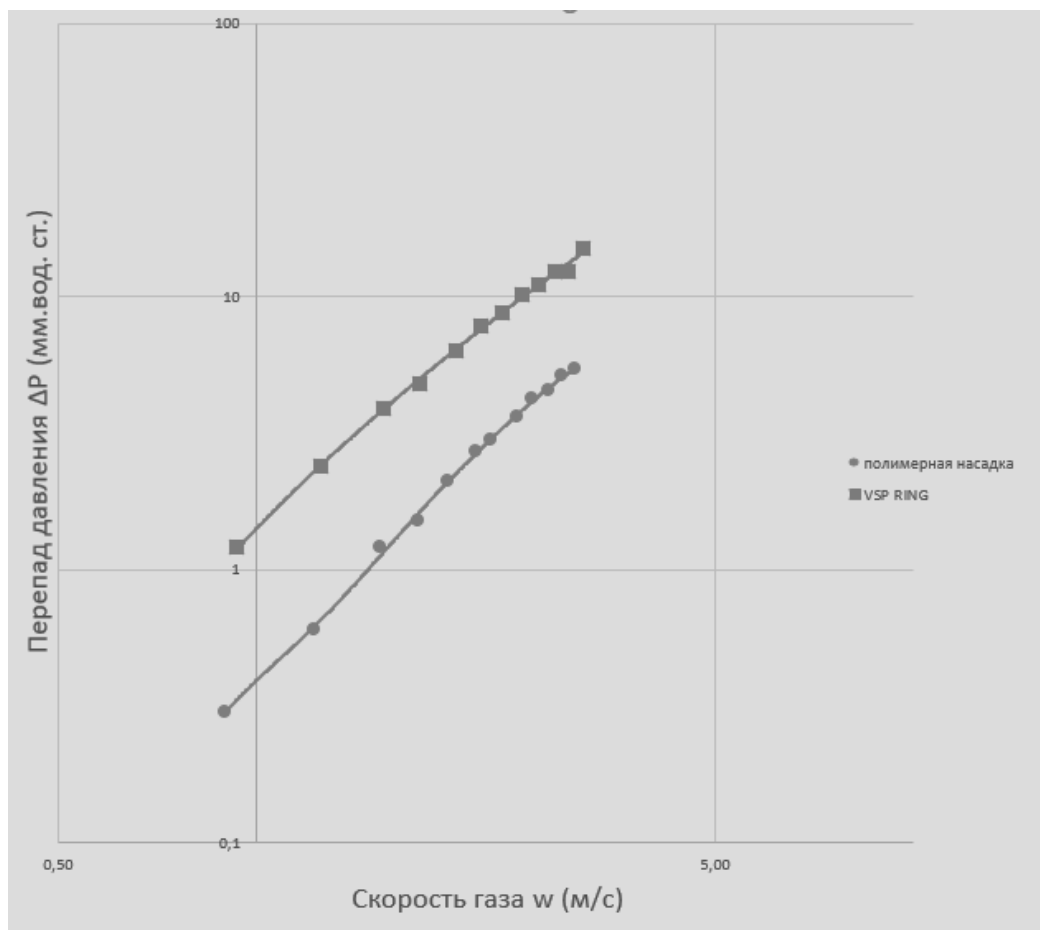
<sup>3</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к применению полимерных материалов в конструкциях контактных устройств колонных аппаратов. Полимеры, такие как полипропилен и ПВДФ, обладают высокой химической стойкостью в агрессивных средах, малым весом и относительно невысокой стоимостью по сравнению с традиционными металлическими сплавами. Целью данной работы является сравнительный анализ гидравлического сопротивления полимерной насадки, изготовленной методом 3D-печати, и серийной металлической насадки VSP RING в условиях сухого режима.

Объектами исследования послужили два типа контактных устройств. Первый тип – экспериментальная насадка, трехмерная модель которой была разработана в среде КОМПАС-3D. Физический прототип насадки был изготовлен методом послойного наплавления (FDM) из пластика PETG. Второй тип – широко распространенная насадка VSP RING, выполненная из металла.

Экспериментальные исследования проводились на лабораторном стенде, собранном на базе Дзержинского политехнического института. Стенд включал прозрачную колонну, в которую поочередно загружались исследуемые насадки, центробежный вентилятор для подачи воздуха, систему водяного орошения с регулировкой расхода, ротаметр для измерения расхода газа, микроманометр и датчики перепада давления. Методика испытаний предусматривала измерение гидравлического сопротивления слоя насадки при различных скоростях газа в отсутствие орошения.

Анализ результатов, представленных на графике зависимости перепада давления от фиктивной скорости газа для сухих насадок, показывает, что полимерная насадка обладает меньшим гидравлическим сопротивлением во всем исследованном диапазоне нагрузок по газу.



**Рис. Зависимость перепада давления от фиктивной скорости газа для сухих насадок**

Так, при фиктивной скорости газа  $w = 2$  м/с перепад давления на насадке из полимерных материалов составил  $\Delta P = 3$  мм вод. ст, в то время как для насадки VSP RING этот показатель был равен  $\Delta P = 9$  мм вод. ст. Более низкое сопротивление насадки из пластика, вероятно, обусловлено ее оригинальной геометрией, которая способствует снижению турбулентности и уменьшению завихрений газового потока. Полимерная поверхность также может вносить вклад в снижение трения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что разработанная полимерная насадка обладает улучшенными гидродинамическими характеристиками по сравнению с серийной металлической насадкой VSP RING. Меньшее гидравлическое сопротивление свидетельствует о ее энергетической эффективности и более высокой пропускной способности. Полученные результаты подтверждают перспективность применения полимерных насадок сложной геометрии, создаваемых методом 3D-печати, и могут быть использованы для дальнейшей оптимизации геометрии поверхности с целью улучшения массообменных свойств и снижения энергозатрат на проведение технологических процессов. В дальнейшем планируется провести исследования на орошаемой насадке.

## Библиографический список

1. Каган, А.М. Контактные насадки промышленных массообменных колонн / А.М. Каган, А.Г. Лаптев, В.А. Данилов. — М.: Химия, 2012. — 345 с
2. Ульянов, В.М. Технологические расчёты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств: учеб. пособие / под ред. В.М. Ульянова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. — Н. Новгород, 2015. — 633 с.
3. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник: в 3 т. / А.С. Тимонин. — Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002.

УДК 681.518.3

Ишеков Н.А., Кечкина Н.И.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИЙ 3,4-ДИХЛОРБУТЕНА-1 В РЕЖИМЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕКТИФИКАЦИИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

3,4-дихлорбутен-1 – это полупродукт в органическом синтезе, который используют для получения хлоропренового каучука (неопрена) для производства конвейерных лент, ремней, шлангов, водолазных костюмов, электроизоляции, клеев, а также для получения полиамидов для выпуска волокон, плёнок и конструкционных пластиков [1].

Выделение фракций 3,4-дихлорбутена-1 осуществляется в насадочной ректификационной колонне в режиме периодической ректификации. Основными компонентами загружаемой реакционной массы являются: хлороформ (около 80 % масс.), 3,4-дихлорбутен-1 (около 7 % масс.), цис- и транс-1,4-дихлорбутены-2 (около 10 % масс.), побочные примеси с общим содержанием не более 3 % масс.

Так как исходное сырьё при реализации периодического процесса загружается в аппаратуру одновременно, то наиболее характерное для непрерывных процессов возмущающее воздействие, состоящее в изменении состава исходного сырья, отсутствует. Актуальной задачей автоматизации периодического процесса является автоматическая смена стадий процесса, окончание которой может быть определено либо по значению некоторого технологического параметра, либо по времени, прошедшего от начала данной стадии.

При ректификации продуктов хлорирования предусмотрено выделение трех основных фракций: фракция хлороформа, возвращаемая в реакторный узел для использования в качестве буфера при синтезе 3,4-дихлорбутена-1; промежуточная фракция; фракция 3,4-дихлорбутена-1 –

целевая фракция. Ограничения на переменные, исходя из требований к качеству продукта и условий безопасного ведения процесса для рассматриваемой ректификационной колонны, представлены в таблице.

**Таблица. Регламентные ограничения на показатели процесса и на технологические параметры**

Наименование Показателя	Минимально допустимое значение	Максимально допустимое значение
Пусковой режим:		
Давление верха	0,01 МПа	0,03 МПа
Температура верха колонны	40 °С	135 °С
Температура куба колонны	70 °С	80 °С
Расход флегмы	0,65 м <sup>3</sup> /час	0,70 м <sup>3</sup> /час
Расход пара в подогреватель	130 кг/час	140 кг/час
Уровень в кубе	80 %	100 %
Отбор фракции хлороформа:		
Давление верха	0,01 МПа	0,03 МПа
Температура верха колонны	60 °С	65 °С
Температура куба колонны	70 °С	160 °С
Расход флегмы	0,65 м <sup>3</sup> /час	0,70 м <sup>3</sup> /час
Отбор фракции	0,5 м <sup>3</sup> /час	0,55 м <sup>3</sup> /час
Расход пара в подогреватель	220 кг/час	245 кг/час
Уровень в кубе	70 %	95 %
Отбор промежуточной фракции:		
Давление верха	0,01 МПа	0,03 МПа
Температура верха колонны	65 °С	75 °С
Температура куба колонны	120 °С	145 °С
Расход флегмы	1,05 м <sup>3</sup> /час	1,15 м <sup>3</sup> /час
Отбор фракции	0,055 м <sup>3</sup> /час	0,06 м <sup>3</sup> /час
Расход пара в подогреватель	190 кг/час	215 кг/час
Уровень в кубе	68 %	70 %
Отбор фракции 3,4-дихлорбутена-1:		
Давление верха	0,01 МПа	0,03 МПа
Температура верха колонны	75 °С	130 °С
Температура куба колонны	140 °С	160 °С
Расход флегмы	1,50 м <sup>3</sup> /час	1,55 м <sup>3</sup> /час
Отбор фракции	0,07 м <sup>3</sup> /час	0,075 м <sup>3</sup> /час
Расход пара в подогреватель	205 кг/час	202 кг/час
Уровень в кубе	43 %	44 %

Для получения качественного готового продукта необходим непрерывный контроль параметров технологического процесса, их обработка с формированием управляющих воздействий.

### **Библиографический список**

1. Смирнов, В.В. Способ получения 3,4-дихлорбутена-1 / В.В. Смирнов, Т.Н. Ростовщикова: патент РФ № 2076857 от 10.04.1997. Российская Федерация.

УДК 621.314

Канарин. Д.Н., Жаринов И.В.

### **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях постоянного роста тарифов на первичные энергоносители и глобального тренда на декарбонизацию экономики, вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности объектов электросетевого комплекса приобретают первостепенное значение. Одной из перспективных направлений ресурсосбережения является утилизация вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) на электрических подстанциях [1].

Силовые масляные трансформаторы в процессе своей штатной работы выделяют значительное количество тепловой энергии, что обусловлено потерями холостого хода (в магнитопроводе) и потерями короткого замыкания (в обмотках). Традиционно на подстанциях это низкопотенциальное тепло безвозвратно рассеивается в окружающую среду посредством систем охлаждения (например, дутья и циркуляции масла), на функционирование которых также затрачивается дополнительная электрическая энергия.

Комплексное использование этого сбросного тепла для обеспечения собственных нужд подстанции (отопление зданий закрытых распределительных устройств, общеподстанционных пунктов управления, горячее водоснабжение) или для передачи сторонним близлежащим потребителям позволяет достичь комплексных улучшений энергоэффективности объёмов электроэнергетики.

1. Снижение эксплуатационных затрат: уменьшение потребления электроэнергии на собственные нужды путем подстанции.

2. Повышение надежности вследствие оптимизации теплового режима работы самого трансформатора за счет более эффективного отвода тепла, что замедляет старение изоляции и продлевает срок службы оборудования.

3. Снижение общего углеродного следа предприятия и теплового загрязнения окружающей среды.

Потери в силовых масляных трансформаторах делятся на две основные категории:

1) потери холостого хода (магнитные потери): возникают в магнитопроводе за счет перемагничивания и вихревых токов. Эти потери практически постоянны и не зависят от нагрузки трансформатора;

2) потери короткого замыкания (электрические потери): возникают в обмотках (меди или алюминии) при протекании через них нагрузочного тока. Величина этих потерь пропорциональна квадрату тока нагрузки.

Вся выделяемая тепловая энергия передается трансформаторному маслу, которое выполняет роль изолирующей и охлаждающей среды. В рабочих режимах температура верхних слоев масла может достигать 50–80 °С. Для повышения эффективности использования тепла масляных трансформаторов сегодня применяются несколько основных технических решений.

**Применение промежуточных теплообменников.** В контур охлаждения трансформатора (как правило, с принудительной циркуляцией масла - системы ДЦ или Ц) встраивается дополнительный теплообменный аппарат (масло-вода или масло-антифриз). При этом горячее масло отдает тепло промежуточному теплоносителю, который затем направляется в систему отопления или горячего водоснабжения (ГВС). Существенным недостатком данной системы является недостаточная движущая сила процесса теплообмена и, следовательно, температура теплоносителя напрямую зависит от режима работы трансформатора и температуры окружающей среды, что не всегда позволяет получить теплоноситель нужных параметров (70–90 °С) без дополнительного подогрева.

**Наиболее эффективное и современное решение для интеграции систем утилизации.** Тепловой насос позволяет повысить температурный потенциал утилизируемого тепла. Это позволяет обеспечивать стабильные параметры теплоносителя для потребителя независимо от колебаний температуры масла, при этом на 1 кВт затраченной электрической энергии вырабатывается 3–5 кВт тепловой [2].

Эффективность применения систем утилизации напрямую зависит от наличия близкорасположенных потребителей тепла, так как

транспортировка на большие расстояния нерентабельна. Основные направления использования

1. Отопление зданий общеподстанционных пунктов управления (ОПУ), закрытых распределительных устройств (ЗРУ), помещений релейных щитов и мастерски.

2. Обеспечение бытовых нужд дежурного персонала. Подогрев баков с резервным трансформаторным маслом, обогрев элементов открытых распределительных устройств (ОРУ) для предотвращения образования наледи в зимний период [2].

Таким образом утилизация тепла трансформаторного масла является перспективным направлением энергосбережения на объектах электрических подстанциях

В практическом плане мы получим следующие результаты:

1. Прямой экономический эффект обусловлен значительным снижением финансовых затрат на отопление и горячее водоснабжение (ГВС) зданий самой подстанции или близлежащих объектов инфраструктуры.

2. Кроме того, принудительный отбор тепла для нужд отопления создает более благоприятный и стабильный температурный режим для самого трансформатора. Это снижает риск перегрева, замедляет процессы старения трансформаторного масла и бумажной изоляции, что напрямую повышает надежность и срок службы дорогостоящего силового оборудования.

3. Повышение общего КПД объекта за счет рекуперации тепловой энергии, выделяющейся в трансформаторе.

### Библиографический список

1. Хисматуллин, А.С. Повышение эффективности охлаждения маслонеполненных трансформаторов / А.С. Хисматуллин, М.Г. Баширов, Е.Г. Солдатова, Е.Ю. Мавлекаев // Научно-технические ведомости СПбГУ. Естественные и инженерные науки. – 2018. – Т. 24 (№1). – С. 38-41. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-ohlazhdeniya-maslonapolnennyh-transformatorov> (дата обращения: 20.04.2026)

2. Хисматуллин, А.С. М.Г. Баширов. Разработка алгоритма оптимального управления системой охлаждения силового масляного трансформатора / А.С. Хисматуллин, М.Г. Баширов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2025. – Том 24 (№3). – С.101-110. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-algoritma-optimalnogo-upravleniya-sistemoy-ohlazhdeniya-silovogo-maslyanogo-transformatora> (дата обращения: 20.04.2026)

УДК 681.5.017

Кашицин С.М., Попов А.А.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУДЕРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕСТКИХ ПЛЕНОК ПВХ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях производства жестких ПВХ-пленок, используемых в пищевой и медицинской упаковке, предъявляются высокие требования к качеству продукции, включая оптическую прозрачность ( $>92\%$ ), плоскостность и стабильность геометрических размеров. Существующие на большинстве предприятий двухпозиционные (релейные) системы регулирования температуры не обеспечивают необходимой точности ( $\pm 1 - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), вызывая колебания  $\pm 5 - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это приводит к высокому проценту брака ( $7 - 10\%$ ), риску термической деструкции материала, перерасходу энергии и снижению срока службы оборудования.

В ходе исследования была успешно реализована математическая модель процесса экструзии полиметилметакрилата в среде Simulink, что позволило создать детализированную визуальную платформу для анализа динамического поведения системы. Модель продемонстрировала чувствительность к ступенчатым изменениям ключевых технологических параметров входного потока.

Установлено, что применение системы автоматизированного управления нагревом экструдера на основе адаптивного ПИД-регулятора с перекрестными связями и компенсацией инерционности дает возможность повысить качество продукции, снизить процент брака до  $1 - 3\%$  и добиться экономии электроэнергии  $10 - 12\%$ .

Внедрение системы способствует снижению энергопотребления и уменьшению производственных отходов, что соответствует принципам «зеленой» экономики.

УДК 66.048.3.069.835

Козлов Д.А., Соколов А.Е.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА КЛАПАННЫХ ТАРЕЛОК В КОЛОННЕ ДИСТИЛЛЯЦИИ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБАМИДА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В производстве карбамида для отгонки газов дистилляции применяются аппараты колонного типа. Дистилляция плава карбамида осуществляется в две ступени. На первую ступень поступает плав,

содержащий: 30 – 31 % карбамида; 21 – 22 % карбамата аммония; 33 – 34 % избыточного аммиака; 16 – 17 % воды. Перед подачей в ректификационную колонну первой ступени плав дросселируется с 20 до 2 МПа. При снижении давления в колонне происходит отгонка аммиака. Для разложения карбамата аммония плав нагревается в подогревателе до 160 °С, после чего образовавшаяся парожидкостная смесь разделяется в сепараторе. Газовая фаза возвращается в нижнюю часть колонны, а жидкая направляется на дистилляцию второй ступени [1].

В колонне дистилляции первой ступени применяются клапанные тарелки типа ТКП. Их применение в данном процессе дает ряд преимуществ по сравнению с колпачковыми и ситчатыми тарелками.

1. В колонне происходит интенсивное выделение  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  в процессе разложения карбамата аммония. При этом количество выделяющихся газов значительно изменяется по высоте колонны и по времени. В верхней части аппарата газовая нагрузка невелика, тогда как в нижней части, куда возвращается газовая фаза из сепаратора, поток газа существенно возрастает. Клапанные тарелки эффективно работают в таких условиях благодаря способности к саморегулированию.

2. В колонне дистилляции возможны процессы кристаллизации солей и образование отложений карбамата аммония. Клапанные тарелки обладают относительно крупными проходными сечениями и подвижными элементами, что снижает вероятность их засорения. При работе клапаны совершают небольшие колебательные движения под действием потока газа, что способствует самоочищению отверстий и препятствует накоплению твердых отложений.

3. Клапанные тарелки имеют меньшее гидравлическое сопротивление по сравнению с колпачковыми. Дополнительные потери давления нежелательны, поскольку процесс протекает после значительного дросселирования потока.

4. Конструкция клапанных тарелок обеспечивает высокую интенсивность массообмена между жидкой и газовой фазами. В результате отгонка  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  из раствора карбамида проходит наиболее эффективно.

5. Клапанные тарелки обладают высокой пропускной способностью по газу и жидкости, поэтому колонна меньше подвержена захлебыванию. Для колонны дистилляции это имеет большое значение, так как процесс сопровождается образованием значительных объемов газовой фазы в результате разложения карбамата аммония.

Таким образом, использование клапанных тарелок наиболее целесообразно в процессе дистилляции плава карбамида.

## Библиографический список

1. Горловский, Д.М. Технология карбамида / Д.М. Горловский, Л.Н. Альтшулер, В.И. Кучерявый. – Л.: Химия, 1981. – 320 с.

УДК 631.338.4

Корнева А.С.

### **ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ: ОТ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИИ ДО ВЕРИФИКАЦИИ НА МОДЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ**

МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы», г. Нижний Новгород

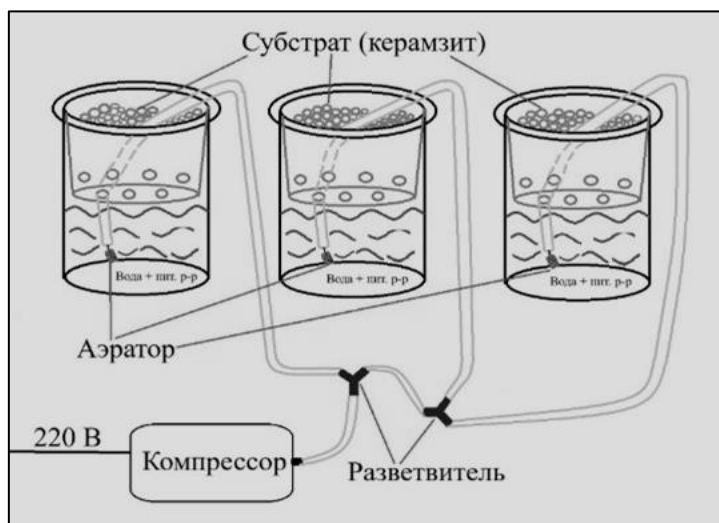
Сельскохозяйственная сфера деятельности не стоит на месте - создаются новые способы улучшения технологий выращивания растений. В современном мире существует способ, который решает сразу несколько проблем выращивания растений: от устранения грязи от почв до экономичности и скорости выращивания растений. Это решение называется гидропоника.

Традиционное почвенное земледелие в домашних условиях ограничено неравномерным поливом, риском вредителей и отсутствием контроля над питательным режимом. Гидропоника как альтернативная технология позволяет выращивать растения без почвы за счет подачи сбалансированного раствора, однако большинство серийных домашних гидропонных систем либо дороги, либо имеют жесткую фиксированную конструкцию, не адаптированную под разные культуры. Домашние садоводы и малые производства зачастую не могут позволить себе настолько дорогостоящее оборудование.

В связи с этим цель исследования: спроектировать и собственноручно создать автономную гидропонную установку из материалов доступного ценового сегмента, пригодную для стабильного домашнего выращивания с минимальным участием человека после запуска.

В работе спроектирована, смоделирована и собрана гидропонная система (за основу был взят принцип работы системы водной культуры). В качестве тестовых культур выбраны огурец, лук и укроп. Оценка эффективности проводилась по инженерным параметрам (герметичность, стабильность циркуляции, энергопотребление, удобство обслуживания) и биологическим показателям (всхожесть, скорость роста, визуальное состояние растений, урожайность).

Работа по созданию гидропонной установки с тремя местами для разных культур началась с проектирования. Была создана схема установки (система водных культур), рассчитаны объём питательного раствора, тип субстрата, система аэрации (рис.). Далее были подобраны материалы установки, доступные по цене: канализационная труба (3 шт.,  $d=10,5$  см), заглушки для канализационных труб (3 шт.,  $d=10,5$  см), силикон (< 1 бутылки), горшки цветочные (3 шт.,  $d=11$  см), труба силиконовая аквариумная (3 шт.,  $d=0,5$  см,  $l=60$  см), аэратор (3 шт.), разветвитель аквариумный (2 шт.), компрессор аквариумный (подключение 220 В), керамзит (1 кг).



**Рис. Схема спроектированной гидропонной установки**

В домашних условиях из перечисленных материалов была собрана конструкция, в которой были обеспечены герметичность, циркуляция раствора и аэрация корней кислородом (аэрационная система из компрессора, трубок и аэраторов). Питательный раствор (2 компонента жидкости) был приобретён в специализированной садоводческом магазине (по причине довольно сложного процесса его приготовления в домашних условиях) и приготовлен с водой в указанных в инструкции пропорциях (980 мл воды + 10 мл компонента А + 10 мл компонента В). В керамзит каждой из частей установки были посажены семена огурца, лука и укропа. Кроме того, для установки были обеспечены фотопериод (искусственная подсветка фитолампой  $l=1$  м), регулярная доливка раствора (каждые 4 дня по 5 мл), контроль температуры. Фиксация параметров и визуального состояния растений велась автором самостоятельно.

Срок наблюдения за работоспособностью установки составил 40 дней. Получена 100 % всхожесть лука и укропа, а огурец нуждался в дополнительном времени (всхожесть  $\approx 70$  %). Установка работала стабильно все дни наблюдения без вмешательства, кроме долива раствора. По результатам выращивания на спроектированной системе была проанализирована экологическая и экономическая значимость

(показавшая положительный результат у собранной установки), а также удобство в использовании и сборке в домашних условиях.

В результате работы самостоятельно спроектированная и собранная гидропонная установка доказала свою полную работоспособность в домашних условиях. На ней успешно выращены огурец, укроп и лук с хорошими показателями всхожести, скорости роста. Эксперимент подтвердил, что грамотное инженерное проектирование позволяет создать надежную, недорогую и эффективную гидропонную систему без использования сложного оборудования или готовых коммерческих комплексов. Предложенная конструкция пригодна для повторения и масштабирования в условиях квартиры/дома разных размеров. Таким образом, домашняя гидропоника на основе авторской инженерной разработки - реальная и доступная альтернатива традиционному почвенному выращиванию.

УДК 697.275.7

Королев Е.А., Балахнин И.А.

## **РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ВАРИАНТОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Повышение энергоэффективности систем отопления является важной задачей в современной теплоэнергетике и строительстве. Оптимизация методов подключения радиаторов позволяет достигнуть лучшего распределения тепла, снизить теплопотери и затраты энергии. В связи с этим возникает необходимость в экспериментальных методах оценки эффективности различных схем подключения, которые позволяют выбрать оптимальные решения с учетом конкретных условий эксплуатации.

В работе был разработан лабораторный стенд, позволяющий моделировать и проводить экспериментальные исследования процессов теплообмена в системах отопления при различных схемах подключения радиаторов: односторонней, линейной, диагональной.

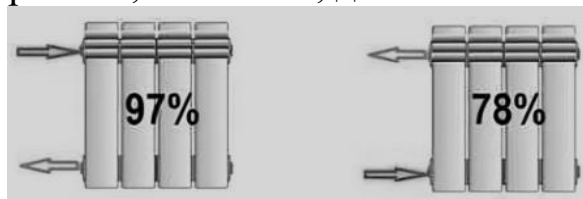
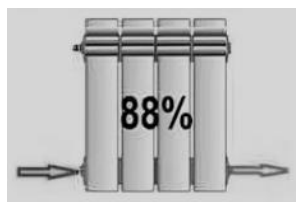
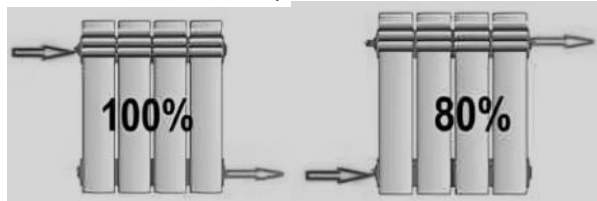


Рис. 1. Одностороннее (верхнее и нижнее подключение)



**Рис. 2. Линейное (нижнее подключение)**



**Рис. 3. Диагональное (верхнее и нижнее подключение)**

На изображениях радиаторов нанесены известные мощности теплоотдачи радиаторов в зависимости от схемы подключения.

Стенд состоит из радиатора, насоса, емкости с ТЭНом, системой труб с шаровыми кранами, фитингами и воздухоотводчика. Измерение температуры производится с помощью инфракрасного пирометра.

Были проведены исследования различных вариантов подключения радиатора, замерены входные и выходные температуры, а также поле температур всего радиатора.

Разработаны рекомендации для бытового и промышленного подключения радиаторов отопления.

Проведено сравнение полученных данных и существующих распространенных значений эффективности подключения.

Разработана методика оценки тепловых и расходных характеристик лабораторного стенда.

В дальнейшем планируется использовать разработанный лабораторный стенд для подготовки специалистов по направлению «Технологические машины и оборудование».

Результаты исследования могут быть использованы специалистами по проектированию, монтажу и эксплуатации отопительных систем для выбора наиболее эффективных схем подключения радиаторов, что способствует снижению энергозатрат и повышению комфорта в зданиях.

УДК 681.582

Коротков Н.С., Попов А.А.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА СТАДИИ ПОМОЛА СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОБЕТОНА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Газобетонные блоки (ячеистый бетон автоклавного твердения) — это один из самых популярных стеновых материалов в современном

малоэтажном строительстве. Их выбирают за сочетание технологичности, теплоэффективности и доступной цены.

В состав газобетона входят: кремнеземистый наполнитель (песок), цемент, газообразователь, гипс и вода [1, 2].

На стадии подготовки сырья основным является процесс подготовки песка, который перед использованием перемалывают в шаровых мельницах до состояния тонкодисперсного шлама. Чем мельче частицы, тем активнее и равномернее будет идти реакция. Подача сырья в шаровую мельницу — это первый и один из самых важных этапов в производстве автоклавного газобетона. От того, насколько правильно организован этот процесс, зависит качество исходного компонента — шлама, а в конечном итоге — и прочность готовых блоков.

Для осуществления мокрого помола в мельницу вводят подогретую воду. При применении в производстве гипса последний вводят в мельницу для совместного помола с песком. Из мельницы шлам пропускают через сито для отделения от крупных включений. Далее шлам собирают в сборнике и с помощью мембранного насоса или путем перекачивания сжатым воздухом подают в шламовый бассейн или шламовый силос на следующую стадию.

Кварцевый песок для изготовления газобетона и газосиликата должен быть чистым, без примесей глины и органических веществ, с содержанием оксида кремния не менее 80 %. Присутствие глины замедляет твердение газобетона и уменьшает его прочность. Органические примеси вредно сказываются на протекании реакции газовыделения; вспучивание газобетона при наличии органических примесей ухудшается.

Песок из бункеров хранения дозируется с помощью ленточных весов или тарельчатых питателей. Затем он подается в загрузочное отверстие мельницы при помощи ленточного конвейера или ковшового элеватора.

Одновременно с песком в мельницу поступает точно дозированное количество воды. Для контроля этого процесса используются специальные регулирующие клапаны и расходомеры, интегрированные в автоматизированную систему управления.

Дозирование воды и гипса должно осуществляться строго пропорционально количеству песка.

Вследствие возможной остановки ленточного конвейера из-за неоднородного сырья, а также при изменении количества сырья алгоритм управления должен быть скорректирован с учетом величины времени транспортного запаздывания и весовых параметров.

Таким образом, при выборе структуры системы автоматического регулирования (САР) на стадии помола необходимо отдать предпочтение

комбинированной структуре. Дальнейшая оптимизация САР позволит улучшить структуру и качество сырья.

### Библиографический список

1. Химия и технология автоклавного ячеистого бетона: учеб. пособие / Н.Ф. Косенко, П.И. Моисеев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. – 273 с.

2. Кузнецова, Г. В. Технология силикатных стеновых ячеистых материалов автоклавного твердения [Текст]: учебное пособие / Г.В. Кузнецова, Н.Н. Морозова; Казанский государственный архитектурно-строительный университет. - Казань: Изд-во Казанского гос. архитектурно-строит. ун-та, 2016. - 120 с.

УДК 681.5.037

Кошечкина Е.А., Наумова Е.Г.

### **КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Автоматизация процесса получения акриловой кислоты является важной задачей химической промышленности, так как данный технологический процесс протекает в условиях высоких температур, каталитического окисления пропилена и требует строгого контроля параметров реакционной среды. Основной целью автоматизации является обеспечение устойчивого режима работы реактора, повышение выхода целевого продукта, снижение энергозатрат и повышение безопасности производства.

Для оценки качества системы автоматизации необходимо определить критерии эффективности и стабильности технологического процесса. Критерии эффективности позволяют оценить экономическую и технологическую целесообразность функционирования системы управления, а критерии стабильности характеризуют устойчивость процесса при воздействии внешних возмущений и изменении режимов работы оборудования.

В таблице представлены основные критерии эффективности и стабильности системы автоматизации процесса получения акриловой кислоты с типичными технологическими значениями [1].

**Таблица. Критерии эффективности и стабильности системы автоматизации процесса получения акриловой кислоты**

Группа критериев	Критерий	Обозначение	Единицы измерения	Типичное значение
Эффективность	Выход акриловой кислоты	$\eta$	%	92–96
Эффективность	Производительность реактора	Q	кг/ч	4500–6000
Эффективность	Энергопотребление	E	кВт·ч/т	850–1100
Эффективность	Расход пропилена	$G_1$	кг/ч	3200–3800
Эффективность	Расход воздуха	$G_2$	м <sup>3</sup> /ч	18000–22000
Эффективность	Время переходного процесса	$t_p$	с	80–120
Эффективность	Точность регулирования температуры	$\Delta T$	°C	±2
Стабильность	Перерегулирование	$\sigma$	%	5–8
Стабильность	Время установления	$t_u$	с	100–150
Стабильность	Колебательность системы	N	—	отсутствует
Стабильность	Запас устойчивости	M	дБ	6–12
Стабильность	Надежность работы	R	%	97–99

Представленные критерии позволяют комплексно оценить работу системы автоматического управления процессом получения акриловой кислоты. Показатели эффективности направлены на повышение выхода продукта, снижение энергопотребления и оптимизацию расхода сырья, а показатели стабильности обеспечивают устойчивую работу реактора и поддержание заданных технологических параметров.

Таким образом, применение системы автоматизации позволяет повысить надежность технологического процесса, обеспечить стабильный температурный режим, снизить влияние возмущающих факторов и повысить экономическую эффективность производства акриловой кислоты. Использование современных методов автоматического управления способствует улучшению качества продукции и повышению безопасности работы химического оборудования.

## Библиографический список

1. Химическая технология органических веществ: учебное пособие. Ч. 3 / М.Ю. Субочева, А.П. Ликсутина, М.А. Колмакова, А.А. Дегтярев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. — 80 с.

УДК 681.518.2

Крюков К.А., Попов А.А.

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ СЫРОЙ ВОДЫ В ФИЛЬТРУЮЩУЮ УСТАНОВКУ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время повышение эффективности и безопасности промышленных производств напрямую связано с качеством подготовки вспомогательных сред, где ключевую роль играет сырая вода. Использование неочищенной воды в технологических циклах приводит к ускоренному износу оборудования и снижению эффективности процессов. Внедрение современных систем управления позволяет обеспечить непрерывность процесса фильтрации, высокую надежность и оптимальный расход ресурсов.

Установка фильтрации сырой воды, состоящая из узла предварительной подготовки и шести фильтров, предназначена для удаления из исходного потока взвешенных твердых частиц. В процессе фильтрации происходит задержание взвесей на фильтрующих элементах. Для эффективной работы установки требуется точное дозирование подаваемого в фильтры объема воды, что достигается путем использования регулирования расхода на линии подачи исходной воды. Измерение расхода позволяет оперативно реагировать на изменения в режиме работы установки и поддерживать баланс материальных потоков. Помимо данного контура регулирования в систему управления входит контур регулирования давления, а также автоматические блокировки.

В процессе подачи сырой воды в фильтрующую установку используется регулирующий клапан. При загрязнении фильтра, которое отслеживается по перепаду давления на входе и выходе фильтра, подача сырой воды должна быть прекращена, а затем запущена система обратной промывки фильтра. Вследствие задержки реакции на превышение критического параметра возможна неэффективная работа фильтра, поэтому предлагается добавить в линию подачи сырой воды отсечной клапан, что позволит быстро переключать режимы работы конкретного фильтра и использовать его возможности в полном объеме.

В итоге применение автоматического регулирования расхода позволит оперативно распределить нагрузку на фильтры, что даст

возможность стабилизации качества очищенной воды и продлить срок службы фильтрующих элементов.

УДК 681.518.5

Кузнецов Д.А., Кечкина Н.И.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЦИАНАТОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современные химические производства предъявляют высокие требования к точности поддержания технологических параметров, особенно при работе с взрывоопасными и пожароопасными веществами. Холодильное отделение производства изоцианатов обеспечивает получение хладоносителя – водного раствора хлористого кальция (рассола) с температурой  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  на аммиачной холодильной установке.

Циркулирующий в системе аммиак относится к вредным веществам, а оборудование работает под давлением, что обуславливает необходимость надёжной автоматизации для безаварийной эксплуатации и соблюдения экологических норм.

Технологический процесс основан на обратном цикле Ренкина: жидкий аммиак испаряется в межтрубном пространстве испарителя И-107, отнимая тепло от рассола, циркулирующего по трубкам. Образующийся пар аммиака сжимается компрессором Н-101, конденсируется в конденсаторе Т-104 и через ресивер Е-109 возвращается в испаритель. Основные регламентные ограничения: температура рассола на выходе из испарителя – минус  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , уровень аммиака в испарителе 30–80 %, давление на нагнетании компрессора не более 1,6 МПа, давление масла в компрессоре не менее 0,15 МПа, предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны –  $20\text{ мг/м}^3$ .

Существующая щитовая система автоматизации морально устарела и не обеспечивает оперативного прогнозирования аварийных ситуаций. Цель модернизации – создание трёхуровневой распределённой АСУТП на базе современного микропроцессорного оборудования с функциями сигнализации, блокировок и автоматического регулирования.

На нижнем (полевом) уровне установлены уровнемеры ёмкостные ДУЕ-11 [1] (ёмкость Е-110) и NivoCара 8100 [2] (ресиверы, сепараторы, испаритель); плотномер 804 НПК «Пьезоэлектрик» [3] для контроля плотности рассола ( $1,24\text{--}1,31\text{ г/см}^3$ ); рН-метр-трансмисмиттер рН-4101 [4] для измерения кислотности рассола; термопреобразователи сопротивления ТСМУ Метран-274 [5] с унифицированным сигналом 4–20 мА; датчики давления Метран-150 [6] коррозионностойкого исполнения;

газоанализатор ПКГ100-NH<sub>3</sub> [7] для контроля ПДК аммиака в воздухе; регулирующие и отсечные клапаны с электропневматическими позиционерами и концевыми выключателями.

Средний уровень реализован на программируемом логическом контроллере ОВЕН ПЛК210 [8] с модулями аналогового ввода МВ210-101 и аналогового вывода МУ210-501. Выбор оборудования среднего уровня автоматизации обусловлен высокой производительностью, расширенными коммуникационными возможностями (Ethernet, поддержка Modbus, OPC UA, MQTT), встроенным Firewall и возможностью резервирования питания.

Верхний уровень включает станцию оператора на базе ПК с ОС Windows 10 и SCADA-средой MULTIPROG PRO, поддерживающей все языки стандарта IEC 61131, что, в свою очередь, обеспечивает визуализацию процесса, архивирование данных, сигнализацию отклонений и диагностику оборудования.

Применение современных средств автоматизации позволяет:

- стабилизировать температуру рассола с точностью  $\pm 0,5$  °С;
- исключить аварийные ситуации, связанные с превышением давления или утечками аммиака;
- сократить время реакции персонала на отклонения за счёт ранней диагностики;
- снизить эксплуатационные затраты благодаря оптимизации работы компрессора.

Таким образом, предложенная модернизация системы автоматизации холодильного отделения обеспечивает требуемый уровень безопасности, информативности и экономической эффективности производства изоцианатов.

### Библиографический список

1. ДУЕ-11 датчики уровня емкостные // td-urovnemer.ru. - URL: <https://www.td-urovnemer.ru/catalog/duе-11-datchiki-urovnya-emkostnye/> (дата обращения: 13.03.2026).

2. Capacitive sensor NivoCapa® - NC 8100 // UWT. - URL: <https://www.uwtgroup.com/en/nivocapa-nc-8100.html> (дата обращения: 13.03.2026).

3. Плотномер 804 // Научно-производственное предприятие Пьезоэлектрик. - URL: <https://www.piezoelectric.ru/Products/Densimeter804/> (дата обращения: 13.03.2026).

4. рН-метр промышленный рН-4101 // НПП "Автоматика". - URL: <https://www.avtomatica.ru/catalog/ru/ph-4101.htm> (дата обращения: 13.03.2026).

5. Термопреобразователи ТСМУ Метран-274 // Системы и приборы. - URL: <https://systempribor.ru/catalog/termopreobrazovateli-tsmu-metran-274> (дата обращения: 13.03.2026).

6. Датчик давления Метран-150 // Метран. - URL: <https://metran.ru/catalog/pressure/metran-150/#1> (дата обращения: 13.03.2026).

7. ПКГ100-NH<sub>3</sub> промышленный датчик (преобразователь) концентрации аммиака в воздухе // ОВЕН. - URL: [https://owen.ru/product/pkg100\\_nh3?utm\\_source=bing.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=bing.com&utm\\_referrer=bing.com](https://owen.ru/product/pkg100_nh3?utm_source=bing.com&utm_medium=organic&utm_campaign=bing.com&utm_referrer=bing.com) (дата обращения: 13.03.2026).

8. ПЛК210 высокопроизводительный программируемый контроллер с расширенными сетевыми возможностями // ОВЕН. - URL: <https://owen.ru/product/plk210> (дата обращения: 13.03.2026).

УДК 681.545

Кульпин И.А., Кечкина Н.И.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСОРБЦИИ ОКИСИ ЭТИЛЕНА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Окись этилена – бесцветный газ со специфическим эфирным запахом. Данное вещество получается по методу прямого окисления этилена кислородом в неподвижном слое катализатора. В зависимости от области применения окись этилена выпускается двух марок: очищенная и техническая. Очищенную окись этилена применяют для получения особо чистых смол смачивателей и других целей [1].

Основным аппаратом является десорбер (рис.). Он состоит:

I - корпус (изготавливается из материалов, устойчивых к воздействию рабочей среды (углеродистые и коррозионностойкие стали, титан и др.);

II - массообменный блок: используются различные типы тарелок (колпачковые, ситчатые, клапанные и др.), которые обеспечивают контакт между жидкой и газовой фазами;

III - кубовая часть: располагается кипятильник или другой источник нагрева, который обеспечивает необходимый температурный режим для десорбции;

IV - система ввода и вывода потоков: трубопроводы для подачи насыщенного абсорбента, десорбирующего агента, а также для отвода регенерированного абсорбента и газообразных продуктов десорбции;

V - каплеотбойник, устанавливаемый в верхней части для предотвращения уноса жидкости с газовым потоком.

Десорбер представляет собой аппарат колонного типа диаметром 4,5 м, высотой цилиндрической части 35,85 м и общей вместимостью

413,4 м<sup>3</sup>. Внутри этой колонны имеется 2 слоя структурной насадки высотой 6,85 м и 4,73 м. Десорбер защищен от превышения давления двумя предохранительными клапанами, срабатывающими со сбросом газа в атмосферу.

В аппарате происходит массообмен между двумя фазами: стекающим сверху насыщенным абсорбентом и поднимающимся снизу отпарным газом (десорбирующим агентом). В результате десорбции растворённые в жидкости газы переходят в газовую фазу.

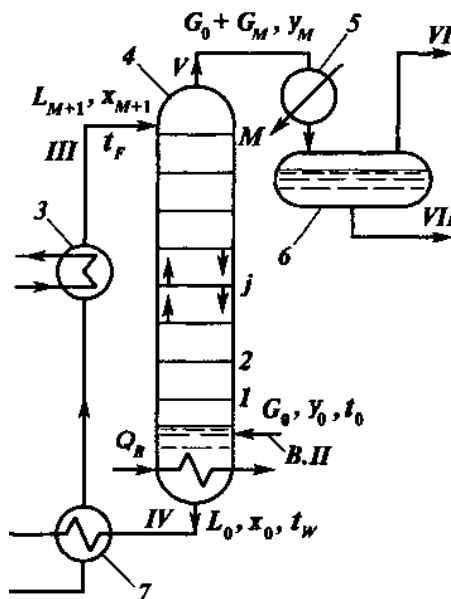


Рис. Принципиальная схема объекта:

3 – подогреватель; 4 – десорбер; 5 – конденсатор; 6 – емкость; 7 – теплообменник

Целью функционирования объекта является отпаривание окиси этилена и растворенных газов (двуокиси углерода, этилена, этана, кислорода, азота, аргона и метана) из насыщенного раствора окиси этилена в сорбенте, при этом отпаренные газы собираются в верхней части десорбера.

Обеспечение заданного значения концентрации окиси этилена в десорбированном потоке – основная цель функционирования десорбера. В этом случае показателем эффективности объекта является значение  $c_{Э0}$ . Критерий эффективности ХТП десорбции окиси этилена можно записать в форме

$$R = |c_{Э0}^{\text{зад}} - c_{Э0}|,$$

где  $c_{Э0}^{\text{зад}}$  – заданное (требуемое) значение концентрации окиси этилена в выходном потоке, кг/м<sup>3</sup> или моль/л;  $c_{Э0}$  – фактическое значение концентрации окиси этилена в выходном потоке, кг/м<sup>3</sup> или моль/л.

Задача управления десорбером заключается в обеспечении минимума величины критерия эффективности.

## Библиографический список

1. Окись этилена // Chemical Portal. - URL: <https://chemicalportal.ru/compounds/okis-etilena/> (дата обращения: 16.03.2026).

УДК 621.313.12

Курылёв В. С., Жаринов И.В.

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ВЫСОКОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

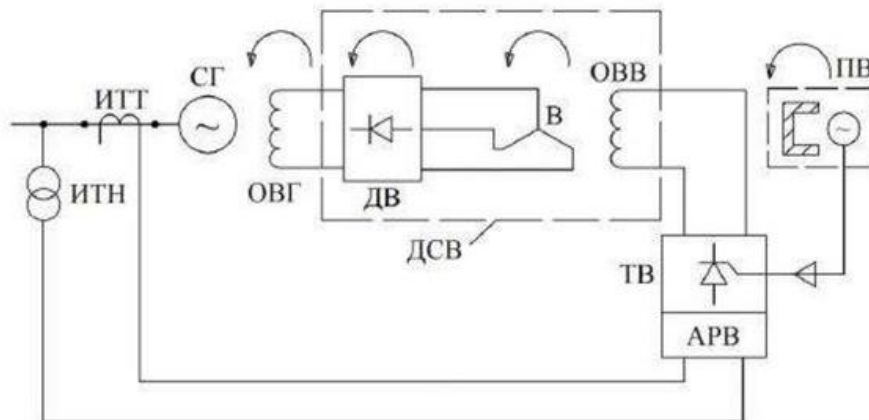
Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) служит для поддержания напряжения на выводах генератора и распределения реактивной нагрузки между параллельно работающими агрегатами. Ключевым требованием является обеспечение «потолка возбуждения» — кратковременного увеличения тока в 2–2,5 раза для удержания генератора в синхронизме при коротких замыканиях. Классические системы (электромашинные, ионные) характеризуются низким быстродействием и значительными потерями, поэтому они не способны обеспечить динамическую устойчивость при авариях [1].

Главным недостатком устаревших решений являются запаздывание в начале форсировки и сложность точного поддержания напряжения. Для устранения данных недостатков применяют ряд подходов. Во-первых, используют тиристорные системы статического возбуждения, где ток к ротору подводится от тиристорных преобразователей. Это обеспечивает быстродействие (менее 0,04с) и лёгкую реализацию форсировки. Во-вторых, применяют бесщёточные системы, где возбудитель и выпрямители расположены на одном валу с генератором, что исключает щёточный контакт, искрение и износ колец [2 - 4].

Для генераторов высокой мощности (ТЭС, АЭС) оптимальным решением будет применение цифровых тиристорных систем самовозбуждения с микропроцессорным управлением. Они обеспечивают форсировку до 2,5 по напряжению и до 2,0–2,2 по току ротора при минимальном запаздывании. Когда важны предельная надёжность и отсутствие искрения (химические производства, подземные ГЭС), применяются бесщёточные системы с управляемыми тиристорными возбудителями на роторе.

Практическая реализация идёт путём замены устаревших возбудителей на комплектные устройства.

В состав системы возбуждения входят: тиристорный преобразователь, микропроцессорный регулятор (АРВ сильного действия), защитная аппаратура и измерительные блоки. Регулирование тока возбуждения осуществляется изменением угла открытия тиристоров в зависимости от отклонений напряжения, что позволяет безынерционно управлять током ротора.



#### Структурная схема тиристорной системы самовозбуждения (СТС):

ИТТ - измерительный трансформатор тока; СГ - синхронный генератор; ОВГ - обмотка возбуждения генератора; ИТН - измерительный трансформатор напряжения;  
 Тв - тиристорный выпрямитель; Арв - автоматический регулятор возбуждения;  
 Дв - датчик (или блок) возбуждения; Дсв - датчик системы возбуждения;  
 Овв - обмотка возбуждения возбудителя; Пв - преобразователь вспомогательный;  
 В - выпрямитель/возбудитель

Внедрение таких систем повышает надёжность и пропускную способность энергосистем. В результате становится возможно обеспечить стабилизацию напряжения в пределах  $\pm 1-2\%$ , увеличение КПД генератора (потери ниже на 30–50 % по сравнению с электромашинными), а главное — удержание генератора в синхронизме при тяжёлых авариях благодаря мгновенной форсировке возбуждения, что предотвращает каскадные отключения [5].

#### Библиографический список

1. Глебов, И.А. Научные основы проектирования систем возбуждения мощных синхронных машин / И.А. Глебов. — Ленинград: Наука, 1988. — 332 с.
2. Глебов, И.А. Электромагнитные процессы систем возбуждения синхронных машин / И.А. Глебов. — Ленинград: Наука, 1987. — 344 с.
3. Костелянец, В.С. Режимы и надёжность работы тиристорного возбудителя синхронной машины / В.С. Костелянец. — Ленинград: Энергоатомиздат, 1990. — 125 с.

4. Абрамович, Б.Н., Круглый А.А. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей / Б.Н. Абрамович, Круглый А.А. — Ленинград: Энергоатомиздат, 1983. — 128 с.

5. Пластун, А.Т. Совмещенный многофункциональный бесщеточный возбудитель для систем независимого возбуждения синхронных машин / А.Т. Пластун [и др.] // Электротехника. — 2006. — № 1. — С. 45 - 52.

УДК 621.865.8

Лаптев А.Д.

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ОБЪЕКТОВ**

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время автоматизированные производственные линии широко применяются на предприятиях различного профиля. В связи с этим возникает необходимость создания учебных установок, позволяющих на практике изучать принципы работы роботизированных систем.

Целью данной работы является разработка учебного робототехнического комплекса, предназначенного для демонстрации процессов автоматической сортировки объектов. В основе комплекса лежит пятиосевой манипулятор последовательного типа. Конструкция была разработана в САД-средах с последующей адаптацией моделей под 3D-печать. Детали изготовлены из ABS-пластик. При проектировании учитывались ограничения по массе звеньев, допустимой нагрузке на сервоприводы и устойчивости основания. Система управления реализована на базе микроконтроллера Arduino. Для расширения числа каналов управления использован модуль PCA9685, обеспечивающий формирование ШИМ-сигналов для сервоприводов DS3235. Это позволило добиться стабильной работы приводов и уменьшить нагрузку на основной контроллер.

Комплекс работает совместно с конвейерной платформой. В зоне перемещения объектов установлен датчик присутствия и камера. После обнаружения объекта выполняется его распознавание, далее формируется управляющая команда для манипулятора. Робот осуществляет захват и перемещение объекта в соответствующую зону сортировки.

В процессе разработки были решены задачи согласования механической конструкции и системы управления, а также интеграции элементов технического зрения. Созданный комплекс может использоваться в учебных целях для демонстрации принципов мехатроники, автоматизации и робототехники.

**ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ УЗЛА УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РАЗДЕЛА СРЕД**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Технологический комплекс предназначен для очистки и отделения древесной щепы и песка от металлических включений и представляет собой систему, состоящую из множества узлов. Песок и древесная щепа имеют зависимость от уровня влажности, которая может способствовать образованию комков и слипанию, что в свою очередь, сильно усложняет процесс извлечения инородных включений. В связи с этим, появляется необходимость достижения определенного уровня влажности такого сырья (5 – 15 %). Поэтому, одним из наиболее важных и сложных этапов в работе является просушивание сырья. В рамках этой статьи будут рассмотрены функциональные особенности комплекса, а также пути модернизации узла управления для повышения его эффективности.

На начальном этапе исходные материалы подаются в загрузочный бункер, который оснащен фильтрующим элементом в виде сетки, функции которой заключаются в отделении особо крупных инородных тел. Далее сырье через загрузочный ленточный транспортер подается в сушильный барабан, где проходит процесс сушки при помощи горячего воздуха, создаваемого теплообменником. Перемещение сырья внутри барабана происходит при помощи вращающихся лопастей, подачи горячего воздуха и небольшого угла наклона барабана в сторону выгрузки, что позволяет обеспечить равномерное перемешивание и удаление влаги.

В системе управления технологическим процессом очень важную роль играет шкаф управления, который отвечает за контроль всех ключевых параметров. На технологическом комплексе существуют несколько контролируемых и регламентируемых величин:

- скорость подачи сырья через входной ленточный транспортер;
- скорость выгрузки сырья через выходной ленточный транспортер;
- режим работы дизельной печи: стандартный, усиленный и выключенный;
- скорость вращения лопастей внутри сушильного барабана;
- включение/выключение виброотделителя.

Шкаф управления с релейно-контакторной логикой является центральным элементом системы, который управляет всеми узлами технологического комплекса и обеспечивает контроль.

Задачи шкафа управления включают в себя:

- комплексную защиту питающих цепей;
- автоматическое отключение при наличии внешнего сигнала;
- автоматическое отключение при коротком замыкании;
- автоматическое отключение при пропадании одной из фаз, перекосе.

Ключевым преимуществом существующей схемы является использование преобразователей частоты для основных приводов, который позволяет осуществить тонкую настройку процесса.

Несмотря на наличие регулируемых приводов, текущая архитектура обладает рядом ограничений, ведь все управление осуществляется разрозненно и требует постоянного внимания оператора. При изменениях влажности или фракции исходного сырья (например, переход от сухой щепы к влажному песку) возрастает риск налипания материала на стенки и лопасти сушильного барабана. В ручном режиме оператор не всегда способен своевременно отследить изменения процесса. Кроме того, ступенчатое управление дизельной горелкой приводит к температурным скачкам, что снижает энергоэффективность и может приводить к недосушиванию либо к перегреву сырья.

Для повышения надежности, эффективности и качества раздела сред можно выделить несколько путей модернизации узла управления: переход на ПЛК с адаптивной системой, введение ПИД-регулятора и интеграция удобного интерфейса. Рассмотрим каждый метод более подробно.

**Переход на управление на базе программируемого логического контроллера** позволит объединить все установленные в шкафу преобразователи в единую промышленную сеть, что делает возможным не только задавать скорость каждого двигателя, но и считывать их текущее состояние.

**Внедрение адаптивной системы подачи сырья** решит проблему налипания. Имея ПЛК, можно реализовать алгоритм защиты от забивания барабана. Как только сырье начинает налипать или скапливаться в избытке, нагрузка на вал барабана возрастает, что ведет к скачку тока. ПЛК зафиксирует это отклонение и автоматически плавно снизит скорость загрузочного ленточного транспортера (или кратковременно остановит его), давая барабану время "переварить" объем. Математически это реализуется через введение отрицательной обратной связи по току. ПЛК фиксирует повышение нагрузки на вал барабана из-за налипающего сырья и выдает корректирующий сигнал на частотный преобразователь входного конвейера, плавно снижая подачу. Система сама адаптируется к "тяжелому" сырью без вмешательства оператора.

**Модернизация схемы управления горелкой путем отказа от трехпозиционного режима в пользу непрерывного ПИД-регулирования.** Контроллер, получая данные от датчика, будет динамически вычислять необходимую мощность горелки с учетом скорости прохождения сырья (данные от частотников). ПИД-регулятор учитывает не только текущую разницу между реальной и заданной температурой, но и скорость её изменения (дифференциальная составляющая), а также накопленную ошибку (интегральная составляющая). Это позволит поддерживать температуру сушки с точностью до градуса, экономя дизельное топливо.

**Установка человеко-машинного интерфейса.** Интеграция сенсорной панели на дверцу шкафа управления позволит отказаться от множества кнопок и переключателей. Оператор сможет выбирать режим работы (например, "Влажный песок" или "Сухая щепа"), при которых система сама выставит оптимальные скорости конвейеров, барабана и уставку температуры.

Таким образом, модернизация шкафа управления с переходом от базового аппаратного регулирования к комплексной интеллектуальной системе позволит исключить человеческий фактор и раскрыть потенциал оборудования. Внедрение обратных связей по нагрузке и температуре переведет комплекс в режим автоматической адаптации к свойствам поступающего сырья, значительно повысив качество обработки и снизив затраты.

УДК 628.981

Зайцев Е.Э.<sup>1</sup>, Горюнова Д.С.<sup>2</sup>, Леушкина А.Е.<sup>3</sup>, Лукьянов Д.Р.<sup>4</sup>  
**ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И РАЗРАБОТКА  
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ СВЕТОВОГО  
МИКРОКЛИМАТА**

<sup>1</sup>МБОУ «Средняя школа № 26», <sup>2</sup>МБОУ «Средняя школа № 14»,  
<sup>3</sup>МБОУ «Средняя школа № 23», г. Дзержинск,  
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Качество искусственного освещения определяет зрительное восприятие, работоспособность и психоэмоциональное состояние человека. Ключевыми параметрами являются цветовая температура (ССТ), индекс цветопередачи (Ra) и коэффициент пульсации (Кп). Цель работы — исследование спектральных характеристик современных светодиодных ламп и разработка рекомендаций по улучшению светового

микроклимата на основе анализа соответствия требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

Объектами исследования стали шесть источников света: лампа накаливания (LN-2700), светодиодные лампы 2700 К (LED-2700), 3000 К (LED-3000), офисный светильник 4000 К (OFF-4000), промышленные светильники 5000 К (IND-5000) и 6500 К (IND-6500). Измерения проводились с использованием спектрометра GL SpectroSoft в лаборатории ФБУ «Нижегородский ЦСМ». Результаты представлены в таблице.

**Таблица. Фотометрические параметры исследованных источников**

Источник	ССТ, К	Ra	Пик спектра, нм
LN-2700	2730	98	680
LED-2700	2730	82,2	602
LED-3000	3028	82,2	602
OFF-4000	4000*	89,5*	450
IND-5000	5000*	90,5*	452
IND-6500	6522	85,3	451

Лампа накаливания имеет гладкий непрерывный спектр с  $Ra=98$ . Светодиодные источники характеризуются дискретным спектром с пиком в синей области (450–460 нм). Бытовые лампы LED-2700 и LED-3000 показали  $Ra=82,2$ , что соответствует минимальным требованиям СанПиН для жилых помещений. Офисный и промышленные светильники продемонстрировали более высокий индекс цветопередачи ( $Ra=85-90$ ).

Анализ нормативной базы показал, что для вспомогательных помещений (коридоры, санузлы, кладовые) СанПиН допускает  $Ra \geq 60$ . Однако анализ рынка светотехнической продукции свидетельствует, что подавляющее большинство представленных светодиодных светильников имеют  $Ra \geq 80$ . Производители практически не выпускают продукцию с  $Ra$  в диапазоне 60–70, так как технологически проще обеспечить высокий индекс цветопередачи [1].

Коэффициент пульсации современных сертифицированных светильников составляет менее 5 %, что значительно ниже нормативных требований ( $K_p \leq 20$  % для помещений общего назначения и  $K_p \leq 10$  % для учебных помещений). Технически проблема пульсации в настоящее время решена.

На основании полученных данных сформулированы следующие рекомендации

1. Для жилых помещений рекомендуется использовать светодиодные лампы с ССТ=2700–3000 К и  $Ra \geq 85$ ; для учебных и офисных помещений

оптимальна  $SST=4000\text{ K}$  при  $Ra \geq 90$ ; для производственных помещений с высокими требованиями к цветоразличению —  $SST=5000\text{ K}$  и  $Ra \geq 90$ .

2. Предлагается пересмотреть требования СанПиН к индексу цветопередачи для вспомогательных помещений общественных зданий, повысив минимальное значение с  $Ra \geq 60$  до  $Ra \geq 80$ . Это не потребует дополнительных экономических затрат, так как все представленные на рынке светильники уже соответствуют данному требованию.

3. Рекомендуются ужесточить требования к коэффициенту пульсации для всех типов помещений, снизив допустимое значение с 20 % до 5–10 %, поскольку современные светодиодные источники позволяют достигать таких значений без увеличения себестоимости.

Таким образом, современные светодиодные источники света обеспечивают высокое качество освещения, а корректировка нормативной базы позволит повысить комфортность световой среды без дополнительных затрат.

### **Библиографический список**

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. — М.: Роспотребнадзор, 2021.

УДК 66.012-52

Лямин Н.А., Токарев С.В.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕДУЦИРОВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ПАРА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В современной инженерной практике решение задач по повышению эксплуатационной надежности, снижению удельных энергозатрат и обеспечению стабильной работы теплотехнических систем достигается внедрением комплексных автоматизированных систем управления. Это позволяет оптимизировать режимы работы оборудования и минимизировать риск возникновения аварийных ситуаций, связанных с человеческим фактором при управлении сложными техническими объектами. Процессы редуцирования давления и трансформации параметров пара являются базовыми для производственных предприятий технического профиля.

Для поддержания заданной точности технологических режимов и защиты инженерных сетей применяется специализированная редуциционно-охладительная установка РОУ Х5, обеспечивающая требуемые параметры давления и температуры пара. Ключевым

компонентом системы является автоматизированный узел охлаждения, который стабилизирует свойства пара перед подачей конечным потребителям. Технический комплекс включает в себя исполнительные механизмы редуцирования, систему впрыска, насосные агрегаты и сеть распределительных трубопроводов.

От точности функционирования данных контуров зависят ресурс теплообменного оборудования, целостность запорно-регулирующей арматуры и общая энергоэффективность промышленного объекта. В структуре управления предусмотрены автоматические контуры стабилизации давления и температуры, а также многоуровневая система технологических защит и блокировок. В частности, в основном контуре редуцирования регулятор воздействует на степень открытия клапана, компенсируя возмущения со стороны магистрали.

В качестве управляющего воздействия в подсистеме охлаждения используется изменение расхода конденсата, нагнетаемого насосной станцией. Благодаря учету динамических характеристик и инерционности тепловых процессов, автоматизация гарантирует устойчивость системы при переменных нагрузках. Внедрение данных проектных решений в РОУ X5 обеспечивает выполнение инженерных требований: повышается долговечность узлов, исключаются критические гидроудары и достигается высокая точность поддержания параметров.

УДК 685.3 : 620.17

Мастеров Т.С., Демченко О.А., Суханов Д.Е.

## **ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ПОДОШВ ОБУВИ К ИСПЫТАНИЯМ НА РАЗРЫВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Одним из важнейших физико-механических показателей средств индивидуальной защиты ног является прочность подошвы на разрыв.

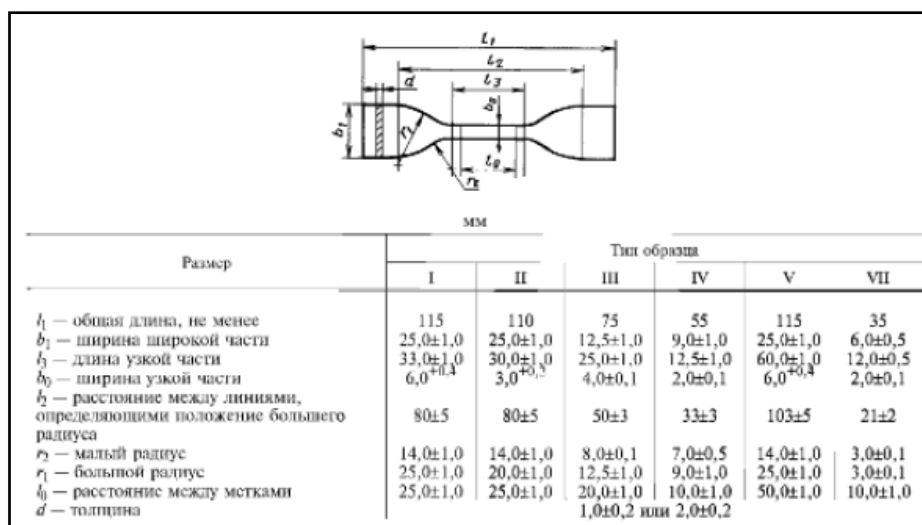
Согласно ГОСТ Р 12.4.295-2013 испытуемый образец заготавливают из геленочной части подошвы в поперечном направлении относительно продольной оси. Минимальное количество образцов для испытания, а также минимальное количество испытуемых образцов, заготовленных из каждого отобранного образца приведено на рисунке 1.

Согласно ГОСТ 270-75 образцы для испытаний резин на разрыв должны иметь форму двусторонней лопатки. Типы и размеры образцов двусторонних лопаток должны соответствовать чертежу и таблице (см. рис. 2). Число образцов для испытаний должно быть не менее пяти. Образцы вырубаются из готовой подошвы штанцевым ножом.

Наименование изделия, его части	Вид испытания (В — основное требование, А — дополнительное требование)		Испытание только готовой обуви	Подраздел стандарта	Тип и количество отбираемых образцов обуви	Тип и количество испытываемых образцов, заготовленных из отобранных образцов
	В	А				
Подошва	Толщина	В	Да	8.1	1 полупара обуви от каждого из 3 размеров (МСБ)	1 испытываемый образец
	Прочность на разрыв	В	Да	8.2	1 полупара обуви от каждого из 3 размеров (МСБ)	1 испытываемый образец

В случае если для испытания необходимо отобрать образцы трех размеров, то отбирают образцы самого маленького, среднего и самого большого размеров обуви, в таблице 1 это обозначено как МСБ (маленький, средний, большой).

**Рис. 1. Минимальное количество образцов для испытания**



**Рис. 2. Тип и размеры образцов двусторонних лопаток**

УДК 004.891.3

Мясников Д.В., Хлыбов А.А.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сложная, часто неоднородная и анизотропная структура материалов, получаемых методами аддитивных технологий (АТ), наличие пор и остаточных напряжений делают неприменимыми традиционные детерминированные модели расчета ресурса [1, 2]. Это формирует запрос на создание методов, способных выявлять скрытые корреляции между параметрами неразрушающего контроля и механическими свойствами. Наиболее информативным источником данных здесь выступают изображения микроструктур и дефектов, получаемые в ходе металлографических исследований. Однако их интерпретация трудоемка, субъективна и требует высокой квалификации эксперта.

Современным инструментом автоматизации и объективизации этого процесса являются нейронные сети, и в особенности сверхточные нейронные сети, доказавшие свою эффективность в задачах компьютерного зрения [3, 4]. В материаловедении они применяются для классификации типов дефектов, их сегментации на изображении, а также для количественного анализа структурных составляющих - определение размера зерна и формы включений [3, 5]. Анализ видеоряда испытаний образцов с использованием рекуррентных сетей позволяет отслеживать кинетику зарождения и развития трещин, что ложится в основу систем прогнозирования остаточного ресурса [4].

Главным барьером на пути внедрения нейросетевых методов диагностики является дефицит качественных размеченных данных. Сбор репрезентативной выборки изображений дефектов, особенно для редких, но критических событий, требует длительного времени. Перспективным путем решения этой проблемы является генерация синтетических данных на основе 3D-моделей [6]. Такой подход позволяет не только неограниченно увеличить объем данных и автоматизировать процесс разметки, но и создавать датасеты для дефектов, которые сложно получить в реальных условиях.

Наряду с очевидными достоинствами вроде автоматизации и высокой скорости, нейросетевой подход обладает и рядом недостатков. Ключевыми из них являются проблема интерпретируемости результатов «черный ящик» и риск «галлюцинаций» - выдачи моделью уверенных, но физически некорректных предсказаний. В задачах диагностики ответственных изделий это недопустимо, что требует разработки методов валидации и верификации моделей, а также создания гибридных архитектур, учитывающих физические ограничения [4].

Таким образом, применение нейросетей для анализа визуальных данных открывает широкие перспективы для диагностики АТ-изделий, однако требует решения фундаментальных проблем, связанных с подготовкой данных и обеспечением достоверности прогнозов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методик синтеза данных, создание интерпретируемых и физически-адекватных моделей, а также интеграцию их в специализированное программное обеспечение для промышленного использования.

### **Библиографический список**

1. Чумаевский, А.В., Осипович К.С., Семенчук В.М. Особенности получения и организации структуры крупногабаритных функционально-градиентных биметаллических элементов на основе нержавеющей стали и меди методом электронно-лучевой проволоочной аддитивной технологии /

А.В. Чумаевский, К.С. Осипович, В.М. Семенчук [и др.] // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. - 2024. - № 1(47). - С. 47–57.

2. Дебой Т. Аддитивное производство металлических компонентов — процесс, структура и свойства / Т. Дебой, Х.Л. Вэй, Дж.С. Зубак [и др.] // Прогресс в материаловедении - . 2018. - Т. 92. - С. 112–224.

3. Ершеев, Н.Е. Доэвтектоидные легированные стали как основа ИИ-прогнозирования свойств конструкционных материалов / Н.Е. Ершеев // Шаг в науку. - 2025 - № 4 - . С. 22–26.

4. Мочалова, Ю.Д. Итеративная двунаправленная рекуррентная сеть для предсказания разрушения многослойных композитов / Ю.Д. Мочалова, К.К. Абагян // Материалы VII Международной конференции «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов» (МММЭК-2025). - Москва, 2025 - С. 162–165.

5. Дудников, Д.О. Программное обеспечение для автоматизации исследований в области материаловедения / Д.О. Дудников, Н.А. Огурцов, Э.А. Коннов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. - 2025. - № 2. - С. 69–75.

6. Копылов, Д.А. Формирование синтетических данных для обучения системы компьютерного зрения / Д.А. Копылов, Е.С. Агешин, О.В. Хомутская // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. - 2022. - № 4 (18). - С. 18–28.

УДК 681.5.017

Орехов Д.О., Лобаев А.Н., Кулигина Н.О.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОРБЦИИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Процессы сорбции являются критически важными в химической и нефтегазовой промышленности. Эффективность разделения смесей напрямую зависит от динамики распространения концентрационных волн внутри аппарата. Для инженера-разработчика АСУ ТП первоочередной задачей является не только стабилизация процесса, но и нахождение оптимальных режимов, при которых разделение происходит с максимальной чистотой и минимальными энергетическими затратами. В настоящей работе в качестве базового математического аппарата используется модель равновесной сорбции позволяющая свести динамику к гиперболической системе квазилинейных уравнений.

Центральным элементом работы является концептуальная модель, представляющая процесс как объект управления с распределенными параметрами. Модель строится на уравнении вектора концентраций  $u_t + C(u)u_x = 0$ , которую в виде системы можно представить в виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial t} + \frac{\partial f_1}{\partial u_1} \frac{\partial u_1}{\partial t} + \frac{\partial f_1}{\partial u_2} \frac{\partial u_2}{\partial t} + v \frac{\partial u_1}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} + \frac{\partial f_2}{\partial u_1} \frac{\partial u_1}{\partial t} + \frac{\partial f_2}{\partial u_2} \frac{\partial u_2}{\partial t} + v \frac{\partial u_2}{\partial x} = 0. \end{cases}, \#(1).$$

Входом системы является векторное поле концентраций  $u = (u_1, u_2)$ . Главным возмущающим воздействием выступает флуктуация начального состава смеси и изменение скорости несущего потока  $v$ .

Внутреннее состояние системы определяется матрицей  $A$ , составленной из частных производных изотерм сорбции  $f_i(u_1, u_2)$ . Важнейшей частью является то, что поведение системы (скорость разделения) диктуется собственными числами  $\lambda_i$  этой матрицы.

Выходом процесса являются разделенные потоки компонентов. Критерием качества управления выступает дельта скоростей:  $\Delta C = |C_1 - C_2| > 0$ . Если собственные числа  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  различны и вещественны, компоненты достигают конца колонки в разное время, что и обеспечивает технологический результат. Чем больше  $\Delta C$ , тем выше эффективность разделения.

Модель показывает, что скорость фронта  $j$ -й компоненты  $C_j$  выражается через собственные числа матрицы Якоби сорбционных изотерм по формуле:

$$C_j = \frac{v}{1 + \lambda_j}, \#(2).$$

Инженерный анализ этой формулы позволяет сделать вывод: чтобы управлять скоростью выхода газа, мы должны влиять либо на скорость потока  $v$ , либо на структуру матрицы  $A$  (через коэффициенты Генри или параметры Ленгмюра).

На основе представленной концептуальной модели выделяются четыре основных направления автоматизированного управления и оптимизации.

1. Модификация сорбционной среды. Выбор сорбента напрямую определяет вид функции изотерм  $f_i(u_1, u_2)$ . В АСУ ТП это соответствует этапу проектирования или перенастройки системы под конкретную задачу. Изменение пористости или химического состава сорбента позволяет "развести" значения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  на максимально возможное расстояние, увеличивая селективность.

2. Использование активных примесей. Введение в сорбент сторонних компонентов позволяет изменить его структуру на молекулярном уровне. С точки зрения управления - это введение корректирующих

коэффициентов в матрицу системы А, что позволяет стабилизировать процесс при отклонении состава входной смеси.

3. Термобарическое регулирование. Давление в приборе является оперативным параметром управления. Изменение давления смещает равновесие в нелинейных изотермах Ленгмюра. Автоматическое регулирование давления позволяет поддерживать скорости  $C_j$  в заданных технологических границах, компенсируя температурные дрейфы.

4. Обеспечение устойчивости процесса. В нелинейных системах (например, при изотермах Ленгмюра) возможно возникновение резких изменений концентрационных профилей, что может привести к нестабильной работе колонны. Система автоматизации должна включать блокировки, не допускающие выхода параметров процесса (давления, расхода) в области, где подобные нестабильности наиболее вероятны. Для этого необходимо проводить предварительный анализ собственных чисел матрицы АА в рабочем диапазоне концентраций и ограничивать управляющие воздействия так, чтобы сохранялась гиперболичность системы ( $\lambda_1 \neq \lambda_2$  и вещественны).

В случае использования изотерм Ленгмюра:

$$f_1 = \frac{\Gamma_1 u_1}{1 + u_1 + u_2}, f_2 = \frac{\Gamma_2 u_2}{1 + u_1 + u_2}, \#(3)$$

скорости  $C_j$  становятся зависимыми от текущей концентрации  $u_1$  и  $u_2$ . Это усложняет задачу автоматизации, превращая объект в существенно нелинейный. Графический анализ функции  $F(\lambda)$  показывает наличие вертикальных асимптот и зон стабильности между ними. Инженерная задача здесь сводится к удержанию рабочей точки процесса в области между собственными числами  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  для обеспечения однозначности вычислений.

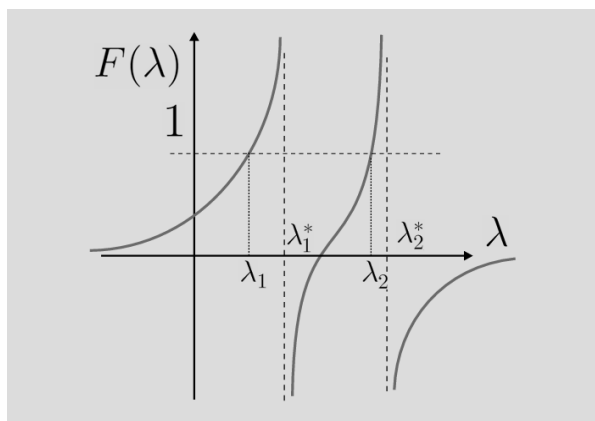


Рис. Графическое представление решения задачи

Предложенная концептуальная модель позволяет связать режимные параметры процесса сорбции (скорость потока, давление, тип сорбента) с ключевым показателем эффективности — разностью скоростей движения

компонентов. Это даёт инженеру-технологу понятные ориентиры для настройки оборудования и разработки системы автоматического управления. Практическая ценность работы заключается в том, что она переводит сложные математические соотношения в конкретные рекомендации: как выбрать сорбент, каким образом регулировать давление, на что обратить внимание при проектировании АСУ ТП.

УДК 536.584.3

Отмахова С.В., Сидоров И.А

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях полета малых летательных аппаратов (МЛА) и воздействия различных факторов окружающей среды, таких как солнечное излучение и изменение температуры на высоте, узлы полетного оборудования подвержены значительным тепловым нагрузкам. Эти температурные колебания могут негативно сказаться на работе электроники и сенсоров, что, в свою очередь, приводит к снижению точности и стабильности управления аппаратом. Поэтому разработка эффективных решений для теплового выравнивания и активного переноса теплоты становится необходимой задачей для инженеров и исследователей, стремящихся повысить безопасность и производительность МЛА. В данной статье рассматриваются принципы и конструктивные решения, направленные на оптимизацию температурного режима системы управления через эффективный теплообмен между горячими компонентами и полетным контроллером с использованием жидкостного охлаждения.

Тепловое выравнивание через теплообмен представляет собой процесс, при котором происходит равномерное распределение температуры между различными компонентами системы, что достигается за счет передачи тепла от более горячих элементов к более холодным. В этом процессе ключевую роль играют теплообменники, которые обеспечивают эффективный контакт между горячими и холодными средами, позволяя теплу перемещаться через стенки теплообменника, при этом минимизируя тепловые потери. В результате теплового выравнивания достигается более стабильная температура в системе, что способствует снижению риска перегрева, увеличивает надежность работы компонентов и улучшает общую эффективность системы.

Активный перенос теплоты представляет собой эффективный метод управления температурными режимами в системах, где требуется

обеспечить надежную работу компонентов при значительных тепловых нагрузках. В отличие от пассивных методов температурной стабилизации активный перенос теплоты включает в себя использование механических или гидравлических систем для перемещения теплоносителя, что позволяет более точно контролировать температурные параметры. В контексте малых летательных аппаратов этот подход особенно важен, поскольку он позволяет эффективно отводить избыточное тепло от горячих блоков, таких как процессоры и сенсоры, к менее нагретым участкам системы. Это достигается за счет использования специализированных теплообменников и насосов, которые обеспечивают циркуляцию жидкости, способной поглощать и транспортировать тепло.

Конструкция системы охлаждения для малых летательных аппаратов представляет собой комплексный механизм, состоящий из нескольких ключевых компонентов, обеспечивающих эффективное отвлечение тепла от критически важных узлов оборудования. В основе системы лежит принцип теплообмена между горячими и холодными элементами, где горячие блоки, такие как процессоры и силовые устройства, соединены с теплообменником через систему трубок, по которым циркулирует теплоноситель, обычно в виде жидкости. Теплоноситель, поглощая избыточное тепло, направляется к радиатору или другому теплообменнику, где происходит его охлаждение, после чего он возвращается обратно к горячим компонентам для повторного цикла. Для повышения производительности системы могут использоваться насосы, обеспечивающие необходимую циркуляцию жидкости, и термостаты, позволяющие автоматически регулировать температуру в зависимости от текущих условий эксплуатации.

Жидкостное охлаждение обладает рядом значительных преимуществ по сравнению с традиционными методами, такими как воздушное охлаждение, что делает его особенно привлекательным для малых летательных аппаратов. Во-первых, жидкость обладает высокой теплоемкостью, что позволяет ей эффективно поглощать и переносить большее количество тепла при меньших объемах, что особенно важно в ограниченных пространствах. Во-вторых, жидкостные системы способны обеспечивать более равномерное распределение температуры, что минимизирует риск перегрева отдельных компонентов и способствует их долговечности.

В заключение можно сказать, что системы охлаждения, основанные на жидкостном методе, представляют собой важный аспект разработки малых летательных аппаратов, обеспечивая эффективное управление тепловыми процессами и способствуя надежной работе высокоэнергетических компонентов. Жидкостное охлаждение не только

увеличивает производительность и долговечность электроники, но и создает условия для более эффективной работы аппарата в целом. В связи с постоянно растущими требованиями к эффективности и надежности летательных систем внедрение современных технологий жидкостного охлаждения становится ключевым фактором, способствующим развитию авиации и аэрокосмической отрасли.

УДК 004.85

Панин М.С.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Институт радиоэлектроники и информационных технологий  
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современный этап развития промышленности, характеризуемый концепцией Индустрии 4.0, предполагает активное внедрение интеллектуальных методов обработки данных для обеспечения надежности сложного оборудования. Традиционные подходы к диагностике, основанные на сравнении измеряемых параметров с фиксированными порогами, часто не позволяют выявить скрытые дефекты на ранней стадии их развития. В этой связи все большее внимание исследователей привлекают методы машинного обучения, способные обнаруживать сложные нелинейные зависимости в данных мониторинга и прогнозировать момент наступления отказа.

В зависимости от характера обучающих данных и постановки задачи методы машинного обучения, используемые в диагностике, можно разделить на три крупные категории.

1. Методы обучения с учителем - методы машинного обучения, при которых модель учится решать задачу, опираясь на примеры с уже известными ответами. Для обучения используется заранее подготовленный набор данных, где каждому примеру соответствует правильный ответ - метка. Это может быть класс объекта, числовое значение или другая характеристика. Такие данные называют размеченными. Именно они играют роль «учителя» - подсказывают алгоритму, какие закономерности стоит искать. Данная группа методов применяется в тех случаях, когда в распоряжении имеются размеченные данные, то есть известны как диагностические признаки, так и соответствующие им состояния системы (исправна/неисправна) или значения остаточного ресурса. Наиболее популярными методами данной категории являются метод опорных векторов и градиентный бустинг.

2. Методы обучения без учителя - методы машинного обучения, при которых система получает неразмеченные данные и самостоятельно выявляет на их внутренние закономерности. В отличие от обучения с учителем здесь отсутствуют «правильные ответы», по которым модель могла бы корректировать свои прогнозы. Эти методы незаменимы в ситуациях, когда данные об отказах отсутствуют или крайне редки, что типично для реальной эксплуатации ответственного оборудования. Основная задача - обнаружение аномалий (отклонений от нормального поведения). Наиболее популярными методами данной категории являются кластеризация и автоэнкодеры.

3. Глубокое обучение. Методы на основе глубоких нейронных сетей позволяют автоматически извлекать иерархические признаки из сырых данных (например, из вибрационных сигналов или временных рядов), минуя этап ручного конструирования признаков. Наиболее популярными в данной категории являются сверточные и рекуррентные нейронные сети.

Применение методов машинного обучения открывает новые возможности для диагностики: автоматическое выявление скрытых закономерностей, адаптация к изменяющимся условиям эксплуатации, возможность обработки больших объемов данных в реальном времени. Однако существует и ряд серьезных ограничений. Во-первых, для обучения качественных моделей, особенно глубоких сетей, требуются большие размеченные выборки данных об отказах, которые в реальности часто недоступны. Во-вторых, многие модели, особенно нейросетевые, остаются "черным ящиком" - их решения трудно интерпретировать, что снижает доверие со стороны персонала. В-третьих, существует проблема переносимости: модель, обученная на одном агрегате, может плохо работать на другом, даже однотипном, оборудовании.

УДК 517.928.7

Панин М.С.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИНВАРИАНТНЫХ МНОЖЕСТВ  
В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ. ОБЩИЙ ПОДХОД**

Институт радиоэлектроники и информационных технологий  
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях цифровизации промышленности (Индустрия 4.0) прогнозирование технического состояния сложных систем приобретает ключевую роль для минимизации простоев и повышения надежности. Обеспечение безотказной работы сложных технических систем (авиационные двигатели, энергетические установки,

станочное оборудование) требует разработки эффективных методов раннего обнаружения дефектов. Традиционные подходы, основанные на сравнении текущих параметров с фиксированными допусками, часто не учитывают динамику развития процесса во времени, шумы и взаимное влияние параметров. Это приводит либо к ложным срабатываниям, либо к пропуску опасных состояний. Перспективным направлением является использование аппарата теории инвариантных множеств, позволяющего учитывать динамику системы в условиях неопределенности.

Предлагаемый подход основан на переходе от контроля отдельных параметров к контролю области их совместного существования. Для исправной технической системы характерно, что её вектор состояния (совокупность всех измеряемых параметров) всегда находится внутри некоторой характерной области, называемой инвариантным множеством. Это множество можно представить, как «облако» допустимых состояний.

Пока текущее состояние системы находится внутри этого «облака», поведение считается нормальным. Приближение вектора состояния к границе множества свидетельствует о развитии дефектов. Выход за границу означает переход системы в нештатный или аварийный режим.

Главным отличием данного метода от классических допусковых методов является учет динамики взаимосвязей между параметрами. Например, рост температуры и вибрации по отдельности могут укладываться в установленные нормативно-технической документацией допуски и не вызывают срабатывания сигнализации, но совместный вектор «температура-вибрация» может выйти за границы допустимого инвариантного множества, что сигнализирует о скрытом дефекте. Именно факт выхода совместного вектора за границы инвариантного множества позволяет зафиксировать скрытое нарушение технологического процесса, которое при использовании устаревших методик осталось бы незамеченным.

УДК 519.237.3

Панин М.С.

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ**

Институт радиоэлектроники и информационных технологий  
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современные тенденции развития техники характеризуются неуклонным ростом сложности оборудования, повышением требований к его безопасности и экономической эффективности эксплуатации. В этих

условиях особую актуальность приобретают задачи своевременного обнаружения развивающихся дефектов и прогнозирования остаточного ресурса узлов и агрегатов. Среди множества подходов к решению данных задач важное место занимают статистические методы, опирающиеся на анализ накопленных данных мониторинга и математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.

В инженерной практике наибольшее распространение получили следующие группы статистических методов прогнозирования.

1. Регрессионный анализ - это статистический метод, позволяющий исследовать связь переменных. Основная цель регрессионного анализа - предсказать значение одной переменной (зависимой переменной, или отклика) на основе одной или нескольких других переменных (независимых переменных, или предикторов). При этом регрессионный анализ помогает выявить, насколько тесно эти переменные связаны и как одна из них влияет на другую. Достоинством метода является его простота, наглядность и малая вычислительная трудоемкость. Недостатком - низкая точность при нелинейных процессах деградации и высокая чувствительность к случайным выбросам исходных данных.

2. Авторегрессионные модели. Эти модели описывают текущее значение параметра как линейную комбинацию его предыдущих значений и случайных возмущений. Вместо того чтобы опираться на внешние факторы, модель использует внутреннюю динамику самого ряда. Данные методы хорошо зарекомендовали себя при прогнозировании вибрационных процессов и параметров, изменяющихся с относительно небольшой скоростью.

3. Метод экспоненциального сглаживания - это метод прогнозирования данных на основе прогноза для предыдущего периода, скорректированного с учетом погрешностей в этом прогнозе. Данный метод прогнозирования используется в тех случаях, когда последние значения ряда динамики заметно превосходят первые его значения.

Статистические методы прогнозирования являются важным и широко используемым инструментом обеспечения надежности технических систем. Они эффективны на этапах сбора и первичного анализа диагностической информации, а также при решении задач краткосрочного прогнозирования. Однако выявленные ограничения, связанные с одномерным характером анализа большинства методов и жесткими требованиями к свойствам исходных временных рядов, обуславливают необходимость осторожного применения статистических подходов для сложных динамических объектов.

Поляков Д.А., Диков В.А.

## **ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ УСТАНОВОК ДЛЯ ВАКУУМНОГО НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Вакуумное нанесение тонких плёнок является одним из ключевых технологических процессов в современной микро- и оптоэлектронике. Тонкоплёночные покрытия обеспечивают необходимые электрические, оптические и механические свойства изделий, а также влияют на их надёжность и долговечность [1].

Установки для вакуумного напыления представляют собой сложные технологические системы, включающие вакуумную камеру, источники напыления, системы откачки, подложкодержатели и контрольно-измерительное оборудование. Их конструкция и принцип работы зависят от применяемого метода осаждения и требований к качеству формируемых покрытий [2].

В ходе работы проведён анализ основных типов установок и методов нанесения тонких плёнок. Установлено, что эффективность работы оборудования определяется рядом факторов:

1. Типы установок. Лабораторные установки обладают высокой гибкостью и применяются для исследований, тогда как промышленные системы обеспечивают высокую производительность и стабильность параметров за счёт автоматизации и использования шлюзовых камер [2].
2. Методы нанесения. Существуют различные методы формирования покрытий: термическое испарение, магнетронное и ионно-лучевое распыление, электронно-лучевое испарение, а также эпитаксиальные процессы [3]. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения и выбирается в зависимости от свойств материала и требований к плёнке.
3. Качество вакуума. Работа установок осуществляется в условиях высокого и сверхвысокого вакуума. Снижение давления до значений порядка  $10^{-5}$ – $10^{-11}$  мбар позволяет уменьшить загрязнение плёнок и повысить их однородность [3].
4. Конструкция оборудования. Наибольшую эффективность демонстрируют установки, оснащённые электронно-лучевыми источниками, многопозиционными тиглями и системами контроля толщины, что позволяет получать покрытия высокой плотности и чистоты [3].

5. Эксплуатационные факторы. Загрязнение вакуумной среды, утечки и десорбция газов со стенок камеры приводят к ухудшению свойств покрытий, снижению адгезии и ресурса оборудования [1].

Таким образом, повышение качества тонкоплёночных покрытий достигается за счёт оптимального выбора метода напыления, совершенствования конструкции установок и обеспечения стабильных условий вакуума.

### Библиографический список

1. Андреев В.М., Шубин А.В. Физика тонкоплёночных материалов. М., 2014.
2. Братковский А.М. Тонкие плёнки в микроэлектронике. М., 2012.
3. Румянцев В.Д. Электронно-лучевые технологии. М., 2014.

УДК 621.56/57 : 536.24

Прокофьев Е.Д.<sup>1</sup>, Кропылёва С.И.<sup>2</sup>, Малочкина Ю.А.<sup>2</sup>, Жарова Т.В.<sup>3</sup>  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СПИРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ТЕПЛООБМЕННОЙ РУБАШКИ**

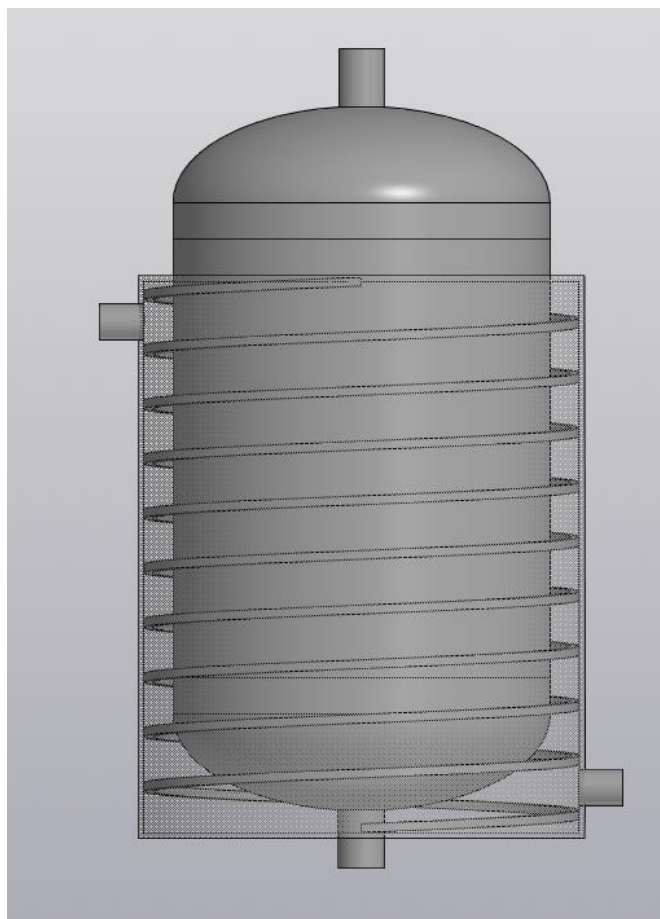
<sup>1</sup>МБОУ «СШ № 37», <sup>2</sup>МБОУ «Средняя школа № 18», г. Дзержинск,  
<sup>3</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современной химической и энергетической промышленности широко используются реакторы с теплообменными рубашками. Эффективность отвода тепла от реактора определяет производительность оборудования и безопасность технологического процесса. Одним из перспективных направлений интенсификации теплообмена является создание внутри рубашки спиральных направляющих элементов, которые заставляют теплоноситель двигаться по винтовой траектории. Такое конструктивное решение способствует разрушению пристеночного слоя жидкости, возникновению вторичных вихрей и, как следствие, увеличению коэффициента теплоотдачи. Вид конструкции представлен на рисунке. Однако такое решение вызывает увеличение гидравлического сопротивления, поэтому актуальной задачей является поиск оптимальных геометрических параметров спирального канала.

Расчёт необходимой площади теплообмена выполнялся по основному уравнению теплопередачи:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta T$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи,  $F$  - площадь теплообмена,  $\Delta T$  - средний температурный напор.



**Рис. Конструкция реактора с рубашкой**

Для визуализации процессов, происходящих в рубашке, было выполнено численное моделирование. Закрученная траектория движения способствует более равномерному прогреву жидкости и предотвращает образование застойных зон, а спираль добавляет дополнительную поверхность для теплообмена.

Таким образом, в ходе выполнения проекта была разработана конструкция спиральной теплообменной рубашки, определены её оптимальные геометрические параметры, выполнена 3D-модель, пригодная для печати на 3D-принтере, и проведено численное моделирование процессов теплообмена. Полученные результаты подтверждают эффективность применения спиральных каналов для интенсификации теплообмена.

### **Библиографический список**

1. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2002. 400 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. 576 с.

3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.

УДК 662.769.21

Сагин Н.В., Коршунов А.М., Кузнецов С.О., Малыгин А.Л.  
**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ГРУЗОВОГО  
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

На пространстве Евразийского экономического союза (ЕАЭС) водородная тема пока находится на начальной стадии - стадии осмысления и планирования.

Несмотря на провал легкового сегмента, аналитики сохраняют оптимизм в отношении рынка в целом - прежде всего за счет грузового транспорта.

В январе 2026 года Коллегия ЕЭК выпустила рекомендацию «О развитии сотрудничества в сфере производства водородного транспорта». Это первый документ, который определяет направления работы для стран-участниц (Россия, Беларусь, Казахстан и др.) [1].

В сфере тяжелого коммерческого транспорта предлагается:

- стимулировать разработку комплектующих и создание опытных образцов;
- развивать цепочки поставок водорода и заправочной инфраструктуры;
- создавать совместные производства и «евразийские центры водородных компетенций»;
- формировать транспортные коридоры с водородными заправками, но лишь «при достижении достаточной технологической и экономической зрелости водородных технологий».

Таким образом, в ЕАЭС пока создается «фундамент» для будущего развития, без конкретных обязательств или сроков, но с пониманием необходимости кооперации в этой сфере.

По данным Mordor Intelligence, мировой рынок водородных автомобилей вырастет к 2031 году. Среднегодовой темп роста (CAGR) составит впечатляющие 43,49 %. Основным драйвером станет Азиатско-Тихоокеанский регион (Китай, Япония, Корея) и сегмент коммерческого транспорта.

Другое исследование (HTF Market Intelligence) также прогнозирует высокий интерес к водороду в сфере логистики, автобусных парков и муниципальных служб, где возможен быстрый переход целых парков на экологичный транспорт благодаря централизованным заправкам [2].

Итоги и перспективы.

– Грузовики и автобусы - главный полигон для водорода. Здесь технология уже в 2026 - 2027 годах перейдет в стадию реальной коммерческой эксплуатации.

– Инфраструктура для грузового транспорта будет развиваться вдоль ключевых транспортных коридоров.

– Россия и ЕАЭС находятся в самом начале пути, создавая нормативную базу. Пилотные проекты - водородные автобусы в крупных городах или техника на грузовых станциях и портах.

Примером развития водородной энергетики в России может служить соглашение о сотрудничестве крупнейшего российского производителя тяжелых грузовых автомобилей ПАО «КАМАЗ» и Центра водородных технологий АФК «Система» [3].

Научно-технологическое партнерство двух корпораций предполагает создание серии изделий на водородном топливе.

В рамках Международной конференции по водородной энергетике, состоявшейся в Москве, компании представили совместную разработку - грузовик КАМАЗ-53193 «Чистогор» с силовой установкой на водороде.

### **Библиографический список**

1. Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 27 января 2026 г. N 1 "О развитии сотрудничества государств – членов Евразийского экономического союза в сфере производства водородного транспорта" // Официальный сайт Евразийского экономического союза. – URL: <https://www.alta.ru/tamdoc/26rk0001/> (дата обращения: 09.03.2026).

2. Daimler представил водородный грузовик Mercedes-Benz NextGenH2 с запасом хода 1 тыс. км // АТИ, Центр: Система грузоперевозок: новости. – 2026. – 28 января. – URL: <https://news.ati.su/news/2026/01/28/daimler-predstavil-vodorodnyj-gruzovik-mercedes-benz-nextgenh2-s-zapasom-hoda-1-tys-km-430811/> (дата обращения: 09.03.2026).

3. ПАО «КАМАЗ» и АФК «Система» представили прототип грузовика на водороде // ПАО «КАМАЗ»: официальный сайт. – 2024. – 25 октября. – URL: [https://kamaz.ru/press/releases/pao\\_kamaz\\_i\\_afk\\_sistema\\_predstavili\\_prototip\\_gruzovika\\_na\\_vodorode/](https://kamaz.ru/press/releases/pao_kamaz_i_afk_sistema_predstavili_prototip_gruzovika_na_vodorode/) (дата обращения: 09.03.2026).

УДК 681.5.017

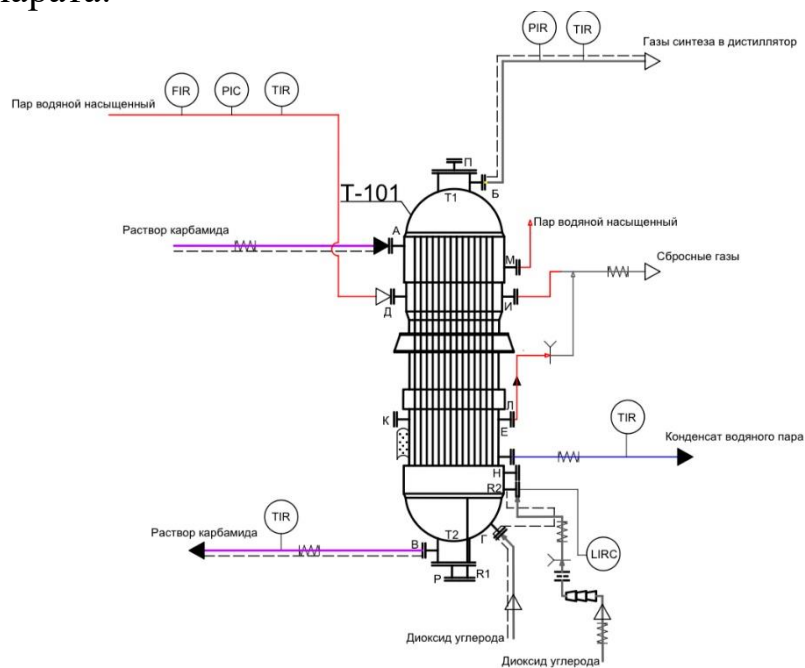
Смирнова А.С., Кечкина Н.И.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СТРИППЕРА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Стриппер поз. Т-101 представляет собой вертикальный кожухотрубчатый теплообменный аппарат пленочного типа.

Технологический аппарат представлен на рисунке. В верхней части стриппера имеется распределительное устройство, обеспечивающее пленочный характер движения жидкости по трубкам. Стриппер работает по принципу противотока: раствор карбамида тонкой пленкой стекает по трубкам вниз, а газовая фаза по трубкам поднимается снизу-вверх [1]. Используется принцип стриппингования. В нижней камере стриппера предусмотрено устройство для ввода и равномерного распределения стриппинг-агента ( $\text{CO}_2$ ). Диоксид углерода подается в нижнюю часть стриппера и поднимается вверх навстречу стекающей пленке плава из реактора синтеза, способствуя понижению температуры раствора на выходе из аппарата.



**Рис. Принципиальная схема объекта**

При стекании плава по трубкам за счет массообмена с восходящими газами и тепла конденсации насыщенного пара с давлением (1,9...2,1) МПа, подаваемого в межтрубное пространство, при температуре (185...200) °С происходит разложение карбамата аммония в токе свежей двуокиси углерода на аммиак и диоксид углерода.

В стриппере осуществляется разделение продукта на части для очистки раствора от нежелательных примесей.

Целью функционирования объекта является получение раствора карбамида с температурой  $T_1$ , очищенного от различных примесей.

Исходя из цели функционирования, основной переменной состояния является температура раствора на выходе из аппарата  $T-101$ .

Входные переменные или параметры, влияющие на состояние технологического процесса: концентрация раствора карбамида,

подаваемого в аппарат *T-101*, т. к. от нее зависит количество образующегося продукта.

При установившемся режиме работы объекта расходы входящего и выходящего потоков численно равны и не меняются в процессе функционирования стриппера, т. е. не являются переменными.

Ограничения на переменные, исходя из требований к качеству продукта и условий безопасного ведения процесса, представлены в таблице.

**Таблица. Регламентные ограничения на показатели процесса и на технологические параметры**

Наименование Показателя	Минимально допустимое значение	Максимально допустимое значение
Температура в межтрубном пространстве	185 °С	200 °С
Температура в нижней части стриппера	195 °С	200 °С
Температура в верхней части стриппера	185 °С	190 °С
Давление в межтрубном пространстве	0,45 МПа	0,45 МПа

### **Библиографический список**

1. Баранова, Н.И. Анализ технологического процесса производства карбамида как объекта управления / Н.И. Баранова // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - № 6.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10993> (дата обращения: 13.03.2026).

УДК 681.5.017

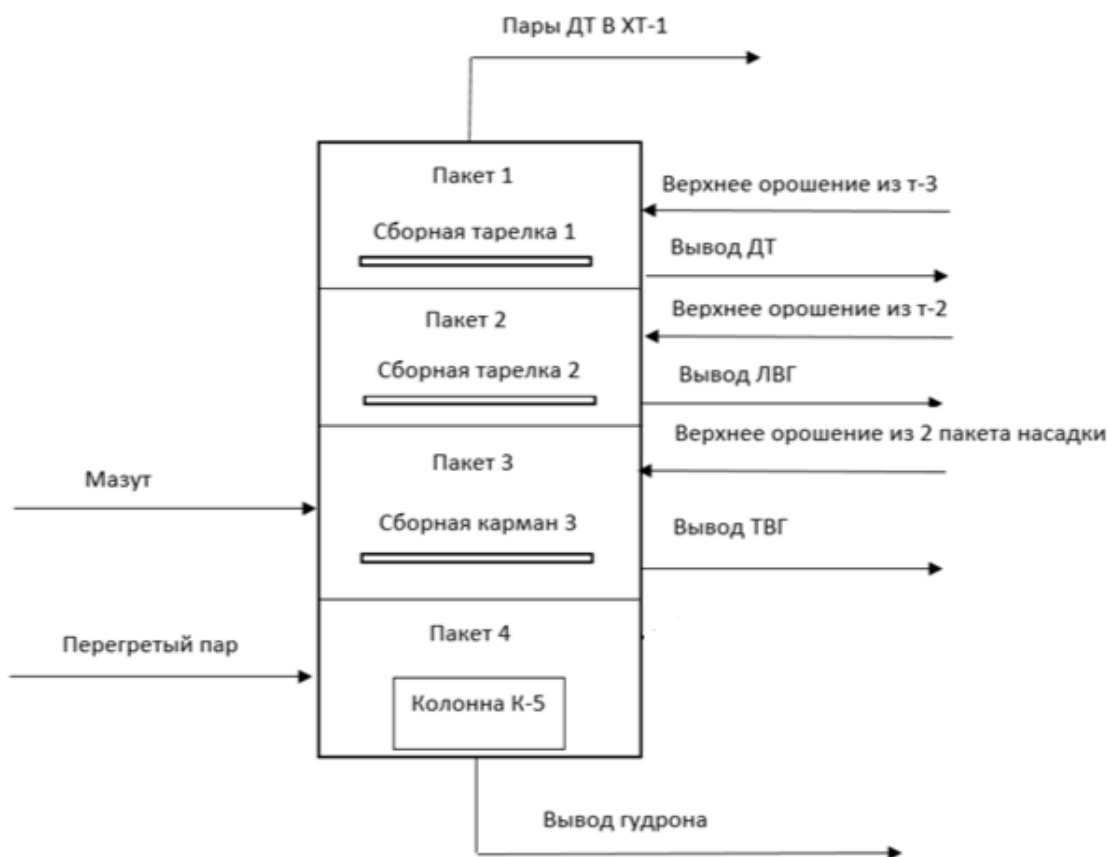
Соснин А.Ю., Кечкина Н.И.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ МАЗУТА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Работа посвящена проектированию системы автоматизации стадии производства дизельного топлива, легкого и тяжелого газойля, а также гудрона на установке вакуумной перегонки мазута. Основным аппаратом, на котором производится вакуумная перегонка мазута, является колонна К- 5 (рис.).

Колонна К-5 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, работающий под вакуумом. Внутри колонны установлены четыре пакета насадки, которые обеспечивают контакт между поднимающимися парами и стекающей жидкостью. В верхней части колонны предусмотрен шлемовый трубопровод для отвода паров в конденсатор ХТ-1. Колонна оснащена сборными тарелками после каждого пакета насадки для сбора и вывода соответствующих фракций, а также линиями ввода циркуляционных орошений (верхнего, нижнего). В нижней части колонны организован вывод остаточного продукта – гудрона.



**Рис. Принципиальная схема объекта**

Назначение вакуумной колонны К-5 – разделение мазута на целевые фракции (дизельное топливо, легкий и тяжелый вакуумные газойли) и остаточный продукт – гудрон.

Цель функционирования объекта: получение фракций углеводородов в заданном количестве и требуемого качества путем обеспечения оптимального гидравлического и температурного режима в колонне.

В колонне К-5 происходит процесс ректификации мазута. Мазут, нагретый в печи П-1/4 до температуры 380 - 395 °С, поступает в нижнюю часть колонны. За счет глубокого вакуума (остаточное давление 40 - 80 мм.рт.ст.), создаваемого конденсаторами и эжекторами, тяжелые углеводороды мазута испаряются при пониженных температурах. Пары поднимаются по колонне, проходя через пакеты насадки, где происходит

тепло- и массообмен с флегмой. В результате этого процесса пары обогащаются легкокипящими компонентами, а жидкость – тяжелыми.

В колонне происходит разделение мазута на следующие фракции: дизельное топливо (фракция 280 – 350 °С) – отводится со сборной тарелки 1-го пакета насадки; легкий вакуумный газойль (ЛВГ) (фракция 350 – 450 °С) – отводится со сборной тарелки 2-го пакета насадки; тяжелый вакуумный газойль (ТВГ) (фракция 450 – 550 °С) – отводится из кармана 3-го пакета насадки; гудрон (остаток > 450 °С) – выводится с низа колонны. Для регулирования температурного профиля по высоте колонны используются циркуляционные орошения, которые отводят тепло и возвращают охлажденную жидкость обратно в колонну.

Колонны являются многопараметрическими аппаратами, протекающие массо- и теплообменные процессы в которых разнообразны и существенно различны по зонам (высоте) колонны. Для рассматриваемого объекта выделяют как управляемые, так и неуправляемые технологические переменные (параметры), оказывающие влияние на протекание процесса. Эти переменные определяют режимы и качество работы химико-технологического оборудования процесса, а также точность реализации технологического регламента производства и его технико-экономические показатели.

УДК 681.5.017

Стрюков А.С., Попов А.А.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПАРИТЕЛЕМ В ПРОЦЕССЕ ОТПАРКИ КИСЛОЙ ВОДЫ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Актуальность модернизации системы управления испарителем в процессе отпарки кислой воды связана с необходимостью повышения конкурентоспособности продукции при соблюдении экологических норм. Разработка и внедрение установок по очистке выбросов позволяют решить проблемы повышения безопасности технологического процесса, улучшения качества очистки выбросов и условий труда. Более глубокое изучение «узких» мест процесса позволяет снизить расход энергетических и материальных ресурсов.

Объектом управления является испаритель, входящий в состав секции 3000 отпарки кислой воды на установке по получению элементарной серы и серной кислоты ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез». Секция предназначена для извлечения сероводорода и аммиака из кислой воды, поступающей с установок

гидроочисток, висбрекинга гудрона и каталитического крекинга. Номинальная мощность секции по сырью составляет 1162 тыс. т/год.

Кислая вода, нагретая в теплообменниках «вода–вода», поступает на 10-ю тарелку отпарной колонны. Обогрев колонны осуществляется за счет конденсации пара давлением 0,4 МПа в испарителях. Выделившиеся пары сероводорода, аммиака и воды направляются на переработку в элементарную серу, а отпаренная вода после охлаждения выводится с установки.

Рассматриваемый технологический процесс является непрерывным. Главной задачей автоматизации является стабилизация технологических параметров, в частности температуры в испарителе. Управляющими воздействиями являются расходы пара, конденсата, кислой воды и кислого пара; возмущающими воздействиями – изменение расхода и температуры входных потоков.

В результате математического моделирования объекта и исследования его статических и динамических характеристик получено математическое описание в виде передаточной функции апериодического звена 2-го порядка.

Установлено, что применение ПИ-алгоритма регулирования не дает в полной мере возможность сглаживать колебания температуры при изменении возмущений.

Для повышения эффективности работы испарителя предлагается внедрение комбинированной структуры системы управления.

УДК 620.172.242

Телегин К.М., Суханов Д.Е., Демченко О.А.,

**РАЗРЫВНАЯ МАШИНА HS-UT-5PC**

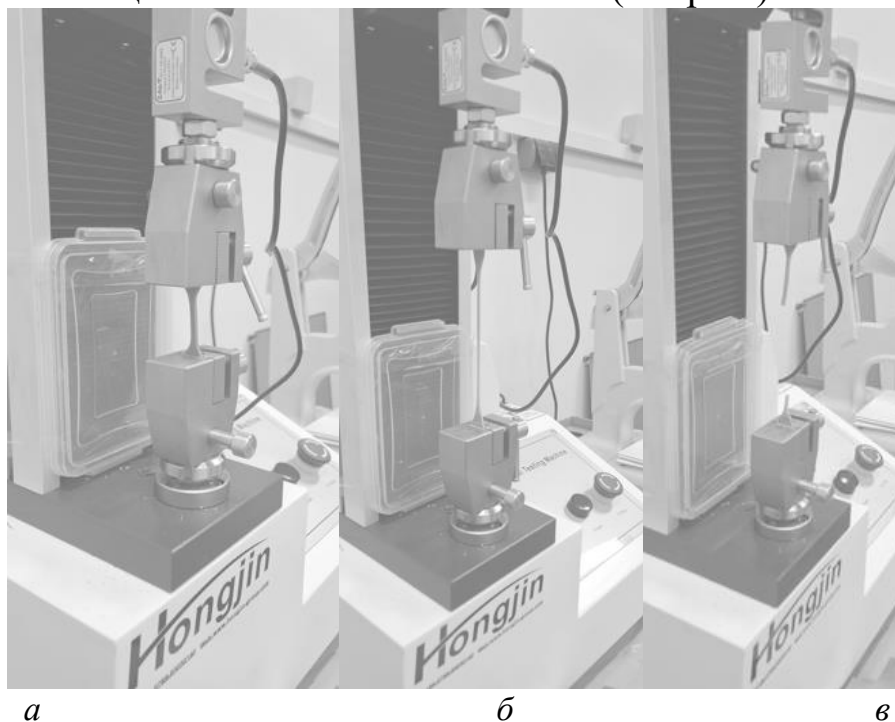
**ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

На базе ДПИ НГТУ им. Р.Е. Алексеева создан опытно-конструкторский центр (ОКЦ), где наряду с разработкой нового технологического оборудования проводятся исследования показателей прочности различных конструкционных материалов – металлов и их сплавов, пластиков и композиционных материалов.

Основной прочностной характеристикой любого конструкционного материала является его предел прочности. Он определяется в ходе испытаний материалов на разрыв. Для проведения испытаний конструкционных материалов на разрыв обычно используются специальные разрывные машины. В лаборатории испытаний полимерных материалов ОКЦ ДПИ НГТУ для этих задач используется одностоечная

разрывная машина Universal Testing Machine Hongjin HS-UT-5PC. Машина предназначена для испытания образцов из полимерных материалов, создает максимальное усилие 5000 Н. Для закрепления образцов используются специальные винтовые захваты (см. рис.).



**Рис. Испытания прочности образца:**

*a* - закрепление образца в захватах машины; *б* - растяжение образца; *в* - разрыв образца

Применение данной машины существенно расширяет исследовательские возможности ОКЦ, так как позволяет более гибко подходить к организации работ, практически «на ходу» производя определение необходимых характеристик конструкционных материалов.

УДК 621.56/57 : 66.021.3

Тутанина Е.М., Сидягин А.А., Жарова Т.В., Степыкин А.В.

### **СРАВНЕНИЕ МОКРЫХ И СУХИХ ГРАДИРЕН**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Градирни являются ключевым элементом систем охлаждения в энергетике и промышленности, обеспечивая отвод тепла в окружающую среду. Наиболее распространены мокрые и сухие градирни, различающиеся принципом работы, эффективностью и ресурсными затратами: первые используют испарительное охлаждение, вторые — теплообмен через поверхность без расхода воды. В современных условиях, характеризующихся ужесточением экологических требований и ограниченностью водных ресурсов, выбор типа градирни приобретает особую актуальность.

Существующие подходы к сравнению, как правило, ограничиваются сопоставлением отдельных показателей и не учитывают альтернативные конфигурации систем охлаждения. В связи с этим в работе, наряду с традиционными решениями, рассматриваются гибридные градирни как перспективное направление, обеспечивающее компромисс между энергопотреблением и расходом воды.

**Мокрые градирни** работают на основе испарительного охлаждения воды при её контакте с воздушным потоком. За счёт использования скрытой теплоты парообразования достигается высокая эффективность охлаждения, позволяющая снижать температуру воды ниже температуры окружающего воздуха. Однако их эксплуатация связана с существенным расходом воды, необходимостью химической обработки и риском биологического загрязнения, включая развитие легионеллёз.

**Сухие градирни** осуществляют теплоотвод через поверхность теплообменника без непосредственного контакта воды с воздухом. Охлаждение происходит за счёт конвективного теплообмена, что исключает потери воды и упрощает эксплуатацию. Вместе с тем эффективность таких систем ограничена температурой окружающего воздуха, что приводит к росту энергопотребления, особенно в тёплый период.

**Гибридные градирни** представляют собой комбинированные системы, сочетающие элементы сухого и испарительного охлаждения. В зависимости от условий эксплуатации они могут работать как в сухом режиме, так и с использованием орошения теплообменной поверхности при повышенных тепловых нагрузках или высоких температурах воздуха. Такой подход позволяет существенно снизить водопотребление по сравнению с мокрыми градирнями при сохранении высокой эффективности охлаждения, что делает гибридные решения перспективными в условиях ограниченных водных ресурсов и переменных климатических параметров.

В работе проведён сравнительный анализ мокрых, сухих и гибридных градирен по основным эксплуатационным и технико-экономическим показателям. Показано, что мокрые градирни обеспечивают наибольшую эффективность охлаждения, но сопровождаются значительным расходом воды и дополнительными эксплуатационными ограничениями, тогда как сухие градирни характеризуются минимальным водопотреблением при более высоких энергетических затратах и зависимости от температурных условий. Установлено, что гибридные градирни представляют собой эффективное компромиссное решение, позволяющее сочетать преимущества двух

подходов за счёт адаптации режима работы к внешним условиям и нагрузке.

**Таблица. Сравнительные характеристики различных типов градирен**

<b>Параметр</b>	<b>Мокрые градирни</b>	<b>Сухие градирни</b>	<b>Гибридные градирни</b>
Эффективность охлаждения	$\Delta T$ воды 10–15 °С	$\Delta T$ воды 5–8 °С	$\Delta T$ воды 8–12 °С
Расход воды	2–5 л/кВт·ч	Отсутствует	0.5–1 л/кВт·ч
Энергопотребление (вентиляторы)	1–2 % от тепловой нагрузки	3–5 % от тепловой нагрузки	2–3 % от тепловой нагрузки
Зависимость от климата	$\Delta T$ воздуха до 10 °С без потери эффективности	$\Delta T$ воздуха до 5 °С без потери эффективности	$\Delta T$ воздуха до 7 °С без потери эффективности
Эксплуатация	Требуется химводоочистка, регулярная проверка	Простая, минимальное обслуживание	Средняя, комбинированные режимы обслуживания

Таким образом, выбор типа градирни должен осуществляться с учётом климатических факторов, доступности водных ресурсов и требований к энергоэффективности. Полученные результаты подтверждают перспективность применения гибридных систем охлаждения, особенно в условиях ограниченного водопользования и переменных режимов эксплуатации.

#### **Библиографический список**

1. Лаптев А.Г., Ведьгаева И.А. // Устройство и расчет промышленных градирен: Монография. Казань: КГЭУ, 2004. – 180 с.

УДК 681.5.017

Ушаков И.И., Попов А.А.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЗЛА СИНТЕЗА КАРБАМИДА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На текущий момент повышение эффективности производства карбамида напрямую связано с совершенствованием узлов синтеза и внедрением современных систем управления технологическими процессами. Узел синтеза является ключевым элементом установки, так как в нем протекают основные химические реакции, определяющие выход и качество готового продукта. Поддержание оптимальных

технологических параметров позволяет обеспечить стабильность процесса и снизить энергетические затраты.

В узле синтеза смесь аммиака с карбаматом аммония, подаваемая от эжектора высокого давления, поступает в нижнюю часть реактора синтеза. В качестве рабочего потока используется жидкий аммиак от насосов высокого давления, а также подается основная часть свежего диоксида углерода после узла компрессии. В реакторе при давлении (14,0–15,0) МПа и температуре (170–190) °С протекают реакции образования карбамата аммония. Тепло, выделяющееся в первой реакции, частично используется во второй.

Газожидкостная смесь из реактора направляется в сепаратор высокого давления, где происходит разделение на жидкую и газовую фазы. Жидкая фаза поступает в стриппер, а газовая — в смеситель. Поддержание давления в узле осуществляется за счет изменения расхода на линиях газовой фазы. Уровень в сепараторе регулируется расходом потока отвода раствора карбамида.

Важным условием протекания процесса является поддержание соотношения потоком диоксида углерода в верхнюю и нижнюю части реактора.

Для повышения эффективности работы узла синтеза предлагается проведение параметрической оптимизации контура регулирования соотношения потоков. Предлагается внедрение ПИД-алгоритма с настройками, полученными методом расширенных амплитудно-фазовых характеристик.

Данное решение позволит повысить быстродействие контура регулирования, что приведет к повышению эффективности работы узла синтеза, выражающегося в повышении выхода карбамида, снижения энергозатрат при обеспечении безопасности процесса.

УДК 656.138

Филипенко Р.С., Никандров И.С., Малыгин А.Л., Афонин Н.С.  
**СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА  
В ПРОЦЕССЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При страховании, продаже, сдаче в ремонт, в залог необходимо вести оценку транспортного средства (ТС) на данный момент.

Физическое состояние ТС определяется как интенсивностью эксплуатации, так и системностью его технического обслуживания.

По величине среднего годового пробега ТС можно разделить на три группы: 1- пенсионно-дачные ТС; 2- служебные; 3- транспортно-технологические.

Для ТС первой группы характерен среднегодовой пробег 2000 - 6000 км/год, для второй группы 10000 - 20000 км/год и для ТС третьей группы 50000 - 150000 км/год (табл.).

**Таблица. Группы, среднегодовой пробег, вид функции износа ТС**

Группа	Категория ТС	Пробег, км/год	Вид функции износа, $f$
1	M1, N1, O1	2000 - 6000	$f = 0,07T\phi + 0,00035L\phi$
2	M1, N2, O2	10000 - 20000	$f = 0,04T\phi + 0,0001L\phi$
3	M2, M3, N2, N3, O3	100000 - 150000	$f = 0,08T\phi + 0,00003L\phi$ $f = 0,1T\phi + 0,00002L\phi$

Стоимость ТС на момент оценки определяется в % от текущей рыночной стоимости нового ТС данного типа по уравнению:

$$S_x = 100(1 - e^{-f}),$$

где  $f$  - функция износа, зависящая от срока эксплуатации ТС с момента выпуска ( $T\phi$ , лет) и его среднегодового пробега ( $L\phi$ , км/год).

Введение принятой Государственной Думой надбавки в размере ~400000 рублей на затраты, связанные со стоимостью работ по разработке изношенного ТС, совершенно не обоснованы и служат только защитой интересов корпоративного круга.

Таким образом, цена ТС на вторичном рынке ( $Z_6$ ) равна стоимости нового ТС данного типа ( $Z_0$ ) умноженной на величину остаточного ресурса работоспособности ТС, равную ( $0,01S_x$ ):

$$Z_6 = Z_0(0,01 \cdot S_x).$$

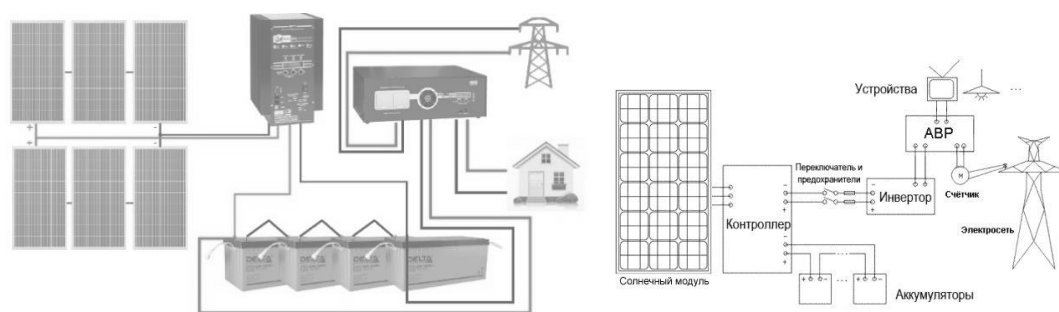
УДК 621.314.572

Хлытин А.В., Жаринов И.В.

## **ПРОБЛЕМЫ ВСТРАИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современной мировой энергетике происходит активный переход от централизованных электростанций на ископаемом топливе к децентрализованным сетям на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Проблема заключается уже не в производстве электроэнергии, а в надежной интеграции переменной генерации в сеть для обеспечения бесперебойного питания потребителей [1].



**Рис. Схема подключения солнечной электростанции к потребителю и энергосистеме**

Для борьбы с нестабильностью, вызванной низкой инерционностью сетей и перепадами генерации, существует несколько основных путей решения [2].

1. Применение устройств гибкой передачи переменного тока. Это семейство силовых электронных устройств, включающее статические компенсаторы и регулируемые последовательные конденсаторы. Они эффективно повышают и регулируют реактивную мощность и напряжение.

2. Применение автономных сетевых инверторов. В отличие от старых моделей, которые лишь «следуют» за сетью, эти инверторы способны активно формировать параметры системы. Они используют внутренний генератор для задания частоты и напряжения, реагируя на дисбаланс за микросекунды.

3. Накопление энергии и гибкая генерация. Использование аккумуляторных систем и управление спросом позволяют поглощать избытки энергии (борьба с сокращением выработки) и быстро отдавать ее в сеть при дефиците энергии.

Наиболее перспективным и оптимальным путем является комплексное применение сетевых инверторов совместно с системами накопления энергии. Сочетание инверторов с накопителями позволяет не только стабилизировать частоту и напряжение, но и решить ситуацию, когда возникает дефицит генерируемой электроэнергии в системе.

Реализация выбранного подхода заключается во внедрении инверторов, формирующих сеть, в структуру солнечных и ветряных электростанций, а также в создании отдельных накопительных комплексов на их базе. Такие инверторы работают по принципу внутреннего синтеза напряжения. Внутренний синтез напряжения в инверторах — это процесс формирования выходного напряжения с заданными параметрами (формой, частотой, амплитудой) внутри самого инвертора. Он осуществляется за счёт управления коммутацией силовых элементов (транзисторов, тиристоров и других полупроводниковых ключей) в соответствии с определённым алгоритмом. Для координации работы всех элементов используются передовые системы управления,

позволяющие операторам отслеживать состояние сети в реальном времени.

### Библиографический список

1. Нестабильность энергосистемы: главная проблема перехода в энергетике// Elec.ru: информационно-аналитический портал. - URL: <https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/9551/> (дата обращения: 20.04.2026).

2. ВИЭ нуждаются в решительной интеграции в энергосистемы// Eprussia.ru: информационно-аналитический портал. - URL: <https://www.eprussia.ru/market-and-analytics/6651945.htm>] (дата обращения: 20.04.2026).

УДК 681.118.5

Хорьков А.А., Лазарева Е.И.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТАЙМЕРА С ПАМЯТЬЮ ДЛЯ УФ-ЛАМПЫ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных технологических процессах, связанных с фотополимеризацией, дезинфекцией и обработкой материалов, широко применяются ультрафиолетовые (УФ) лампы. Ключевым фактором эффективности их использования является точное соблюдение временных параметров облучения: недостаточная экспозиция приводит к неполному протеканию реакций, избыточная – повышает энергозатраты и может повредить обрабатываемые объекты. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка специализированных управляющих устройств – таймеров с функцией памяти, позволяющих автоматизировать процесс и обеспечить воспроизводимость результатов.

Схема электрическая принципиальная таймера с памятью представлена на рис. [1].

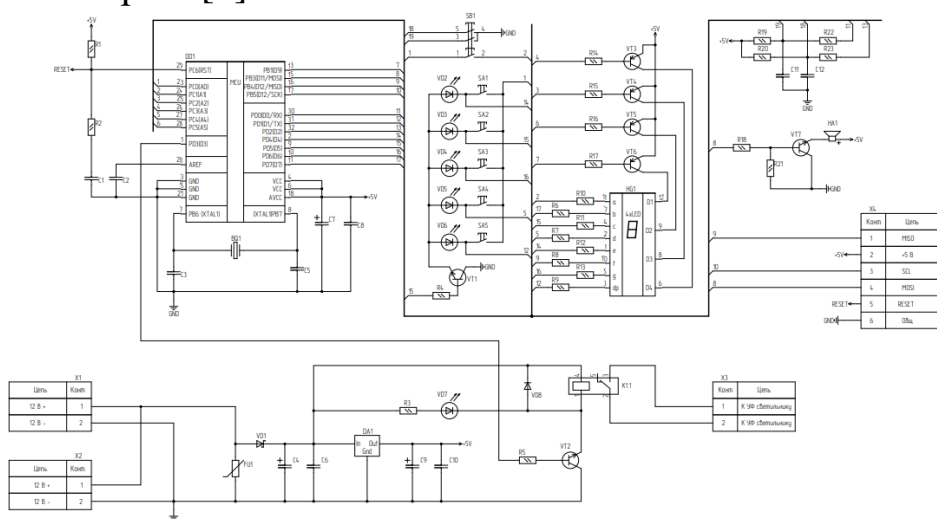


Рис. Схема электрическая принципиальная

## Библиографический список

1. Иншаков, В. Таймер с памятью для УФ-лампы / В. Иншаков // Радио. – №7. – 2019. – С. 28–33.

УДК 621.039.538

Цепилов В.Е.<sup>1</sup>, Романова Т.М.<sup>1</sup>, Балахнин И.А.<sup>2</sup>

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АЭС**

<sup>1</sup>МБОУ «Средняя школа № 20», г. Дзержинск,

<sup>2</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Атомные электростанции с каждым годом увеличивают свою долю в обеспечении постоянно растущего энергопотребления человечества. При этом они эффективнее и экономичнее тепловых, ветровых и солнечных станций. Учет аварий Чернобыля и Фукусимы привел к совершенствованию международных норм и стандартов в области ядерной безопасности.

Принцип глубокоэшелонированной защиты включает последовательные, независимые уровни предотвращения аварий. Избыточность (резервирование) означает наличие нескольких независимых каналов, физическое и функциональное разделение которых предотвращает их одновременный вывод из строя из-за одного и того же события. Каждая активная система безопасности (насосы, дизель-генераторы) дублируется трижды или четырежды. Конструкция современных реакторов характеризуется отрицательным мощностным коэффициентом – в результате при повышении мощности и температуры реактивность автоматически снижается, т. к. уменьшается эффективное сечение захвата нейтронов ядрами топлива, что подавляет цепную реакцию и стабилизирует работу без вмешательства систем управления или оператора. Система водно-химического режима предотвращает коррозию и снижает отложения первичного контура. Система внутриреакторного контроля обеспечивает непрерывное наблюдение и регулировку нейтронных и температурных полей в активной зоне. Система пассивных гидроаккумуляторов при необходимости направит избыточный теплоноситель в активную зону. Каталитические рекомбинаторы не позволяют образовываться избытку взрывоопасного водорода. Устройство локализации расплава обеспечивает прием и удержание жидкого кориума внутри корпуса устройства, исключая его взаимодействие с бетонным основанием здания реактора и попадание в грунт. Резервный пункт управления предназначен для обеспечения безопасной остановки реактора и перевода энергоблока в подкритическое

состояние в ситуации, когда доступ к основному блочному пункту управления (БПУ) по каким-либо причинам невозможен. Система АСУ ТП позволяет минимизировать влияние персонала.

Современные реакторы 4-го поколения ориентированы на замкнутый топливный цикл и сведение к минимуму объёмов радиоактивных отходов (в 60-70 раз меньше традиционных). Разрабатываются малые модульные мобильные реакторы для энергоснабжения Арктики и Дальнего Востока.

УДК 004.352.22

Чирков М.А.<sup>1</sup>, Лукьянов Д.Р.<sup>1</sup>, Панов В.В.<sup>2</sup>, Шанин И.Д.<sup>3</sup>

### **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС 3D-СКАНИРОВАНИЯ**

<sup>1</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup>МБОУ «Средняя школа № 40», <sup>3</sup>МБОУ «Средняя школа № 71», г. Дзержинск

3D-сканирование – это процесс цифрового копирования физического объекта с высокой точностью геометрических форм и поверхностей.

В нашем исследовании использовался сканер 3DMAKERPRO SEAL, работающий по технологии Blue Light (синий свет). Эта технология основана на проекции структурированного синего света на поверхность объекта. Камеры фиксируют искажения светового узора, а программное обеспечение строит точную 3D-модель. Преимущества Blue Light перед другими методами (например, белым светом или лазером) включают высокую устойчивость к внешнему освещению, меньшее шумоподавление и лучшую детализацию, особенно на сложных и текстурированных поверхностях.

Несмотря на широкое распространение 3D-сканеров, пользователи зачастую сталкиваются с нестабильным качеством сканирования, особенно при работе с объектами, имеющими сложные оптические свойства — прозрачные, глянцевые, тёмные или разноцветные поверхности. На сегодняшний день отсутствуют систематизированные и доступные рекомендации, позволяющие предсказуемо настраивать процесс сканирования под конкретные условия. Большинство инструкций ограничиваются общими советами вроде «избегайте бликов» или «обеспечьте равномерное освещение», чего недостаточно для решения практических задач. Это приводит к увеличению времени на настройку, необходимости многократных повторов процесса и, как следствие, снижению эффективности работы. Таким образом, исследование влияния конкретных факторов на качество сканирования представляет собой важный шаг к созданию научно обоснованной методики подготовки и проведения сеансов 3D-сканирования.

Целью данного исследования является всестороннее установление и анализ закономерностей влияния внешних и эксплуатационных факторов на качество 3D-скана с использованием сканера, основанного на технологии синего структурированного света.

Скорость сканирования напрямую сказывается на качестве скана. При быстром сканировании объекта программа будет выдавать ложное облако точек, а при медленном происходит наложение слоёв скана, что в конечном итоге сказывается на качестве обработанной модели.

Правильный режим сканирования не менее важен для получения качественной модели. Опытным путём мы выявили, что мелкие объекты (умещающиеся в зону наложения проекции) следует сканировать на вращающемся столе в стационарном режиме, а крупные (наложения недостаточно) - в ручном режиме. Иные варианты ухудшали качество модели или же сбивали программное обеспечение с толку.

Провели ряд опытов, при которых объект сканирования по-разному освещался, как встроенным в сканер вспомогательным оборудованием (режимы 1, 3, 5, 7, 9), так и лампой, перемещающейся вместе со сканером по окружности, радиусом 350 - 370 мм с объектом сканирования в центре вращения (табл. 1).

Результат: наиболее подходящее значение освещённости находится в промежутке от 1300 Лк до 2500.

В ходе предыдущего ряда экспериментов было замечено, что части объектов сканирования, обладающие разными цветами, по-разному захватывались сканером.

Цвет объекта существенно влияет на отражение синего света и, как следствие, на качество сканирования. Были протестированы объекты различных монохром: чёрный, красный, синий, зелёный, жёлтый, оранжевый, фиолетовый.

Результат: преобладание определённого монохрома в цвете объекта поможет определить наиболее благоприятные условия сканирования (табл. 2).

Неравномерность нанесения слоя краски при подготовке к предыдущей работе подтолкнула нас к изучению такого фактора, как прозрачность объекта.

Мы провели опыт с добавлением краски в стеклянный сосуд с водой. За полную прозрачность была принята степень освещённости через чистую воду, за полную непрозрачность приняли отсутствие освещённости (близкое к 0 значение освещённости светочувствительного элемента, находящегося за сосудом), и методом интерполяции рассчитали прозрачность объекта в каждом изученном случае (табл. 3).

**Таблица 1. Результаты тестирования при различной освещенности**

Режимы освещения	1	3	5	7	9	9 + доп. освещение	9 + доп. освещение	9 + доп. освещение
Освещенность	125 лк	250 лк	430 лк	640 лк	1300 лк	1500 лк	2500 лк	5000 лк
Результат	Объект не считывается	Объект отображается, но скан не идет	Скан идет, вероятно потеря считываемости	Приемлемое качество. Риск разброса точек высокой	Хорошее качество	Отличное качество	Хорошее качество. Появляется пересвет	Изобилие бликов, скан среднего качества

**Таблица 2. Результаты тестирования монохромных объектов**

Освещенность	250	430	640	1300	1500	2500	5000
Цвет							
Красный	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Отлично	Хорошо	Хорошо	Очень плохо
Оранжевый	-	-	Хорошо	Отлично	Хорошо	-	Очень плохо
Желтый	-	-	Хорошо	Отлично	Отлично	-	Очень плохо
Зеленый	-	-	Хорошо	Отлично	Хорошо	-	Очень плохо
Синий	-	-	Плохо	Хорошо	Плохо	Хорошо	Очень плохо
Фиолетовый	-	-	Очень плохо	Хорошо	Плохо	Хорошо	Очень плохо
Черный	Очень плохо	Очень плохо	Плохо	Хорошо	Плохо	Отлично	Очень плохо

**Таблица 3. Результаты тестирования прозрачности объектов**

Объект	Вес краски, г	Концентрация краски, гр/мл	Освещённость, лк	Прозрачность, %	Качество скана
Банка с водой	0	0	1450	100	Нет скана
Банка + 0,1 г	0,114	0,000759423	700	48,27586207	Нет скана
Банка + 0,2 г	0,228	0,001517693	44	3,034482759	Есть различимые точки
Банка + 0,3 г	0,341	0,002268177	12	0,827586207	Скан не четкий/не обрабатываемый
Банка + 0,4 г	0,452	0,00300428	7	0,482758621	Скан четкий/обрабатываемый
Банка + 0,5 г	0,566	0,003759149	2	0,137931034	
Банка + 0,6 г	0,68	0,004512875	1	0,068965517	Скан четкий, обрабатываемый
Банка + 0,7 г	0,794	0,005265461	0	0	

В ходе данной исследовательской работы мы выявили закономерность влияния внешних и эксплуатационных факторов (освещённость объекта, цвет поверхности, степень прозрачности, скорость сканирования, режим работы (ручной/стационарный)) на качество полученной модели в процессе 3D-сканирования с использованием сканера, основанного на технологии синего структурированного света (Blue Light). По полученным данным наиболее предпочтителен зелёный цвет объекта сканирования, прозрачности менее 0,5 %, освещённости в 1300 лк, ручном режиме сканирования и 300 - 450 кадров захвата.

УДК 620.178.3

Шмаров А.А., Краснов Ю.В.

### **ЛОГАРИФМИЧЕСКИЙ ЗАКОН СУММИРОВАНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При нестационарном режиме нагружения, например, при расчете на контактную усталость зубчатых передач, принят линейный закон суммирования повреждений:

$$\sum \frac{n_{i \text{ об}}}{N_i} = 1, \quad (1)$$

где  $n_{i \text{ об}}$  - общее число циклов за время действия нагрузки, при которой число циклов до разрушения равно  $N_i$ .

Данной схеме накапливающихся повреждений отвечает гамма распределение числа циклов безотказной работы, которое при большом числе повреждений приводит к нормальному закону распределения числа циклов до разрушения:

$$f(N) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_N} e^{-\frac{(N-N_0)^2}{2S_N^2}}, \quad (2)$$

где  $N$  - число циклов нагружения при данной нагрузке;  $N_0$  - число циклов до разрушения при данной нагрузке;  $S_N$  - среднее квадратичное отклонение числа циклов до разрушения.

Однако усталостные испытания приводят чаще всего к логарифмически - нормальному закону распределения числа циклов до отказа:

$$f(N) = \frac{0,4343}{\sqrt{2\pi}S_{\lg N}N} e^{-\frac{(\lg N - \lg N_0)^2}{2S_{\lg N}^2}}. \quad (3)$$

Отражающая этот закон схема повреждений в логарифмических координатах означает, что средняя скорость накопления повреждений убывает с ростом числа циклов. Уменьшение скорости накопления повреждений может рассматриваться как отражение процесса упрочнения, протекающего наряду с разупрочнением, и создающего препятствия возникновению новых усталостных повреждений.

При линейном законе суммирования повреждений  $\sum n_i/N_i$  приращение повреждения при  $i$ -ом режиме составит

$$\frac{n_{i \text{ об}}}{N_{oi}} - \frac{n_{i \text{ экв}}}{N_{oi}} = \frac{n_i}{N_{oi}}, \quad (4)$$

где  $n_{i \text{ об}}$  - общее эквивалентное число циклов с учетом  $i$ -го режима;  $n_{i \text{ экв}}$  - общее эквивалентное число циклов, соответствующее  $i$ -му режиму, наработанное до  $i$ -го режима;  $n_i$  - число циклов нагружения

при  $i$ -ом режиме нагружения;  $N_{oi}$  - число циклов до разрушения при  $i$ -ом режиме.

При логарифмическом законе приращение повреждения составит

$$\frac{\lg n_{i \text{ об}}}{\lg N_{oi}} - \frac{\lg n_{i \text{ экв}}}{\lg N_{oi}}, \quad (5)$$

где  $n_{i \text{ об}} = n_{i \text{ экв}} + n_i$ .

Из зависимостей (4) и (5) видно, что при логарифмическом законе суммирования, в отличие от линейного, величина повреждения зависит не только от числа циклов работы при данном режиме  $n_i$ , но и от наработанного до этого режима числа циклов при других режимах  $n_{i \text{ экв}}$ .

После первого режима нагружения величина повреждения

$$\alpha_1 = \frac{\lg n_1}{\lg N_{o1}}. \quad (6)$$

При  $i$ -режимах нагружения величина повреждения

$$\frac{\lg(n_i + N_{oi}^{\alpha_{i-1}})}{\lg N_{oi}}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{i-1}$  - величина повреждения, накопленная при  $(i-1)$ -ом режиме.

Эквивалентное число циклов нагружения определяем исходя из зависимости

$$\lg n_{\text{экв}} = \frac{\lg(n_i + N_i^{\alpha_{i-1}}) \lg N_{\text{экв}}}{\lg N_i}. \quad (8)$$

Значение  $N_i$  определяем, исходя из зависимостей (9) и (10):

$$\sigma_i^m \cdot N_{oi} = \text{const}, \quad (9)$$

$$N_{oi} = \left( \frac{\sigma_{\text{экв}}}{\sigma_i} \right)^m \cdot N_{\text{экв}}, \quad (10)$$

где  $N_{\text{экв}}$  - число циклов нагружения до отказа при эквивалентных напряжениях  $\sigma_{\text{экв}}$ ,  $\sigma_i$  - действующее напряжение при  $i$ -ом режиме.

## **РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЮ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ГАЗА БАРБОТАЖНЫХ АППАРАТОВ**

<sup>1</sup>МБОУ «Средняя школа № 30», г. Дзержинск,

<sup>2</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

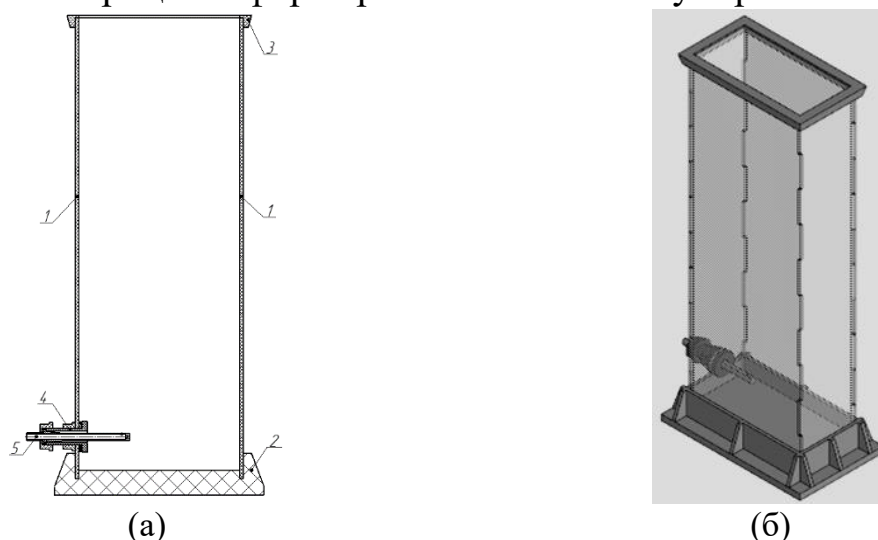
Барботажные аппараты находят широкое применение в химической, нефтехимической и пищевой промышленности для проведения процессов массообмена между газовой и жидкой фазами. Ключевым элементом, определяющим эффективность работы таких аппаратов, является распределительное устройство — барботер [1]. Его конструкция, в частности форма и размер отверстий, оказывает существенное влияние на гидравлическое сопротивление слоя, дисперсность газовой фазы, а также на характер зарождения, роста и отрыва газовых пузырей [2]. Несмотря на значительное количество работ в данной области, влияние геометрической формы единичного отверстия при равной площади проходного сечения на комплекс гидродинамических параметров остается недостаточно изученным.

Научная новизна работы заключается в создании экспериментальной базы для систематического исследования влияния формы отверстия барботера (круглой, квадратной, треугольной) при строгом равенстве площади проходного сечения на ключевые гидродинамические характеристики процесса барботажа. В отличие от существующих аналогов, разработанный лабораторный стенд позволяет совмещать визуализацию процесса пузыреобразования, определение гидравлического сопротивления распределительного устройства и получение количественных оценок параметров газовой фазы с использованием единой измерительной базы и сменных элементов, изготовленных методом 3D-печати.

На базе ДПИ НГТУ была разработана барботажная установка, общий вид которой представлен на рис. 1.

Установка включает в себя корпус из оргстекла, состоящий из четырех стенок, опорного узла и крышки. Применение прозрачного материала корпуса обеспечивает возможность визуального наблюдения за процессом барботажа, что необходимо для последующего анализа характера пузыреобразования. В боковой стенке корпуса предусмотрено устройство для крепления сменных барботеров, что обеспечивает универсальность стенда и возможность проведения серии экспериментов без замены базовой конструкции. Конструктивные элементы установки позволяют в перспективе оснастить ее измерительным оборудованием для

регистрации гидравлического сопротивления и высокоскоростной видеосъемки процесса формирования газовых пузырей.

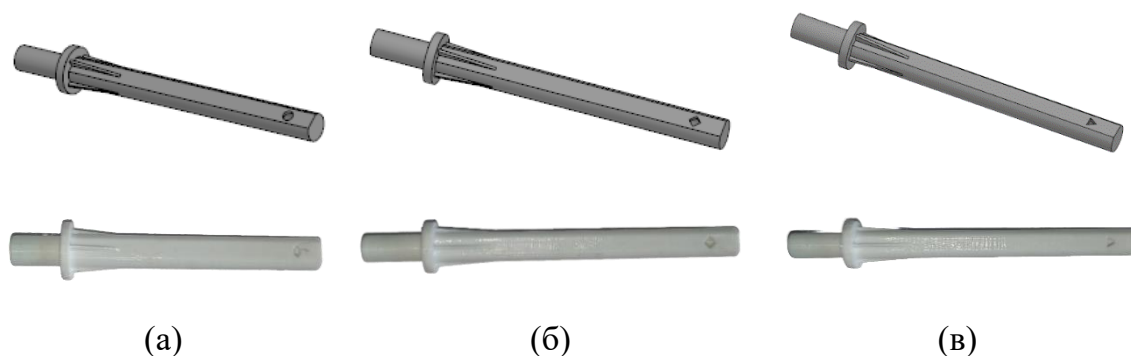


**Рис. 1. Внешний вид и конструкция лабораторного стенда:**

а – схема установки; б – 3д-модель установки

В качестве исследуемых распределителей газа выбраны барботеры с единичными отверстиями равной площади, но различной геометрической формы: круглой, квадратной и треугольной. Выбор данных форм обусловлен необходимостью выявления закономерностей влияния конфигурации кромок отверстия на механизм отрыва пузыря и дисперсность газовой фазы. Модели барботеров спроектированы в системе Компас-3D и изготовлены с использованием технологии 3D-печати (рис. 2). Аддитивное производство позволило обеспечить высокую точность геометрии, строгое равенство площадей проходных сечений для всех трех типов устройств и сократить время подготовки эксперимента.

Представленная в данной статье разработка является первым этапом комплексного исследования. На следующем этапе планируется провести экспериментальное определение гидравлического сопротивления каждого типа барботера в зависимости от расхода газа, а также с использованием методов высокоскоростной видеосъемки установить количественные зависимости диаметра формирующихся пузырей, скорости их всплытия и характера траектории движения от геометрической формы отверстия. Полученные результаты позволят установить корреляционные связи между формой барботера и энергоэффективностью массообменного аппарата, что имеет важное значение для оптимизации конструкций промышленного оборудования.



**Рис. 2. Спроектированные и изготовленные 3D-модели барботеров:**  
а – круглое отверстие; б – квадратное отверстие; в – треугольное отверстие

### Библиографический список

1. Ульянов, В.М. Химические реакторы и печи: учеб. пособие / В.М. Ульянов; Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н.Новгород, 2006. – 202 с.
2. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. — 12-е изд., стер. — Москва: Альянс, 2005. — 751 с.

УДК 681.518.5

Якубенко А.В., Кечкина Н.И

### **АНАЛИЗ УЗЛА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ АМИННЫХ ПРОДУКТОВ «СИНТЕЗ ОКА» КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В рамках программы технического перевооружения опасных производственных объектов (ОПО) ГК «Синтез ОКА» особое внимание уделяется повышению эффективности вспомогательных систем. Одной из таких систем является узел приготовления горячей воды, которая служит основным теплоносителем для реакторного цеха и парка емкостей. Автоматизация данного узла необходима для обеспечения стабильного температурного графика и защиты технологического оборудования от аварийных режимов.

Узел предназначен для получения горячей воды с температурой 70 °С путем утилизации тепловой энергии конденсата пара. Основным технологическим модулем является блочный тепловой пункт Хб, размещенный в специализированном помещении.

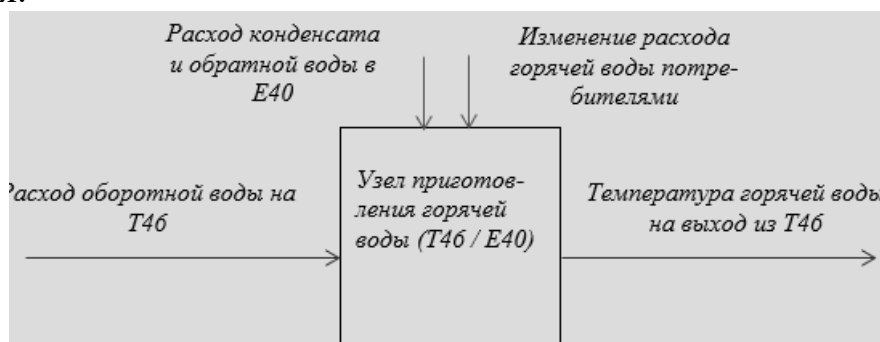
Система автоматизации узла решает две основные задачи: поддержание температуры теплоносителя; предотвращение переполнения емкостного оборудования.

Оборудование узла представлено:

- теплообменником *T46*: пластинчатый агрегат;
- насосной станцией *H45/1,2*: включает два насоса JETEX VL 50-60/2, обеспечивающих циркуляцию конденсата через теплообменник;
- сборником конденсата *E40*: существующая емкость, выполняющая роль буфера для сбора конденсата пара и обратной воды;
- насосной станцией *X7*: включает насосы *H47/1,2* JETEX V/VS, для откачки избыточного конденсата в систему водооборота.

Рассматриваемый процесс является непрерывным. Основным объектом управления выступает пластинчатый теплообменник *T46*, обеспечивающий поддержание температуры воды на выходе из него на уровне 70 °С посредством изменения степени открытия регулирующего клапана, установленного на линии подачи оборотной воды. Теплообменник относится к объектам с самовыравниванием. При отклонении температуры от заданного значения изменяется расход охлаждающей среды, что позволяет стабилизировать параметры теплоносителя, направляемого в рубашки реакторов.

На рис. представлена информационная схема объекта управления, отражающая регулируемые параметры, управляющие и возмущающие воздействия.



**Рис. Информационная схема управления**

## СЕКЦИЯ «ХИМИЯ»

УДК 678.744.338

Абрамова К.С.

### ПОЛИБУТИЛМЕТАКРИЛАТ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ ЖИВОПИСИ

АО «НИИ Полимеров», г. Дзержинск

Полибутилметакрилат (ПБМА) является одним из ключевых синтетических полимеров, применяемых для изготовления лака для реставрации предметов прикладного искусства и живописи.

В отличие от других (мет)акрилатов (например, полиметилметакрилата и полиметилакрилата и др.) ПБМА характеризуется высокой адгезией к различным подложкам, устойчивостью к внешним воздействиям и низкой температурой стеклования, обеспечивающей эластичность полимера. Главным достоинством защитных покрытий на основе ПБМА является обратимость пленок полимера при старении, что позволяет удалять покрытие без повреждения поверхности предметов искусства. Ключевыми критериями, определяющими пригодность ПБМА для использования в реставрационных лаках, являются удельная вязкость 1%-ного раствора полимера в толуоле при 20 °С (не более 0,3) и узкий гранулометрический состав, обеспечивающий высокую скорость растворения и стабильность свойств. Технические и эксплуатационные показатели реставрационных лаков достигаются использованием низкомолекулярного полимера (ММ 50-80 тыс. г/моль) с размером частиц 100 - 300 мкм, получаемого, как правило, суспензионным методом полимеризации бутилметакрилата (БМА).

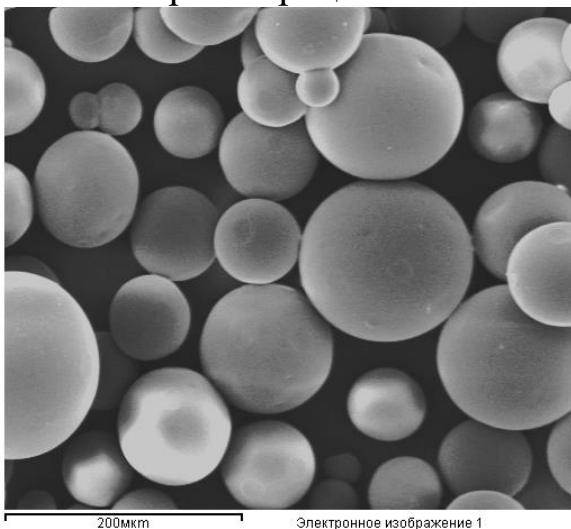
Получение низковязкого ПБМА с заданными характеристиками и высоким выходом представляет собой достаточно сложную задачу. В данной работе проведена сравнительная оценка влияния химической природы и концентрации диспергатора и инициатора на процесс суспензионной полимеризации БМА в одинаковых гидродинамических режимах.

Установлено, что применение в качестве инициаторов полимеризации пероксида бензоила (ПБ) или азобисизобутиронитрила (АИБН) в количестве 0,5–1,5 % от массы мономера, позволяет получать полимер с низкой полидисперсностью (2,0-3,0) и ММ в диапазоне от 50 до 80 тыс. г/моль.

Показано, что эффективность стабилизации суспензии при полимеризации БМА достигается при использовании в качестве диспергаторов гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН),

гомополимера 2-акриламидо-2-метилпропансульфокислоты (поли АМПСК) или натриевой соли сополимера метилметакрилата с метакриловой кислотой (МКМ) в концентрации 1–2 % от массы воды и позволяют получать полимер в виде сферических гранул с гладкой поверхностью без агломератов и дефектных включений (рис. 1) с преобладанием фракции 100–300 мкм.

Результаты проведенных в работе исследований позволили разработать эффективный способ получения низковязкого ПБМА, пригодного для использования в реставрационных составах.



**Рис. Микрофото образца ПБМА**

УДК 678.049.16

Архипова В.О.<sup>1</sup>, Анисимова С.В.<sup>2</sup>, Левицкая А.В.<sup>2</sup>

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ПРОКЛЕЮЩЕГО АГЕНТА НА СВОЙСТВА БУМАГИ**

<sup>1</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева,  
<sup>2</sup> ООО «Компания Хома»

Обработка бумаги и картона с целью придания специальных свойств (паро-, газо-, жиро-, водонепроницаемости, светочувствительности, приклеиваемости, бактерицидности и др.) осуществляется на стадии производства путем пропитки, нанесения на поверхность полимеров, восковых реагентов, эмульсий, крепирования, тиснения и др. [1].

Регулирование впитывающей способности, значимой для поглощения и удержания жидкостей (вода, печатные составы, масла, жиры) и улучшение прочности осуществляются не только за счет создания капиллярной структуры бумаги, определяемой составом волокон и ее пористостью. Для этого производится поверхностная проклейка, улучшающая структурно-механические свойства верхнего слоя. Методом

оценки эффективности поверхностной проклейки является тест Кобба при определении водопоглощения поверхностью бумаги и картона [2].

Традиционно для поверхностной проклейки использовались композиционные составы с водорастворимыми полимерами на основе окисленного крахмала или карбоксиметилцеллюлозы. Однако при применении в современных технологиях у такой бумаги или картона наблюдаются плохие результаты при цифровой печати. Это связано с тем, что сформированная на поверхности бумажного полотна пленка из подобных жесткоцепных полимеров в процессе сушки претерпевает значительные усадочные напряжения, приводящие к появлению микротрещин, по которым при печати происходит расплыв краски, чернил и проникновение их в толщу листа.

При разработке современных составов используют системы на основе смеси крахмала и специально вводимых, как правило, стирол-акриловых сополимеров в виде водных дисперсий с размером частиц 70 - 200 нм. При этом такие синтетические полимеры, находящиеся в процессе сушки в крахмальной матрице, проявляют свою пластичность и придают эластичность формируемой пленке, обеспечивая тем самым лучшую отделку.

Полимерные проклеивающие агенты в виде водных дисперсий могут содержать частицы с положительным (катионные) или с отрицательным (анионные) зарядом в зависимости от используемых эмульгаторов.

Анионно-стабилизированные дисперсии стирол-акриловых сополимеров (далее «анионные дисперсии») хорошо сочетаются с компонентами бумажного производства благодаря их агрегативной устойчивости в кислой и нейтральной средах. Однако в таких случаях для фиксации полимера на волокне часто требуется применение закрепителей в виде квасцов (сульфата меди), что усложняет технологический процесс [3].

Катионно-стабилизированные дисперсии стирол-акриловых сополимеров (далее «катионные дисперсии») проявляют способность к электростатическому закреплению полимера на целлюлозном волокне, которое имеет отрицательный заряд в нейтральной или слабощелочной среде. Поэтому их частицы прочно фиксируются на поверхности без добавления дополнительных удерживающих агентов [4].

В настоящих исследованиях произведена поверхностная проклейка при использовании композиционных составов (1 - 4) на основе окисленного кукурузного крахмала, применяемого в виде 2,2 %-ного раствора с введением в него стирол-акриловых дисперсий различного состава в количестве от 0,1 до 0,5 %, основные свойства которых приведены в табл.

**Таблица 1. Свойства исследуемых составов**

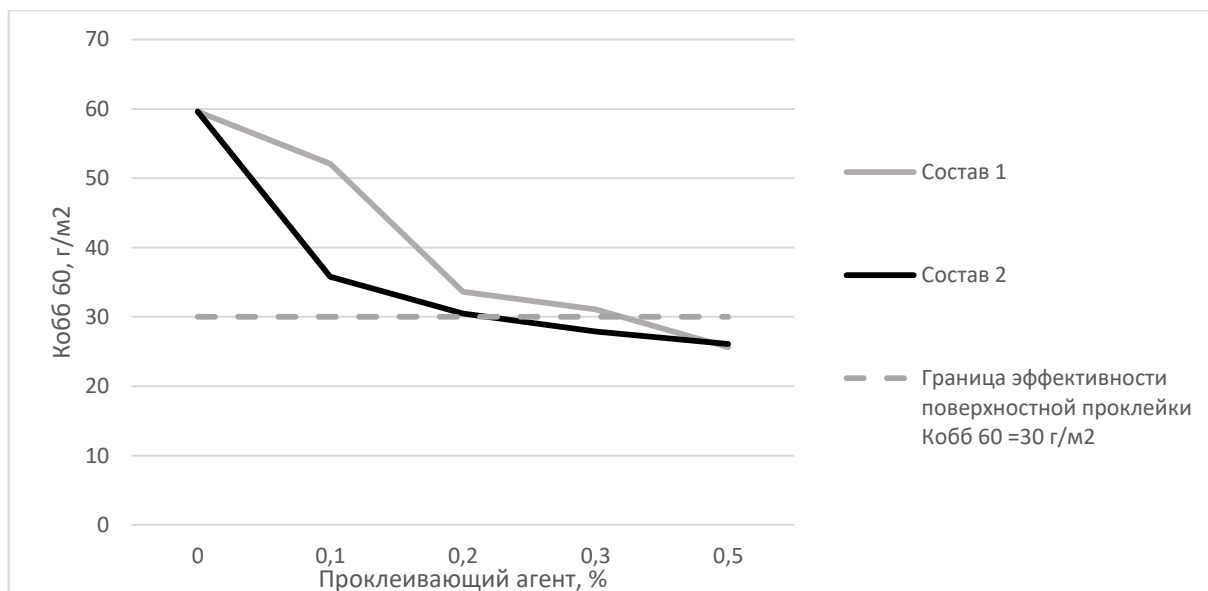
Полимерная дисперсия в составе	Стабилизация	Массовая доля нелетучих веществ, %	pH, ед.рН	Условная вязкость, с	Размер частиц, нм	МТП, °С
1	Анионная	24,9	4,8	11	124	+33,5
2		28,2	3,6	12	84	+44,2
3	Катионная	30,0	3,9	10	103	+67,9
4		28,1	4,7	11	104	+34,6

Проклейка произведена в лабораторных условиях на бумаге-основе с поверхностной плотностью 78,5 г/м<sup>2</sup>. При проклейке в присутствии анионных дисперсий для установления pH = 6,8 ед. в крахмал был введен 5 %-ный раствор карбоната натрия. Для установления pH = 4,5 ед. при проклейке катионными дисперсиями в крахмал был введен 20 %-ный раствор серной кислоты.

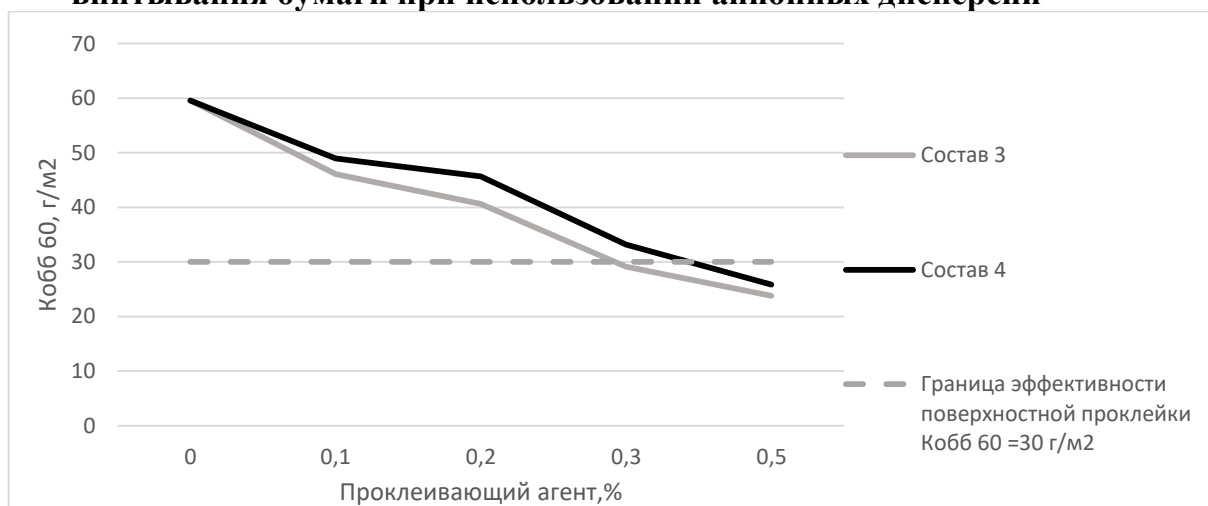
Пропитка осуществлялась полным окунаем образца бумаги размером 130x150 мм, предварительно взвешенного на аналитических весах, в проклеивающий раствор. Затем производился отжим бумаги через специальное прижимное устройство, имитирующее стадию производственного процесса. Сушка бумаги осуществлялась при температуре 98–102 °С в течение 120 с. Далее образцы кондиционировались для охлаждения и набора естественной влажности в течение 5 минут. Производилось повторное взвешивание для контроля привеса при проклейке. Затем образцы подвергались испытаниям по ГОСТ 12605-97 (ИСО 535-91) [2] для определения показателя поверхностной впитываемости.

Результаты определения эффективности поверхностной проклейки представлены на рис. 1 и рис. 2.

Выводы: доказана эффективность поверхностной проклейки при использовании анионных и катионных полимерных проклеивающих агентов. Значение Кобб 60 равное 30 г/м<sup>2</sup>, принятое за норму эффективности поверхностной проклейки, достигнуто при расходе 0,20 - 0,35 % с применением анионных дисперсий, и при расходе 0,29 - 0,40 % с применением катионных дисперсий. Минимальное значение Кобб 60 равное 23,8 г/м<sup>2</sup> достигнуто при использовании состава 3 при содержании дисперсии 0,5 %.



**Рис. 1. Зависимость влияния содержания проклеивающего агента на скорость впитывания бумаги при использовании анионных дисперсий**



**Рис. 2. Зависимость влияния содержания проклеивающего агента на скорость впитывания бумаги при использовании катионных дисперсий**

### Библиографический список

1. Малютина, Д. И. Химико-механическая технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона: учебно-методическое пособие / Д.И. Малютина, Е.Г. Смирнова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 118 с.
2. ГОСТ 12605-97 (ИСО 535-91). Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба). — Введ. 2001-07-01. — Минск: Межгос. Совет по стандартизации, 2001. — 8 с.
3. Shi X., Li W., Yin D., Wang Y. Cationic styrene-acrylic emulsion, preparation method and application thereof : пат. CN102558415A Китай. — № CN201110375326; заявл. 22.11.2011 ; опубл. 11.07.2012. — 18 с.

4. Вдовина О.С. Физико-химические основы поверхностной проклейки бумаги поликатионным полимером / О.С. Вдовина, С.Ю. Кожевников, И.Н. Ковернинский // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 22. – С. 92–96.

УДК 66.095.13

Байдаченко В.Е., Баринов Д.С., Смирнов М.А., Найденкова А.А.,  
Кулаков М.В.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ  
ГИПЕРСУЛЬФИРОВАННОГО КАТИОНИТА В ПРОЦЕССЕ  
НЕПРЕРЫВНОЙ ЭТЕРИФИКАЦИИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ**

Держинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях истощения запасов ископаемого топлива, ужесточения экологических требований и необходимости снижения углеродного следа возрастает интерес к возобновляемым источникам энергии. Метилловые эфиры жирных кислот (МЭЖК), известные как биодизельное топливо, представляют собой возобновляемую альтернативу традиционным нефтепродуктам, приближенную по эксплуатационным характеристикам к минеральному дизелю. Экологические преимущества этого биотоплива обусловлены его нетоксичностью и способностью к естественному разложению в окружающей среде. Помимо топливного применения, МЭЖК служат ценным сырьем для химической промышленности, находя применение в производстве поверхностно-активных веществ, различных полимерных покрытий, смазочных материалов и средств защиты металлов от коррозии.

В промышленных масштабах биодизель получают преимущественно путем катализируемой щелочами переэтерификации пищевых растительных масел. Такой подход создает конкуренцию между топливной и пищевой отраслями. В качестве экономически выгодной альтернативы рассматриваются неприщевые и отработанные масла, однако их использование осложняется высоким содержанием свободных жирных кислот, дезактивирующих щелочные катализаторы. Для преодоления этого ограничения необходимо предварительное проведение стадии этерификации свободных жирных кислот в присутствии кислотных катализаторов, что обеспечивает эффективную дальнейшую переработку сырья.

Переход от периодического к непрерывному процессу этерификации позволяет значительно повысить производительность, снизить капитальные и эксплуатационные затраты, а также обеспечить стабильное качество продукта. Реакторы с неподвижным слоем катализатора обладают рядом преимуществ: компактностью, возможностью длительной

работы без остановки, хорошим массообменом и высокой селективностью. Однако успешная реализация непрерывного процесса напрямую зависит от стабильности применяемого катализатора – его способности сохранять активность на протяжении длительного времени работы без значительной дезактивации.

Изучение стабильности гиперсульфированного катионита в процессе непрерывной этерификации жирных кислот проводили при температуре 65 °С, мольном соотношении метанол:жирные кислоты – 36,5:1 и условном времени контакта 25000 г·мин/л. Результаты представлены на рисунке.

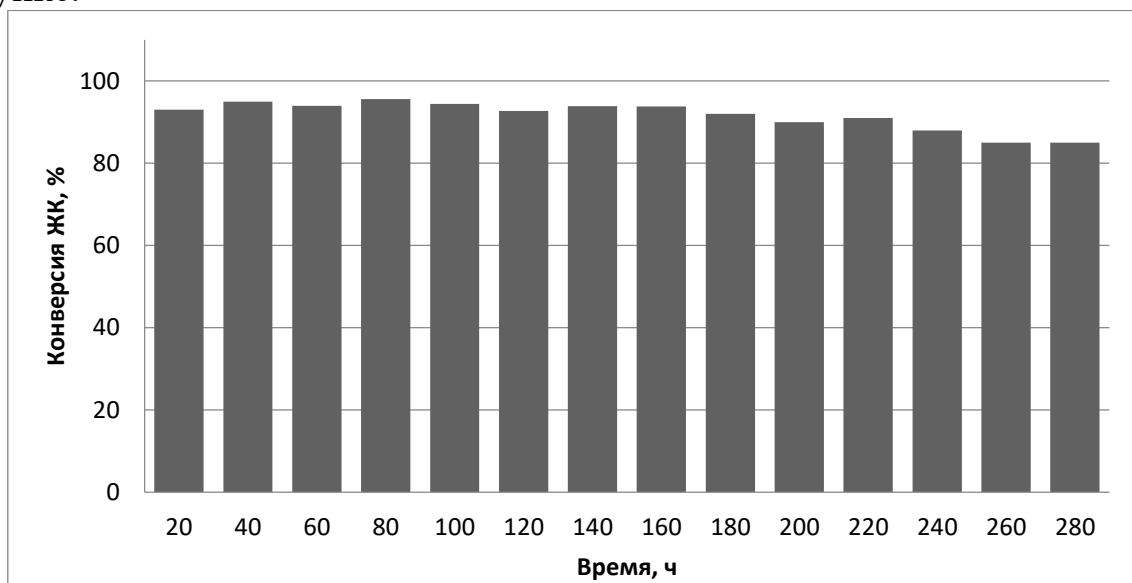


Рис. Стабильность гиперсульфированного катионита в процессе непрерывной этерификации жирных кислот

УДК 544.478.42:628.543

Баринов Д.С.<sup>1,2</sup>, Чужайкин И.Д.<sup>2</sup>, Байдаченко В.Е.<sup>2</sup>, Бондалетов В.Г.<sup>1</sup>

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИЛИКАЛИТОВ Fe-Cu В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Фенольные соединения относятся к числу распространенных и токсичных загрязнителей сточных вод промышленных производств. Высокая устойчивость фенолов к биологическому разложению и их негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека делают проблему их удаления особенно актуальной. Одним из эффективных способов очистки является процесс полного окисления с использованием экологически чистых окислителей, таких как пероксид

водорода. Однако применение гомогенных катализаторов затрудняет отделение и регенерацию катализатора. В связи с этим разработка гетерогенных катализаторов для процесса Фентона представляет собой важную задачу.

Переход к гетерогенным каталитическим системам на основе цеолитных материалов позволяет упростить стадию разделения катализатора и очищенной воды, а также снизить образование железосодержащих шламов. Ранее было показано, что биметаллические силикалиты, содержащие железо и медь, обладают высокой каталитической активностью благодаря синергетическому эффекту  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  и  $Cu^{+}/Cu^{2+}$ . Однако ключевой проблемой их практического применения остается выщелачивание активных металлических центров в реакционную среду. Это приводит к дезактивации катализатора, снижению его ресурса и вторичному загрязнению воды ионами тяжелых металлов сверх предельно допустимых концентраций (ПДК).

Целью данного исследования являлась разработка метода стабилизации активных центров в структуре биметаллических силикалитов типа MFI путем введения хелатирующих агентов на стадии гидротермального синтеза. В качестве модификатора выбрана лимонная кислота, способная образовывать устойчивые комплексы с ионами переходных металлов, закрепляя их в цеолитной матрице.

Полученные материалы были получены аналогично методике, описанной в [1]. В качестве источника меди и железа использовали нитрат железа (9 водный) и нитрат меди (3-х водный). Для модификации в гель синтеза вводили лимонную кислоту в мольных соотношениях металлы:кислота = 1:1,5; 1:1 и 1:0,5. Для сравнения испытывали модификаторы аммиак и ацетилацетон.

Биметаллические цеолиты испытаны в процессе окисления водного раствора фенола пероксидом водорода. В качестве катализатора сравнения использовался немодифицированный биметаллический силикалит ( $FeCuS$  (0,5:1,5)). Условия проведения процесса: начальная концентрация фенола 0,2 % (мас.), содержание катализатора 5 г/л, температура проведения реакции составляла 70 °С, мольное соотношение ПВ : фенол = 28 : 1, время проведения реакции 60 минут.

Для оценки полноты протекания процесса в начале и конце синтеза отбирались пробы на определение содержания органических веществ в водном растворе (ХПК) и определения концентрации ПВ. Степень выщелачивания металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

**Таблица. Влияние модификации лимонной кислотой на активность катализаторов**

Катализатор	ХПК <sub>0</sub> , мг/л	ХПК <sub>к</sub> , мг/л	Степень минерализации, %	Степень превращения ПВ, %	Выщелачивание металлов, мг/л
FeCuS (0,5:1,5)	4400	180	95,9	100	Fe – 2 Cu – 39
FeCuS-ЛМ-1,5	5000	720	85,6	59,6	Fe – 2 Cu – 12
FeCuS-ЛМ-1	5000	1470	70,6	25,3	Fe – 0,5 Cu – 18
FeCuS-ЛМ-0,5	5000	1970	60,7	24,9	Fe – 0,5 Cu – 15

На основе данных, представленных в таблице, можно заключить, что введение лимонной кислоты на стадии синтеза существенно повышает стабильность биметаллических силикалитов. Для модифицированного образца FeCuS-ЛМ-1,5 концентрация выщелоченной меди снижается с 39 мг/л (немодифицированный катализатор) до 12 мг/л, при этом выщелачивание железа остается минимальным (2 мг/л). Важно отметить, что степень превращения фенола сохраняется на максимальном уровне (100 %) для всех исследованных образцов, однако наблюдается снижение степени минерализации органических веществ с 95,9 % до 85,6 %. По сравнению с альтернативными модификаторами (аммиак и ацетилацетон), использование лимонной кислоты позволяет эффективно закрепить активные центры в матрице катализатора. Это способствует снижению эксплуатационных расходов и предотвращению вторичного загрязнения очищенной воды ионами тяжелых металлов при сохранении высокой эффективности удаления фенола.

### **Библиографический список**

1. Патент № 2803369 РФ. Способ получения иерархического железосодержащего силикалита с возможностью регулирования соотношения микро-мезопор для процесса полного окисления фенола пероксидом водорода: № 2022132982: заявл. 15.12.2022: опубл. 12.09.2023 / Чужайкин И.Д., Федосова М.Е., Федосов А.Е., Орехов С.В., Орехов Д.В. – 11 с.

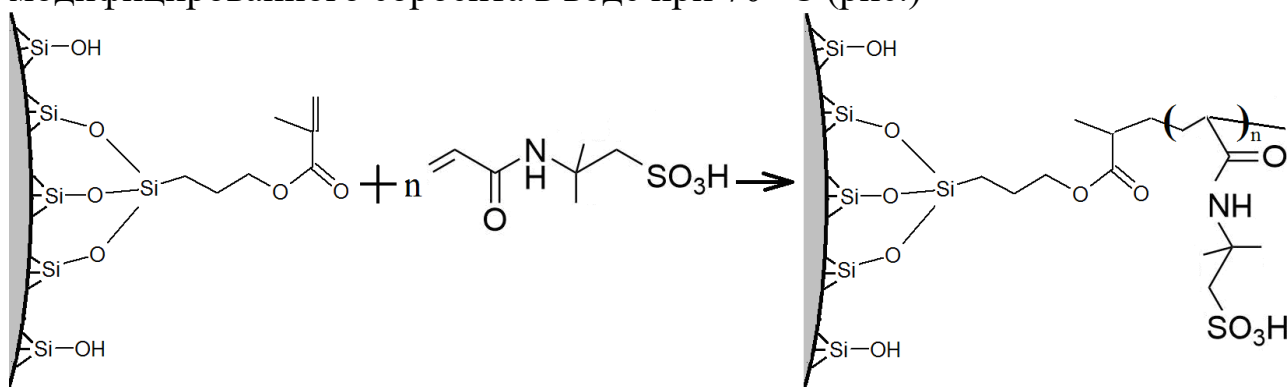
## ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТА С СУЛЬФОНОВЫМИ ГРУППАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Загрязнение вод ионами тяжёлых металлов и промышленными красителями остаётся одной из острых экологических проблем [1, 2].

В данной работе в качестве средств очистки вод от катионов металлов и основных красителей предлагается композитный сорбент на основе силикагеля с привитой поли(2-акриламидо-2-метилпропан-сульфоновой кислотой) (поли-АМПСК). Получение сорбента проводили в две стадии с использованием воды в качестве реакционной среды. *Стадия 1.* Прививка якорного мономера – 3-(триметоксисилил) пропилметакрилата (ТСМ) – к поверхности силикагеля при соотношении силикагель:ТСМ = 4 : 1.

*Стадия 2.* Радикальная полимеризация АМПСК в присутствии модифицированного сорбента в воде при 70 °С (рис.)



**Рис. Получение сорбента**

Содержание привитого поли-АМПСК составило 4 масс. %. Таким образом, выбранные условия синтеза позволили достичь требуемой степени прививки поли-АМПСК. Полученный сорбент обладает структурой, перспективной для применения в очистке сточных вод.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-23-01386, <https://rscf.ru/project/25-23-01386/>.

### Библиографический список

1. Pardal F., Lapinte V., Robin J.-J. (2009) Modification of silica nanoparticles by grafting of copolymers containing organosilane and fluorine moieties. *J. Polym. Sci. A Polym. Chem.*, 47: 4617-4628. doi: 10.1002/pola.23513
2. Grisolia A., Dell'Olio G., Spadafora A., De Santo M., Morelli C., Leggio A., Pasqua L. (2023) Hybrid Polymer-Silica Nanostructured Materials for Environmental Remediation. *Molecules*, 28: 5105. doi: 10.3390/molecules.28135105

Варенцова Д.Д., Куфтырева Н.А., Корсукова А.В.  
**ВНЕДРЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ РЕАКЦИЙ  
НА МИРОВОМ РЫНКЕ**

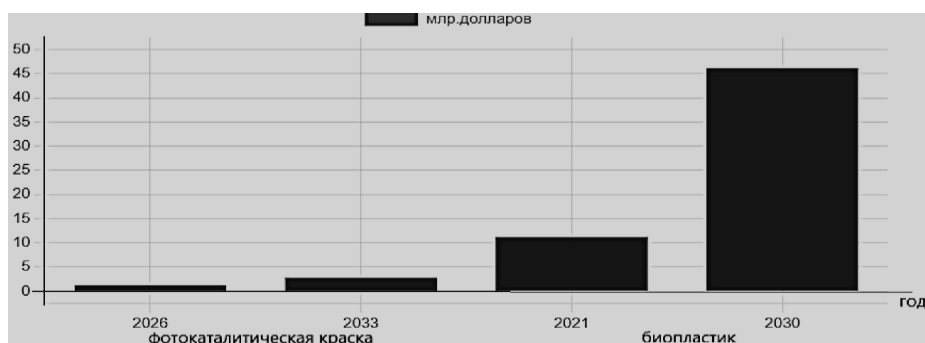
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Экологически чистые реакции — это процессы, минимизирующие вредные выбросы и использующие безопасные реагенты. Два примера таких технологий — фотокаталитическая очистка воздуха и производство биопластиков. Внедрение этих технологий способствует снижению загрязнения окружающей среды и переходу к устойчивому развитию.

Представим город, где фасады зданий сами очищают воздух от смога. Фотокатализ позволяет зданиям очищать воздух от смога с помощью специальных покрытий на основе диоксида титана или оксида цинка. Под солнечным светом эти материалы разлагают загрязнители, такие как оксиды азота и серы, на безвредные - углекислый газ и воду. Преимущества включают самоочищение и долговечность, но эффективность зависит от солнечной активности. Биопластики, производимые из возобновляемого сырья (например, кукурузного крахмала и сахарного тростника), разлагаются за несколько месяцев в отличие от традиционного пластика. Они сокращают выбросы диоксида углерода на 30–70 % и требуют на 65 % меньше энергии для производства. Однако их производство может увеличивать использование пестицидов.

Рынок фотокаталитической краски и биопластиков демонстрирует значительный рост, что свидетельствует о растущем интересе к экологически чистым технологиям. Ожидается, что оба сектора будут продолжать развиваться в ближайшие годы. В 2024 году размер рынка фотокаталитической краски был оценен в 1,2 миллиарда долларов. Ожидается, что он будет расти на 10,2 % с 2026 по 2033 год, достигая 2,8 миллиарда долларов к 2033 году [1].

По данным исследовательской компании Precedence Research, объем мирового рынка биопластика в 2021 году составил 11,2 миллиарда долларов. Ожидается, что к 2030 году он вырастет до 46,1 миллиарда долларов. [2]. Увеличение объемов этих рынков подчеркивает важность перехода к более экологичным решениям и их потенциальное влияние на улучшение состояния окружающей среды. На рисунке представлены прогнозы внедрения экологически чистых реакций.



**Рис. Прогноз внедрения экологически чистых реакций**

### **Библиографический список**

1. Постижения рынка фотокаталитической краски [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/product/photocatalytic-paint-market/> (дата обращения: 10.03.2026)
2. Ученые придумали, как из CO<sub>2</sub> сделать биопластик [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/636b6b0e9a79471c4d95787e?from=sору> (дата обращения: 10.03.2026)

УДК 544.77.022

Вихирева А.Д.<sup>1,2</sup>, Лёшина М.Н.<sup>1</sup>, Петровская Н.А.<sup>1</sup>

### **ПОЛУЧЕНИЕ ВОДНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ДИСПЕРСИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННИХ ЭМУЛЬГАТОРОВ РАЗНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ**

<sup>1</sup>ООО «Компания Хома», г. Дзержинск,

<sup>2</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Отличительной особенностью водных полиуретановых дисперсий (ПУД) является сочетание экологичности и высоких эксплуатационных характеристик: прочности, износостойкости и адгезии к различным материалам – металлам, стеклу, дереву, коже и др., обусловленных наличием полярных уретановых групп в макромолекуле. Благодаря этому ПУД широко применяется в качестве компонентов клеев, связующих, покрытий, лаков. Свойства композиций, содержащих ПУД, изменяются в широких пределах, в зависимости от химического строения, молекулярно-массовых характеристик гидроксилсодержащего компонента, типа диизоцианата и природы внутреннего эмульгатора.

Наиболее распространенными компонентами для гидрофилизации полиуретана являются соединения анионного типа. К ним относят полиолы, содержащие сульфогруппы или карбоксильные группы. Однако в последнее время популярность набирают неионогенные способы стабилизации, осуществляемые путём ввода в структуру полимера гидрофильных групп. Известно, что анионные ПУД обладают мелким

размером частиц, хорошей стабильностью и пленкообразующими свойствами, высокими механическими и адгезионными характеристиками. При этом дисперсии с таким типом стабилизации крайне чувствительны к изменениям концентрации ионов водорода. В то время как неионно-стабилизированные дисперсии более стойкие к механическим воздействиям и действию солей. Лучшая стабилизация системы достигается при объединении двух механизмов, причём их комбинирование позволяет значительно расширить сферы применения ПУД.

Целью данной работы было изучение влияния природы и концентрации внутреннего эмульгатора на коллоидные характеристики и стабильность водных полиуретанов, а также исследование прочностных и термомеханических свойств свободных плёнок, полученных на их основе.

Для синтеза ПУД в качестве анионного стабилизирующего агента использовали диметилпропионовую кислоту (ДМПК), в качестве неионогенного соединения применяли оксиэтилированные спирты различной молекулярной массы, монометиловый эфир дифункционального полиэтиленгликоля и полиэтиленгликоль. Исследованы температурно-временные и концентрационные параметры проведения реакции поликонденсации, оказывающие влияние на свойства полученных дисперсий. Контроль за протеканием реакции осуществляли по расходованию изоцианатных групп титриметрическим методом. Термические свойства полиуретанов изучали с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии. Молекулярно-массовые характеристики полученных образцов анализировали с помощью гелепроникающей хроматографии.

Определены основные закономерности протекания процесса поликонденсации в присутствии стабилизирующих агентов разной химической природы. Показано влияние природы стабилизации водной полиуретановой системы на коллоидные характеристики дисперсии. Установлено, что для получения стабильной дисперсии при замене анионного компонента на неионогенный концентрация внутреннего эмульгатора увеличивается. Определена оптимальная концентрация комбинированной стабилизирующей системы. Отмечено, что при данной стабилизации снижение концентрации ДМПК менее 1 масс.% приводит к дестабилизации системы вне зависимости от количества вводимого неионогенного диола.

В присутствии как ДМПК, так и эфиров полиэтиленгликоля прочностные свойства плёнки зависят от концентрации стабилизирующих агентов. С помощью термического метода анализа показано увеличение температуры стеклования и температуры плавления полимера при

использовании комбинированной системы стабилизации. Отмечено влияние типа стабилизации на внешний вид плёнок, так анионные дисперсии формируют прозрачную пленку с остаточной липкостью, в то время неионогенные ПУД образуют матовую шелковистую пленку с полным отсутствием липкости.

Таким образом, проведённые исследования позволили оценить влияние природы и концентрации внутреннего эмульгатора на стабильность и свойства водных полиуретанов. Полученные данные легли в основу разработанной технологии синтеза широкого спектра дисперсий для различных областей применения.

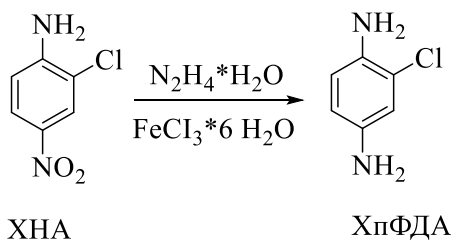
УДК 547.553.1

Горбунов Н.С., Доронкина Ю.С., Карпычев Ю.В.,  
Карпычева Ю.С., Коротина Ю.С.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ  
ХЛОРПАРАФЕНИЛЕНДИАМИНА**  
АО «ГосНИИ «Кристалл», г. Дзержинск

Разработка метода получения хлорпарафенилендиамин является актуальной задачей в связи с важностью данного продукта химической промышленности. ХпФДА является исходным компонентом для получения арамидных волокон, нашедших применение для изготовления ракетных систем, органокомпозитов для авиатехники, производства средств индивидуальной бронезащиты и огнезащитной одежды для нужд Министерства обороны, МВД и МЧС России.

Разработан и исследован способ получения ХпФДА из 2-хлор-4-нитроанилина (ХНА). Способ заключается в проведении реакции восстановления нитрогруппы в 2-хлор-4-нитроанилине с помощью водного раствора гидразин-гидрата (ГГ) в присутствии в качестве катализатора 6-водного хлорида железа [1]. Процесс отличается от классического каталитического гидрирования более мягкими условиями, исключением взрывоопасного водорода и полнотой использования исходных компонентов, что делает процесс более безопасным и эффективным.



**Рис. Схема получения 2-хлор-4-нитроанилина из анилина**

Проведены исследования зависимости качества и выхода ХпФДА от природы используемого растворителя, концентрации ГГ, влияния щелочного агента и др.

Определены оптимальные параметры процесса, которые позволяют получить ХпФДА с выходом 70÷75 %, содержанием основного вещества более 99 % и температурой кристаллизации 64,0÷64,2 °С. По разработанному способу проведена наработка опытных образцов ХпФДА, которые были проверены в синтезе арамидного волокна.

### Библиографический список

1. Исследования каталитического восстановления тринитробензола гидразин-гидратом / В.А. Кашаев, Ф.Г. Хайрутдинов, С.Э. Межеричский [и др.]// Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20, №4. – С. 5–7.

УДК 665.733.5

Горлышкова А.А.

### **ВЛИЯНИЕ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА КАЧЕСТВО БЕНЗИНА**

МБОУ «Школа № 168 имени И.И. Лабузы», г. Нижний Новгород

В жизни современного человека автомобиль играет одну из главных ролей. В наше время при большом разнообразии АЗС автомобилисты часто сталкиваются с некачественным топливом, что приводит к быстрому выходу автомобиля из строя. В данной работе будет рассмотрен качественный состав бензина и его влияние на работу двигателя. А именно: какие примеси входят в бензин и их допустимое значение. В качестве примера взят бензин трех марок (АИ-92; АИ-95 и АИ-100) с АЗС ЛУКОЙЛ и проверен анализ на наличие различных примесей с помощью следующих методов

1. Органолептический;
2. Взятие пробы на фильтровальной бумаге;
3. Добавление перманганата калия;
4. Сжигание каждого образца бензина;
5. Добавление фенолфталеина и метилоранжа в водные вытяжки каждого образца.

В итоге по результатам опытов были получены значения, приведенные в таблице. В ходе работы было выявлено, что проверяемый бензин не разбавляют водой, он не имеет в составе неорганические щелочи, а так же в нем не содержатся механические примеси. Несмотря на повышенное содержание смол и наличие кислоты в одном из образцов, качество поставляемого на АЗС бензина вполне приемлемо (таб.).

**Таблица. Оценка качества бензина по пяти критериям**

№ опыта	АИ-92	АИ-95	АИ-100
Опыт №1. Наличие мех. примесей	нет	нет	нет
Опыт №2. Наличие воды	нет	нет	нет
Опыт №4. Наличие смол	да	нет	нет
Опыт №5. Наличие неорг. кислот	да	нет	нет
Опыт №6. Наличие неорг. щелочей	нет	нет	нет

УДК 612.392.64:543.42.062

Гурьева А.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА  
В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ И БАДАХ**  
МБОУ «Средняя школа № 27», г. Дзержинск

Йод – необходимый микроэлемент для синтеза гормонов щитовидной железы. Независимый контроль содержания йода в продуктах и БАДах — важная задача для здоровья населения. Цель моей работы — определение экспериментального содержания йода в образцах йодированной соли и БАД методом спектрофотометрии и проведение сравнительного анализа с паспортными данными производителей. На основе данной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Определение экспериментальное содержание йода в солях и БАДах.

2. Сравнение полученных результатов с паспортными данными.

Гипотеза исследования такова: паспортное содержание йода соответствует фактическому содержанию йода в солях и БАДах.

Материалы и методы исследования: теоретический, эмпирический, экстракционно-спектрофотометрический методы.

Объектом исследования является йод в солях и БАДах.

Предметами исследования являются три образца йодированной пищевой соли («Экстра», «Атлантика», «Щепотка») и БАД «Йодомарин» (таблетки).

В практической части исследования был проведён ряд экспериментов по выявлению йода в солях и БАДах.

Эксперимент № 1. Данный эксперимент был проведён с целью определения поглощения йода в гексане. Было установлено численное значение молярного коэффициента поглощения ( $\epsilon$ ) для молекулярного йода ( $I_2$ ) в растворе гексана при выбранной длине волны, которое составило  $\epsilon \approx 4,57$  л/(моль·см).

Эксперимент № 2. В ходе эксперимента была определена и сопоставлена массовая доля йодата калия ( $KIO_3$ ) в трех марках соли.

Все проверенные образцы содержат  $KIO_3$  в концентрациях, превышающих нижнюю и верхнюю границы, заявленные на упаковке производителем (0,00113 % – 0,004 %). Нами был сделан вывод, что количество йода во всех солях является достаточным для насыщения йодом организма (норма 90 – 250 мкг/сут).

Эксперимент № 3. В ходе эксперимента мы выяснили, что между экспериментально определённым и заявленным содержанием действующего вещества имеются серьёзные расхождения. Расчёт по результатам измерений показал, что масса KI в одной таблетке превышает паспортное содержание в 6 раз (заявлено = 0,262 мг, определено - 1,5 мг). Такой результат возможен в результате неполного освобождения йода из состава таблетки.

Таким образом

1. Апробирована методика спектрофотометрического определения общего йода в пищевых продуктах и БАДах с экстракцией в гексан.
2. Установлено, что все исследованные образцы йодированной соли содержат йод в количестве, достаточном для покрытия физиологических потребностей, однако его концентрация в 1,4–2,8 раза превышает заявленный производителями диапазон.
3. Определено значительное (в  $\sim 5,7$  раз) расхождение между экспериментальным и паспортным содержанием йода в БАД «Йодомарин», что указывает на необходимость усовершенствования методики пробоподготовки для таблетированных форм или требует дополнительной проверки.
4. Проведенный анализ подтверждает важность независимого лабораторного контроля качества обогащенных йодом продуктов.

Гипотеза исследования была частично подтверждена. Фактические значения йода в солях находятся в допустимых пределах. В случае БАДа «Йодомарин» расхождение между паспортным и определённым содержанием объясняется неподходящим методом высвобождения йода из состава таблетки.

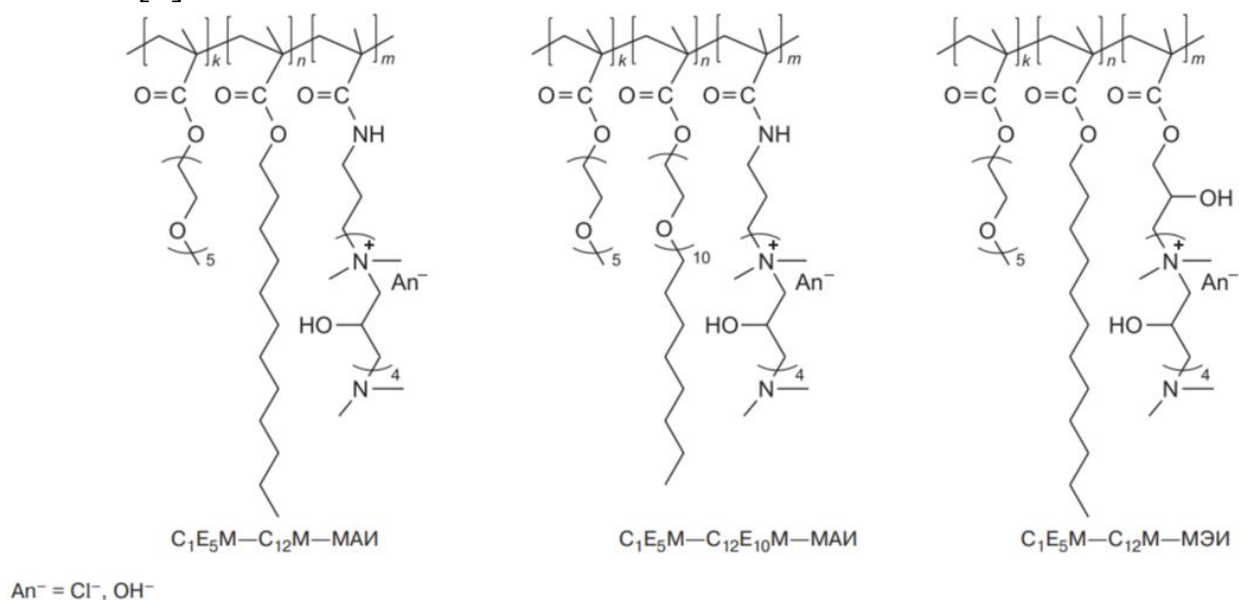
УДК 66.095.26-936

Долинов Я.В., Спицина Е.Б., Казанцев О.А., Орехов Д.В.,  
Савинова М.В., Мельников Л.Г., Долотов Д.С.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА И СВОЙСТВ (СО)ПОЛИМЕРОВ ИОНЕН- И ОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ В ВОДНЫХ И ВОДНО-ГЕКСАНОВЫХ РАСТВОРАХ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева  
Методом RAFT-полимеризации в различных органических растворителях получены и изучены свойства новых молекулярных щёток

на основе (со)полимеров ионен-, метокси- и высших алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов. Приведенный ниже ряд полученных сополимеров проявляет гидрофильные и гидрофобные свойства в растворах, т. е. обладает свойствами поверхностно-активных веществ [1].



**Рис. Структурные формулы исследуемых молекулярных щёток**

Введенные азотсодержащие звенья придают сополимерам антибактериальные и противогрибковые свойства [2]. Исходя из вышеперечисленного, полученные полимеры можно использовать как наноконтейнеры для доставки лекарственных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-73-00120).

### Библиографический список

1. J.-F. Lutz, Ö. Akdemir, A. Hoth, J. Am. Chem. Soc., 2006, 128, 13046; DOI: 10.1021/ja065324n.
2. Y. Jiao, L.-n. Niu, S. Ma, J. Li, F. R. Tay, J.-H. Chen, Prog. Polym. Sci., 2017, 71, 53; DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2017.03.001.

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ,  
ЗАМЕНА ИХ НА ПРИРОДНЫЕ АНАЛОГИ**

МБОУ «Средняя школа № 27», г. Дзержинск

Целью данного проекта является анализ влияния промышленных красителей на биологические объекты и поиск биоразлагаемых альтернатив для синтетических красителей.

Перед началом исследования была выдвинута следующая гипотеза: синтетические красители наносят экологический вред окружающей среде и не разлагаются под воздействием солнечного света.

Исходя из цели и гипотезы были определены задачи:

- 1) найти и изучить литературу по теме исследования;
- 2) изучить поведение красителей и индикаторов в различных средах (кислотной, щелочной, нейтральной);
- 3) провести анализ влияния УФ на раствор красителя (метиленовый голубой);
- 4) исследовать влияние оксида титана (IV) на разложение красителей (фотокатализ);
- 5) смоделировать химическое воздействие красителей на флору;
- 6) подобрать биоразлагаемые аналоги.

В современном мире проблема загрязнения сточных вод синтетическими красителями текстильной промышленности является очень актуальной. Поступление в водоёмы окрашенных сточных вод повышает солесодержание почв, что может привести к тому, что пахотные земли частично или полностью могут стать бесплодными. Величина рН сточных вод влияет на физико-химические свойства воды в водоприёмнике, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на водных организмах, растениях и людях. Щелочные сточные воды повышают рН речной воды, повышают солесодержание почвы, изменяет проницаемость почвы, что приводит к загрязнению подземных водных ресурсов, которые используются для хозяйственных и питьевых нужд. Токсины могут скапливаться на поверхностных слоях водоёма, нарушая эстетическое восприятие водной среды и, самое главное, уменьшая проникновение света в воду. Последствиями этого будет снижение фотосинтеза, недостаточное количество растворённого кислорода и снижение степени самоочищения водоёма.

В практической части исследования первым делом был проведен наглядный эксперимент для ознакомления с поведением окрашивающих

веществ (индикаторов и красителей) в разных средах. Для сравнительного анализа были выбраны индикаторы метиловый оранжевый, фенолфталеин, а также краситель метиленовый голубой, который используется в текстильной промышленности.

Второй эксперимент заключался в анализе влияния ультрафиолета на раствор красителя. Красители способны разлагаться под действием солнечного света, это явление мы можем наблюдать и в обычной жизни, когда замечаем «выцветание» вещей. Подобный опыт было решено провести в растворе под действием УФ-лампы, моделирующей длительное воздействие солнца. Для этого опыта использовался краситель метиленовый голубой. По истечению суток раствор красителя с добавлением диоксида титана обесцветился, а раствор, не содержащий добавки, не потерял цвет полностью. Опыт с фотокатализатором доказал часть выдвинутой гипотезы, а именно то, что синтетические красители в чистом виде не способны полностью разлагаться под воздействием солнечного света. Для разложения им необходимы добавки, имеющие определённые, необходимые для этого свойства. Такие добавки могут стать одним из решений экологических проблем, связанных с загрязнением планеты сточными водами красильных предприятий, в частности текстильных.

В качестве моделирования химического воздействия красителей на флору был проведён эксперимент по проращиванию луковиц в домашних условиях. Для сравнения взяли две луковицы и два сосуда, оба из которых были наполнены водопроводной отстоянной водой. В один раствор был добавлен синтетический краситель «оранжевый II», второй раствор был оставлен без изменения. По итогу опыта луковица, находящаяся в окрашенной воде, не дала корней и не пустила стрелки, более того, с течением времени она стала выглядеть значительно хуже в сравнении с первоначальным состоянием и луковицей, опущенной в стакан с чистой водой. Таким образом была подтверждена другая часть гипотезы о губительном влиянии красителя на окружающую среду.

Перспективной альтернативой для синтетических красителей могут стать биогенные красители — это окрашенные небольшие молекулы, естественным образом вырабатываемые микроорганизмами. Структурное разнообразие таких красителей так же велико, как и у синтетических красителей. Примеры: полиены, хиноны, индолы, пиррольные красители.

Другая альтернатива - натуральные красители, а именно пигменты растительного происхождения — экстракты плодов, коры или самих вегетативных частей (корней, стебля, листьев и т. д.). Они биоразлагаемы, не наносят вреда окружающей среде при попадании в сточные воды, а также не несут ущерба здоровью людей, работающих с крашением тканей.

Однако цветовая палитра таких красителей ограничена, и по насыщенности цветов они уступают синтетическим.

УДК 665.939.5

Кондин А.С.

## **ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ КЛЕЕВОГО ШВА ЭПОКСИДНОГО АДГЕЗИВА**

АО «НИИ полимеров», г. Дзержинск

Среди полимерных материалов, применяемых в качестве связующих для клеев, компаундов, герметиков, одно из ведущих мест принадлежит эпоксидным олигомерам. Эпоксидные полимеры по целому ряду свойств выделяются среди прочих полимерных материалов, играя важную роль в аэрокосмической, автомобильной, судостроительной и других отраслях промышленности.

Для эпоксидных составов есть ряд физико-механических показателей, определяющих сферу их применения. Одним из наиболее важных показателей для эпоксидных клеев является характер разрушения клеевого шва. Склеивание материалов эпоксидными составами определяется двумя факторами: адгезией (взаимодействием между поверхностью субстрата и полимером) и когезией (внутренней прочностью клеевого шва). Для прочного склеивания необходимо, чтобы силы адгезии были больше сил когезии, то есть разрушение клеевого шва должно быть когезионным. Когезионное разрушение позволяет точно знать, что разрушился сам материал, что свидетельствует о прочном адгезионном контакте клея с субстратом. Известно, что свойства материалов на основе эпоксидных композиций можно варьировать в зависимости от используемых наполнителей.

В работе рассматривалось влияние наполнителей на характер разрушения клеевого шва эпоксидного адгезива, содержащего эпоксидную смолу марки ЭД-22, аминный отвердитель марки ХАМИНФ2 и наполнитель. Содержание наполнителей варьировали от 10 до 50 % мас.

Прочность на сдвиг оценивали по ГОСТ 14760-69 на образцах из стали марки 12Х18Н10Т. Клеевой шов анализировали на микроскопе марки "JSM6610LV". Полученные результаты представлены в таблице.

Было показано, что максимальная прочность при сдвиге достигалась при введении 50 % мас. любого наполнителя. Когезионный характер разрыва клеевого шва получилось достичь только при применении минерального наполнителя тальк марки ТРПН, во всех других случаях наблюдался адгезионный или смешанный тип разрушения.

**Таблица. Результаты испытаний модельных композиций**

Наполнитель	Прочность клеевого соединения при сдвиге, МПа	Характер разрыва
Пигмоксаль	16,2	Смешанный
Тальк марки ТРПН	20,8	Когезия
VAISiO <sub>2</sub>	14,8	Адгезия
TiO <sub>2</sub>	11,8	Адгезия
Глинозём марки Г-ОО	16,7	Адгезия
Стекловолоконный порошок СП-О	14,2	Адгезия

УДК 612.313.69

Корнева А.С.

**НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СМЕШАННОЙ СЛЮНЫ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИГАРЕТ: ХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

МБОУ «Школа № 168 им. И.И. Лабузы», г. Нижний Новгород

Ротовая жидкость – это биологическая среда со сложным химическим составом, обеспечивающая ферментативную обработку пищи и поддержание гомеостаза полости рта. Биохимические показатели смешанной слюны (рН, активность амилазы, содержание белка, ионный состав) служат маркерами её функционального состояния. Влияние аэрозоля электронных сигарет на химический состав ротовой жидкости активно изучается. Некоторые исследования показывают, что употребление вейпов приводит к значимым изменениям биохимии слюны.

Цель работы – экспериментально оценить изменение основных биохимических показателей (значения рН, работы буферной системы, работы фермента  $\alpha$ -амилазы, вязкости) слюны при употреблении электронных сигарет.

Образцы слюны употребляющих электронные сигареты (экспериментальная группа, 5 образцов) и некурящих людей (контрольная группа, 5 образцов) 16 – 18 лет собрали в пробирки. Далее измерили значение рН с помощью индикаторной бумаги, провели органолептический и прямой анализ вязкости слюны. Также исследовали состояние кислой и щелочной буферной системы слюны по методике Н.В. Леоньева, включающую анализ рН слюны до и после добавления 0,01 % раствора соляной кислоты (HCl) и 0,01 % раствора гидроксида натрия (NaOH), расчёт по выведенной формуле. Оценивалась активность  $\alpha$ -амилазы слюны при помощи реакции крахмала с амилазой, а затем с

йодом (при полном расщеплении крахмала амилазой реакции с йодом не будет).

Было установлено, что значение рН слюны пользователей вейп-систем было ниже нормы (6,5–7,5) и по сравнению с контрольной группой некурящих (т. е. среда закислена). Результаты представлены на диаграмме (рис.1).

По результатам анализа работоспособности буферной ёмкости было выявлено сниженное значение буферной ёмкости слюны. В экспериментальной группе кислотная резистентность слюны снижена на 28,6 %, а щелочная – на 57,1% относительно КГ (диаграмма на рис. 2). Это свидетельствует о более выраженном угнетении щелочного компонента буферной системы ротовой жидкости потребителей вейп-систем.

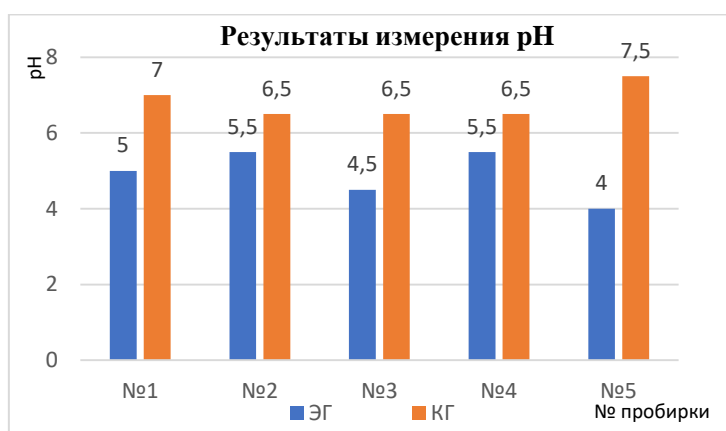


Рис. 1. Результаты исследования значений рН слюны

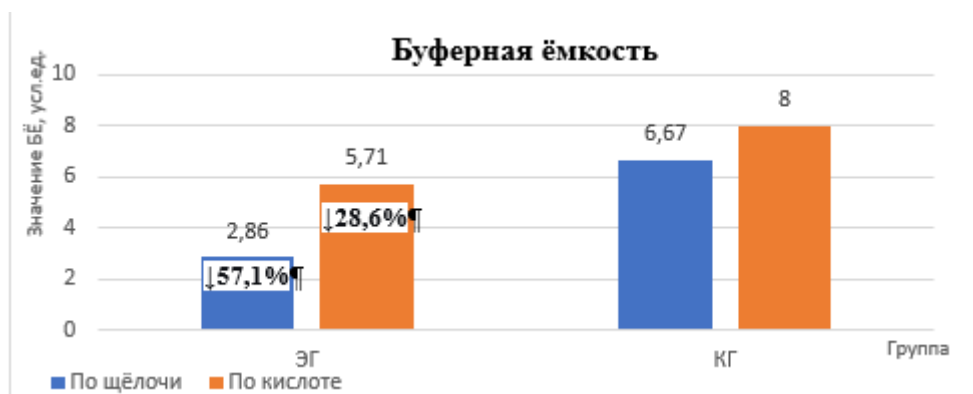


Рис. 2. Диаграмма процентного и количественного значения буферной ёмкости образцов слюны исследуемых групп

Также выявлен дисбаланс буферных систем экспериментальной (33,3 %) в отличие от контрольной группы (9,1 %), что означает влияние электронных сигарет на нарушения защитных механизмов ротовой полости (рис. 3). На рисунке проведена линия баланса, соответствующая равновесию между щелочной и кислотной буферной ёмкостью. Предположительно, на системы буфера повлияли компоненты жидкости

для курения, которые закислили среду ротовой жидкости и остановили её восстановление.



Рис. 3. График дисбаланса буферной ёмкости относительно линии баланса

По итогам анализа активности  $\alpha$ -амилазы в слюне наблюдалось снижение каталитической активности фермента (в отдельных образцах практически не проявлял никакой активности) по сравнению с образцами некурящих людей в ходе эксперимента с крахмалом и йодом (табл.).

Таблица. Эксперимент по расщеплению слюной  $\alpha$ -амилазы

Наблюдения	Состояние амилазы
<b>КГ</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Содержимое окрасилось в коричневый цвет (йода);</li> <li>- Качественная реакция йода и крахмала не произошла</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Амилаза слюны полностью расщепила крахмал до глюкозы за 15 минут;</li> <li>- Ферментативная активность амилазы в норме</li> </ul>
<b>ЭГ</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Часть содержимого приобрело тёмно-синий цвет, после тряски – тёмный оттенок;</li> <li>- Произошла качественная реакция йода и крахмала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Амилаза слюны не полностью расщепила крахмал до глюкозы за 15 минут;</li> <li>- Снижение каталитической активности амилазы (снижение её содержания в слюне)</li> </ul>

Изменения в вязкости слюны между двумя группами не были обнаружены – вероятнее всего пары вейпа не влияют на этот показатель. Время вытекания слюны из пипетки было примерно одинаковым для обеих групп.

Таким образом, по результатам четырёх химических анализов было выявлено, что компоненты аэрозоля электронных сигарет оказывают отрицательное влияние на биохимический состав смешанной слюны, что сказывается на снижении как её основных функций, так и на косвенном воздействии на состояние всего организма.

Корсукова А.В., Варенцова Д.Д., Ожогина О.Р.

## **БИОДЕГРАДАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Производство пластмасс стало незаменимым благодаря универсальности и низкой стоимости, но за столетие нанесло серьезный ущерб экологии. В условиях ужесточения экологических норм разработка технологий переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ) стала важнейшей задачей. Традиционные методы обращения с отходами имеют критические недостатки. Захоронение ведет к многолетнему загрязнению почв и грунтовых вод. Сжигание сопровождается выбросом токсичных веществ - диоксинов и тяжелых металлов. Механическая переработка (рециклинг) позволяет частично вернуть полимер в оборот, но сопряжена с деградацией макромолекул, что ухудшает свойства вторичного материала, требует сложной сортировки и часто экономически невыгодна.

В связи с этим все большее внимание привлекают биотехнологические методы. Их преимущества – мягкие условия (атмосферное давление, умеренные температуры), высокая энергоэффективность и отсутствие агрессивных реагентов. Микроорганизмы и ферменты способны избирательно разлагать ПЭТ до исходных мономеров, которые можно повторно использовать для синтеза первичного полимера, реализуя принцип замкнутого цикла. Кроме того, биологическая утилизация не сопровождается образованием токсичных вторичных загрязнителей.

Ключевым прорывом стало открытие японскими учеными в 2016 году бактерии *Ideonella sakaiensis* 201-F6, выделенной из природных микробных сообществ, контактировавших с ПЭТ. Она способна использовать ПЭТ в качестве основного источника энергии и углерода. При выращивании на полиэтилентерефталате этот штамм вырабатывает два фермента, способных гидролизовать ПЭТ и промежуточный продукт реакции — моно(2-гидроксиэтил)терефталевую кислоту. Оба фермента позволяют эффективно расщепить ПЭТ на два экологически безопасных мономера — терефталевую кислоту и этиленгликоль [1]. Французские исследователи добились успеха с использованием штаммов *Thermobifida fusca*. Их ферменты гидролизуют сложноэфирные связи в ПЭТ. Инкубация с участием пяти ферментов при 55–65 °С в течение 48 часов привела к потере массы пленки ПЭТ до 14 % в зависимости от используемого фермента. Высокая термостабильность этих гидролаз —

технологически важное свойство, поскольку позволяет проводить процесс при повышенных температурах, значительно ускоряя скорость реакции [2].

Биотехнологическая деполимеризация ПЭТ представляет собой экологически безопасную и энергоэффективную альтернативу традиционным методам утилизации. Способность микроорганизмов разлагать полимер до исходных мономеров открывает возможность создания замкнутого цикла переработки, снижая загрязнение окружающей среды и уменьшая зависимость от ископаемого сырья.

### Библиографический список

1. Shosuke Yoshida, Kazumi Hiraga, Toshihiko Takehana и др. A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate) // [National Library of Medicine]. — 2016. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26965627/> (дата обращения: 23.03.2026).

2. Белов Д.В., Беляев С.Н. Перспективы переработки пластиковых отходов на основе полиэтиленгликольтерефталата с применением живых систем. 2022. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-pererabotki-plastikovyyh-othodov-na-osnove-polietilenglikoltereftalata-s-primeneniem-zhivyh-sistem-obzor> (дата обращения: 23.03.2026).

УДК 66.074.34

Корсукова А.В., Варенцова Д.Д., Ожогина О.Р.

### **СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ CO<sub>2</sub>:**

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Аммиак является одним из ключевых химических соединений, играющих огромную роль в различных областях современной промышленности. Восемьдесят процентов мирового производства аммиака идет на нужды химической отрасли и изготовление азотных удобрений. Его промышленное производство сопровождается значительным углеродным следом. Оксиды углерода, как побочные продукты, образуются на стадиях конверсии метана или газификации топлив.

Технология производства «голубого» (низкоуглеродного) аммиака предусматривает улавливание CO<sub>2</sub>, что снижает воздействие на климат по сравнению с классическими методами производства. Данный процесс предусматривает извлечение, использование и хранение углерода (Carbon Capture, Utilisation and Storage, CCUS) и представляет собой комплекс решений для снижения промышленных выбросов CO<sub>2</sub>. Наиболее

распространенным методом очистки газовых выбросов от оксидов углерода является абсорбция с использованием аминовых растворов. Извлеченный  $\text{CO}_2$  сжимается до давления 100 - 150 атм и транспортируется к месту хранения или использования. Производство карбамида представляет собой уникальную возможность утилизации диоксида углерода, образующегося при производстве аммиака. Потребление  $\text{CO}_2$  на тонну карбамида 0,73 т/ч. Таким образом, крупные заводы могут утилизировать до 3650000 т углекислого газа ежегодно, используя его как ценное сырье.

К экологически чистым можно отнести производство «зеленого» аммиака. Продукт синтезируют из «зеленого» водорода, который производится электролизом воды с использованием возобновляемых источников энергии без выделения углекислого газа. В августе прошлого года в Дании был запущен первый в мире завод по производству аммиака с использованием солнечной и ветровой энергии. Производство может выпускать до 5000 т аммиака в год. Если говорить об аммиаке как о зелёном топливе, то уже разработаны двигатели внутреннего сгорания на аммиаке, в том числе для морских и речных судов. Есть ряд моделей транспортных средств на этом топливе, а также планируется спуск на воду в 2026 году в Норвегии первого в мире контейнеровоза на аммиаке. «Зелёный» аммиак может выступать в качестве экологичного топлива для электростанций, значительно снижая выбросы  $\text{CO}_2$ , которые составляют 1,9 % от общемировых. Применение новых технологий значительно уменьшит энергозатраты, а также позволит снизить выбросы парниковых газов в среднем на 5 %.

УДК 547.553.1

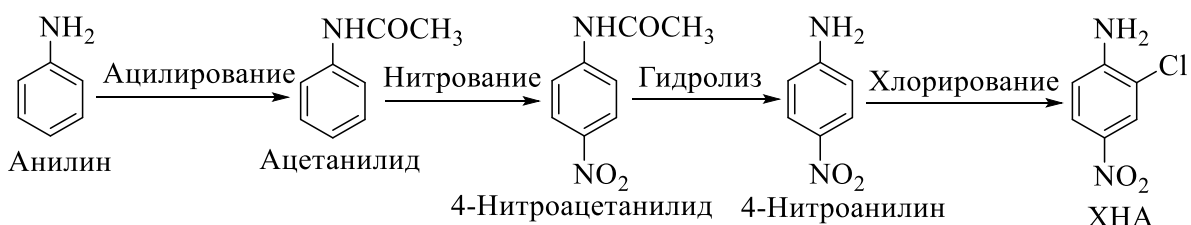
Коршунова М.В., Доронкина Ю.С., Карпычев Ю.В.,  
Карпычева Ю.С., Баврина А.П.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ 2-ХЛОР-4-НИТРОАНИЛИНА**

АО ГосНИИ «Кристалл», г. Дзержинск

Целью работы являлась разработка технологичного способа получения 2-хлор-4-нитроанилина (ХНА) и его кристаллизации.

В литературе [1] описан способ получения ХНА из анилина, который позволяет получить ХНА с выходом 90 - 95 % и содержанием основного вещества 87 - 90 %, после кристаллизации более 99 %. Схема получения представлена на рисунке.



**Рис. Схема получения 2-хлор-4-нитроанилина из анилина**

В процессе исследований по каждой из стадий были подобраны оптимальные параметры. Исследована возможность получения 4-нитроацетанилида (*n*-НАА) из анилина и ХНА из *n*-НАА без выделения промежуточных продуктов. Также исследованы способы кристаллизации ХНА с целью его очистки.

Таким образом, в результате проведенных исследований определены оптимальные параметры получения ХНА из анилина. Установлено, что предложенный способ позволяет получить ХНА без выделения в свободном виде таких промежуточных продуктов, как АА и *n*-НА. Разработанный технологичный способ позволяет получить целевой продукт с выходом на стадии хлорирования 90 - 95 % и содержанием основного вещества 87 - 90 %. Разработанный способ кристаллизации ХНА позволяет получить продукт с выходом 70 - 75 % и содержанием основного вещества более 98 %.

### Библиографический список

1. Карпычева, Ю.С. Создание производства мономера для арамидных волокон третьего поколения типа РУСАР - НТ для нужд ракетно-космической промышленности / Ю.С. Карпычева, А.И. Краснов, Ю.С. Доронкина, В.А. Кашаев // Сборник научных трудов XIII Национальной научно-технической конференции – М. : Союз машиностроителей России, 2024. – С. 32 - 35.

УДК 66.063.612

Малков В.Э., Шишулина А.В.

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭМУЛЬГИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА АГРЕГАЦИЮ ПОЛИМЕРНЫХ ЧАСТИЦ В ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Водные акриловые дисперсии служат основой для создания пленочных покрытий в производстве красок, клеевых составов и герметиков. С точки зрения экономической эффективности более привлекательными являются концентрированные латексы, содержащие

свыше 60 % полимера по массе. Использование таких высококонцентрированных материалов способствует сокращению энергетических затрат на процесс высушивания пленкообразующего компонента, повышает эффективность работы производственного оборудования и позволяет оптимизировать затраты на транспортировку продукции [1].

Однако создание рецептур с высокой концентрацией дисперсий представляет собой нетривиальную задачу. Это связано с предсказуемым нарастанием кажущейся вязкости реакционной смеси по мере увеличения степени превращения. Причиной этого является возникновение взаимодействий между полимерными частицами, особенно, когда объемная доля дисперсной фазы приближается к предельному значению, определяемому упаковкой полимерных частиц. Решение проблемы агрегативной стабильности концентрированных водных дисперсий достигается путем точного контроля над процессом полимеризации и тщательным подбором подходящего эмульгатора.

Изучено влияние различных эмульгирующих систем на характеристики клея чувствительного к давлению, который был синтезирован путем эмульсионной сополимеризации бутилакрилата и метакриловой кислоты. В ходе эксперимента были оценены два типа поверхностно-активных веществ (ПАВ), использованных в качестве образцов эмульгаторов: неионогенный (НПАВ) оксиэтилированный алкилфенол и его сульфатная производная — анионогенный (АПАВ) ПАВ. Выявлено, что использование АПАВ эффективно подавляет коагуляцию частиц благодаря электростатическому отталкиванию, однако может приводить к нарушению ионного баланса в эмульсии. В отличие от него, НПАВ, несмотря на более низкую эффективность в формировании однородной эмульсии, стабилизирует частицы за счет стерического эффекта и не вызывает ионной асимметрии.

Показано, что применение системы АПАВ-НПАВ в разных концентрационных соотношениях позволяет компенсировать недостатки каждого из них и получать более стабильную высококонцентрированную эмульсию, чем любой из этих эмульгаторов по отдельности. Стабильная агрегативная устойчивость полимерных частиц достигается при использовании смесового эмульгатора – АПАВ:НПАВ в соотношении равном (85 - 95) : (15 - 5) в количестве 3 - 5 % масс. от мономера (в перерасчете на сухое вещество).

### **Библиографический список**

1. Lutsenko A.A., Dyuryagina A.N., Chem. J. Khazakhstan, 2023, 2(82), 16 - 26.

## **ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

МБОУ «Средняя школа № 27, г. Дзержинск

Актуальность проблемы: химические источники тока (ХИТ) в настоящее время широко распространены, но их переработке не уделяется достаточного внимания. Но если их не перерабатывать, а просто выкидывать, это может истощать природные ресурсы и загрязнять окружающую среду.

Цель работы: провести анализ современных методов переработки ХИТ и выявить проблемы, встречающиеся в процессе их переработки.

Для выполнения данной работы были поставлены следующие задачи

1. Провести анализ методов сбора и переработки ХИТ.
2. Провести переработку ХИТ.
3. Оценить полноту выделения ценных металлов в результате переработки.

Для данной работы была выдвинута гипотеза: современные методы переработки ХИТ ещё далеки от идеала и не позволяют извлекать ценные материалы без больших потерь и с минимумом отходов.

Объектом исследования является утилизация ХИТ.

Предметом исследования являются отработанные ХИТ, идущие на переработку.

В практической части исследования была проведена переработка ХИТ с анализом встречающихся проблем, состоящая из следующих этапов

1. Разбор батареи и отбор 5 аккумуляторов.
2. Разрядка аккумуляторов и удаление пластиковой и металлической оболочек.
3. Разделение внутренней части на анод, полимерную плёнку-сепаратор, катод и отделение ценных соединений (оксидов лития, марганца, никеля, кобальта) от алюминиевой плёнки, путём её растворения;
4. Выделение ценных металлов из раствора. Были получены: карбонат лития (4,9 г), диоксид марганца (12,3 г), диметилглиоксим и сульфат никеля (5,8 г и 25,4 г соответственно). Выделить кобальт не получилось. Это может быть связано с высокой устойчивостью комплекса;
5. Расчёт масс и долей выделенных металлов, содержащихся в одном ХИТ: литий - 0,186 г, 0,42 %; марганец - 1,556 г, 3,5 %; никель - 2,17 г, 4,93 %.

## Основные результаты исследования

1. При выполнении данной научно-исследовательской работы были изучены методы утилизации ХИТ.

2. Была проведена переработка ХИТ гидрометаллургическим методом.

3. Из-за отсутствия информации о том, сколько по массе изначально содержалось металлов, по соотношению масс никеля и марганца, предположили состав катодного материала. По соотношению подходит катодный материал под названием NMC532 (Ni~29 - 30 %, Mn~17 – 18 %, Co~12 – 13 %, Li~6 – 7 %, O~32 – 34 %).

4. Проанализированы проблемы, встречающиеся при утилизации ХИТ. Установлено, что основные проблемы - неорганизованность сбора ХИТ и сложность технологии их переработки.

5. Выдвинутая гипотеза была подтверждена.

УДК 582.261

Смирнов М.А., Байдаченко В.Е., Найденкова А.А., Кулаков М.В.

### **ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПИДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Ультразвуковая экстракция является перспективным методом интенсификации выделения липидов из микроводорослей благодаря кавитационным эффектам, разрушающим клеточные стенки. В работе исследовано влияние продолжительности ультразвуковой обработки на выход экстрактивных веществ и липидов, а также на жирнокислотный состав получаемых фракций. Экстракцию проводили на биомассе микроводорослей с использованием смеси растворителей хлороформ: метанол (2:1) при массовом соотношении растворитель:биомасса = 37,7:1 и температуре 50–60 °С. Варьировали время выдержки биомассы в среде распространения ультразвука от 0,5 до 2 часов.

Установлено, что увеличение времени ультразвуковой обработки положительно сказывается на эффективности экстракции (таблица). Доля экстрагированных веществ возрастает с 25,1 % до 36,6 %, а выход липидов – с 65,5 % до 78,2 % от исходного содержания. При этом наблюдается значительное изменение жирнокислотного профиля: массовая доля насыщенных жирных кислот (НЖК) снижается с 40,8 % до 33,6 %, тогда как доля ненасыщенных жирных кислот (ННЖК) увеличивается с 54,2 % до 68,4 %. Наиболее выражен рост содержания

олеиновой (C18:1) и линолевой (C18:2) кислот, что повышает ценность липидной фракции для биотехнологических применений.

**Таблица. Зависимость эффективности экстракции и жирнокислотного состава от времени ультразвуковой обработки**

Показатель	0,5 ч	1 ч	1,5 ч	2 ч
Доля экстрагированных веществ, %	25,09	28,81	32,45	36,63
Выход липидов (от исходного), %	65,5	69,2	73,8	78,2
Массовая доля $\Sigma$ НЖК, %	40,80	37,66	34,52	33,56
Массовая доля $\Sigma$ ННЖК, %	54,20	61,34	65,48	68,44

Таким образом, ультразвуковая экстракция позволяет эффективно извлекать липиды из микроводорослей, причём увеличение времени обработки до 2 часов повышает выход целевых компонентов и обогащает липидную фракцию ненасыщенными жирными кислотами. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации процессов выделения липидов из микроводорослей при производстве биотоплива и биологически активных добавок.

УДК 504:677.076.4

Цет П.Д.

## **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЗАМЕНА ИХ НА БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ АНАЛОГИ**

МБОУ «Средняя школа № 27», г. Дзержинск.

В современном мире, в разных областях и сферах жизни человек часто использует нетканые материалы, начиная с одежды и заканчивая сельским хозяйством. Устойчивое и массовое использование нетканых материалов создает много экологических проблем, которые становятся все более актуальными и их уже нельзя игнорировать.

Целью работы являлось изучение свойств нетканых материалов (НМ) и поиск биоразлагаемых аналогов. Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- 1) Исследовать прочность НМ на разрывной машине марки Suprаmах
- 2) Сравнить процессы горения НМ, бумаги и бумажной салфетки.
- 3) Изучить микроструктуру НМ.
- 4) Провести поиск биодигрируемых аналогов.

В ходе исследования была выдвинута гипотеза о том, что нетканые материалы не разлагаются в окружающей среде и не подвержены переработке.

В ходе проделанной работы мы ознакомились с неткаными материалами, изучили информацию о пластике и полимерах, из которых они изготовлены, измерили физико-механические свойства НМ на разрывной машине. Но НМ не разорвался, а лишь вытянулся вдоль оси приложенного напряжения. Прочность на разрыв составила 9,5 МПа, а относительное удлинение 80,2 %. По итогам эксперимента с горением НМ можно сказать, что он не поддается данному процессу и сжечь полностью его нельзя. Во время проведения опыта с моделированием биоразложения в естественной среде можно судить, что НМ не биоразлагаются и, следовательно, загрязняют почву. Проведя ряд данных экспериментов, мы подтвердили гипотезу о том, что НМ крайне опасны для окружающей среды и им требуются биодиградируемые аналоги.

УДК 66.021:541.18

Шишкин А. И., Суханов Д. Е.

## **КОНСТРУКЦИЯ РЕАКТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНОГО БОРА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Аморфный бор одна из аллотропных форм бора, представляющая собой тёмно-бурый или чёрный порошок. В отличие от кристаллического бора, он не имеет упорядоченной структуры [1].

Главная ценность бора в атомной энергетике - способность поглощать нейтроны, особенно у изотопа  $^{10}\text{B}$  [2].

Аморфный бор и его соединения критически важные материалы в атомной промышленности, обеспечивающие безопасность, контроль и защиту ядерных установок. Их роль растет с развитием новых реакторных технологий и повышением требований к радиационной безопасности. Поэтому получение аморфного бора в виде частиц особой формы и размера является актуальной задачей [3].

Реактор для проведения плазмохимического синтеза по гидродинамическому режиму представляет собой реактор идеального вытеснения.

Материал корпуса и рубашки нержавеющая сталь 12Х18Н10Т. Внутренний диаметр обечайки 100 мм, толщина стенки 4 мм, длина 1500 мм. Реактор оборудован рубашкой охлаждения диаметром 133 мм, с установленным на нее компенсатором тепловых расширений.

По тепловому режиму реактор относится к реакторам изотермического типа за счет постоянного отвода тепла охлаждающей жидкостью.

По фазовому состоянию реакционной среды реактор гетерогенный.

Закрученный газовый поток из плазменной горелки поступает в реактор с температурой от 900 °С на периферии и до 4000 °С в центре плазменного потока. В верхней части реактора происходит реакция образования бора в потоке ионизированных компонентов имеющих высокую температуру, при данных условиях реакция является обратимой и имеет ряд последовательно-параллельных направлений, для смещения реакции в сторону образования бора реактор оборудован рубашкой охлаждения, экспериментально подобрана его длина и конструкция.

Резкое охлаждение и закрутка реакционных газов позволяет сконденсировать бор на охлаждаемой поверхности реактора.

Совокупность предложенных технических решений позволяет получать аморфный бор в виде частиц особой формы и размера для нужд атомной промышленности.

### Библиографический список

1. Палеха, В.А. Бор. Свойства и применение в ядерной энергетике / В.А. Палеха, А.А. Гетьман // Литьё и металлургия. - 2017.
2. Рисованый, В.Д. Бор в ядерной технике / В.Д. Рисованый, А.В. Захаров, Е. П. Ключков, Т. М. Гусева ; ГНЦ РФ НИИАР. — Димитровград : [б. и.], 2003. - 235 с.
3. Цапенко, И.Н. К вопросу о боросодержащих композиционных материалах / И.Н. Цапенко // Poly&Profi : сайт. - 2023.

УДК 620.193.82

Шуравин А.С., Соболева С.А., Калинина А.А., Соколова Т.Н.  
**ГРАВИМЕТРИЯ В ВЫЯВЛЕНИИ ВОЗМОЖНОСТИ СОЛЕЙ  
ТЕТРАЗОЛИЯ ИНГИБИРОВАТЬ МИКРОМИЦЕТНУЮ  
КОРРОЗИЮ СТАЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Возможность проникновения гиф микромицетов в объемную фазу металла усложняет поиск направлений ингибирования биокоррозии через изменение состояния поверхности металла. Ранее было установлено, что бактериальная коррозия замедляется при обработке поверхности металла солями тетразолия и было предложено аргументированное объяснение этому явлению [1].

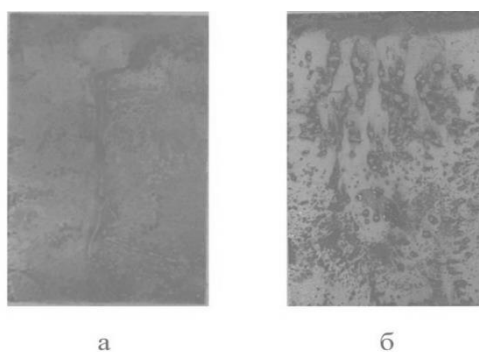
Целью настоящей работы явилось рассмотрение возможности солей тетразолия влиять на характер коррозионного процесса при воздействии на металл микромицетов.

В качестве исследуемых образцов выбраны сталь Ст10 и С245 как одни из распространенных материалов в конструкциях и металлических

изделиях. В результате скрининга выявлены наиболее коррозионно-активные микромицеты: *Alternaria alternata* и *Paecilomyces variotii*. На поверхности металлов проведена адсорбция 2,3,5-трифенилтетразолия хлорида (ТФТ) из раствора концентрацией 1 ммоль/л в течении 3 минут для образцов стали Ст10 и 7 минут для С245.

Известно, что соли тетразолия способны использовать в качестве доноров электронов широкий спектр соединений, в том числе металлы. Визуально на поверхности металлов наблюдается образование моноформаза, окрашивающего поверхность образца (рис.1).

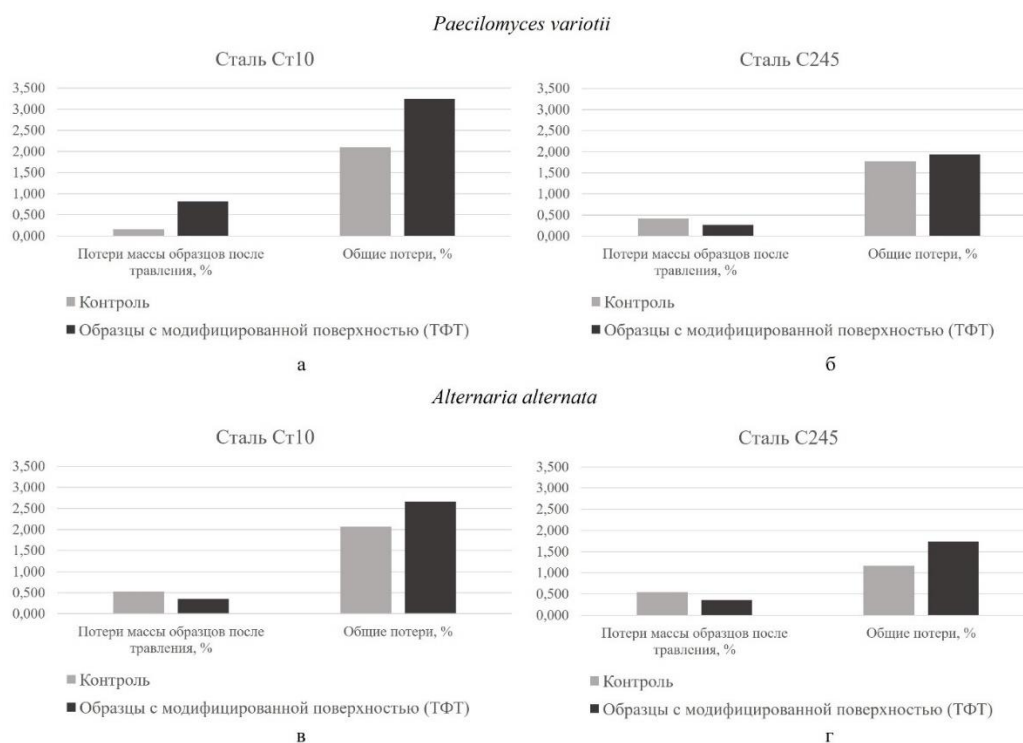
Гравиметрический анализ проводился после 30-суточной экспозиции и включал в себя обработку поверхности в следующей последовательности: автоклавирование ( $t = 115\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1,5\text{ атм.}$ ); ультразвуковая очистка в течение 10 минут ( $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , частота 20 - 30 кГц); травление по стандартной методике [2].



**Рис. 1. Изменение окраски поверхности образцов сталей после их экспозиции в ТФТ: а – сталь Ст10; б – сталь С245**

Установлено, что ТФТ, в отличие от бактериальной коррозии, не оказывает ингибирующего эффекта при длительной экспозиции. Выявлено, что проникновение гиф вглубь металла зависит от его структуры, о чем свидетельствуют различия в потере металла на стадии травления (рис. 2).

Так, при воздействии на образцы стали С245, заселение объемной фазы микромицетами *Alternaria alternata* и *Paecilomyces variotii* менее значительно в сравнении с контрольным образцом. В результате, общие потери при воздействии *Paecilomyces variotii* на С245 соизмеримы с потерями контрольного образца, а в случае *Alternaria alternata* наблюдается лишь незначительное увеличение потерь.



**Рис. 2. Потери массы образцов сталей в результате исследования:**  
 а – сталь Ст10 на поверхности *Paecilomyces variotii*; б – сталь С245 на поверхности *Paecilomyces variotii*; в – сталь Ст10 на поверхности *Alternaria alternata*;  
 г – сталь С245 на поверхности *Alternaria alternata*

По отношению к образцам стали Ст10 поведение исследуемых микромицетов существенно отличается. *Paecilomyces variotii*, вероятно, активно заселяет объемную фазу металла. Потери массы модифицированного металла после травления превышают потери массы контрольных образцов на 0,66 % (рис. 2 а), а общие потери на 1,14 %. Микромицет *Alternaria alternata* напротив, как и в случае со сталью С245, активнее колонизирует модифицированную поверхность. Но в обоих случаях общие потери образцов стали С245 превышают потери образцов Ст10.

Таким образом, в отличие от бактериальной коррозии, соль ТФТ практически не оказывает ингибирующего эффекта, что, безусловно, определяется различиями в способах колонизации поверхности. Однако результаты, представленные на рис. 2, позволяют продолжить исследования с другими солями тетразолия, в том числе, имеющими повышенное сродство к поверхности металла.

### Библиографический список

1. Tetrazolium salts as inhibitors of bacterial corrosion of metals / A.A. Kalinina, T.N. Sokolova, E.P. Komova [et al.] // International Journal of

Corrosion and Scale Inhibition. – 2023. – Vol. 12, Issue 4, – P. 2239-2255. – DOI: 10.17675/2305-6894-2023-12-4-37

2. ГОСТ 9.907-2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний. Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 19 с.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абрамова К.С.	162	Демченко О.А.	122, 143
Абрамова С.А.	22, 32	Диков В.А.	89, 134
Авдеева А.А.	65, 66, 68, 70	Добротин С.А.	77
Анисимова С.В.	163	Долинов Я.В.	178
Ануфриев В.А.	23	Долотов Д.С.	178
Архипова В.О.	163	Доронкина Ю.С.	175, 188
Аулов В.И.	24	Дранишникова Л.И.	180
Афонин Н.С.	71, 147	Емельянова Т.В.	40
Ашин Н.Д.	72, 74	Ефремов Д.С.	39
Баврина А.П.	188	Жаринов И.В.	91, 97, 114, 148
Байдаченко В.Е.	167, 168, 192	Жарова Т.В.	84, 135, 144
Балахнин И.А.	11, 104, 151	Завражина А.К.	86
Баринов А.Д.	24	Загидуллин В.Ф.	158
Баринов Д.С.	167, 168	Задорова Д.В.	87
Батманова В.А.	87	Зайцев А.А.	89
Белин Б.П.	171	Зайцев Е.Э.	119
Бережной А.Н.	75	Зайцева Е.В.	33
Бодров-Горин С.Д.	76	Зоткин М.Д.	91
Бондалетов В.Г.	168	Иванова А.Е.	34
Борисова П.А.	158	Иващенко Е.В.	24
Бувашкина А.А.	26	Игнаткина А.Д.	93
Буланцев Г.И.	27	Ионова Э.А.	180
Васильев В.Е.	43, 59	Ишеков Н.А.	95
Васильева А.М.	29, 30	Казанцев О.А.	178
Васин С.А.	77	Калинина А.А.	195
Варенцова Д.Д.	172, 186, 187	Калинкин Д.В.	35, 36
Вихирева А.Д.	173	Калоша А.Ю.	37
Вовк К.Д.	87, 158	Канарин Д.Н.	97
Волков А.А.	24	Капустин Н.Н.	39
Высоцкий Л.Д.	58	Карпычев Ю.В.	175, 188
Глотов Е.А.	78	Карпычева Ю.С.	175, 188
Горохов Д.С.	39	Качалова Е.А.	180
Горбунов Н.С.	175	Кашицин С.М.	100
Горбылев С.Д.	31	Кечкина Н.И.	82, 86, 95, 110, 112, 138, 140, 160
Горлышкова А.А.	80, 176	Клещев В.А.	93
Горюнова Д.С.	119	Кожевяткина М.А.	40
Гундорица А.В.	22, 32		
Гуревич С.А.	82		
Гурьева А.	177		

Козлов Д.А.	100	Мальгин А.Л.	137, 147
Козлова А.А.	41	Мастеров Т.С.	122
Кондин А.С.	182	Мельников Л.Г.	178
Корнев Л.М.	43	Мясников Д.В.	123
Корнева А.С.	102, 183	Нажимов А.В.	26, 34, 55, 76
Королев Е.А.	104	Нажимова Н.А.	23, 31, 61, 63
Коротина Ю.С.	175	Найденкова А.А.	167, 192
Коротков Н.С.	105	Наумова Е.Г.	45, 107
Корсукова А.В.	172, 186, 187	Никандров И.С.	147
Коршунов А.М.	137	Овсянов М.А.	191
Коршунова М.В.	188	Ожогина О.Р.	186, 187
Косырев В.М.	89	Онищук П.Е.	93
Кошечкина Е.А.	107	Орехов Д.В.	178
Краснов Ю.В.	155	Орехов Д.О.	125
Кропылёва С.И.	135	Орлов А.С.	117
Крюков К.А.	109	Отмахова С.В.	52, 128
Кузнецов А.Д.	44	Панин М.С.	130, 131, 132
Кузнецов Д.А.	110	Панов В.В.	152
Кузнецов С.О.	137	Петровская Н.А.	173
Кулаков М.В.	167, 192	Петровский А.М.	11
Кулагин П.А.	45	Поляков Д.А.	134
Кулигина Н.О.	35, 36, 48, 125	Попов А.А.	27, 78, 100, 105, 109, 142, 146
Кульпин И.А.	112	Прокофьев Е.Д.	135
Кураева А.В.	47	Рабынина А.А.	22, 32, 54, 55
Курылёв В.С.	114	Родионов Г.А.	24
Курфтырева Н.А.	84, 172	Розенвайн Р.О.	57
Ладо А.М.	48	Романова Т.М.	151
Лазарева Е.И.	24	Росина Е.А.	55
Лаптев А.Д.	116	Савинова М.В.	178
Ларионов М.А.	150	Сагин Н.В.	137
Левицкая А.В.	163	Сидоров И.А.	29, 37, 41, 50, 52, 54, 55, 128
Леушкина А.Е.	119	Сидягин А.А.	144
Лёшина М.Н.	173	Симагин А.С.	11
Леценко Е.Д.	22, 32, 117	Смирнов М.А.	167, 192
Линева М.А.	50	Смирнова А.С.	138
Лобаев А.Н.	125	Соболева С.А.	195
Лукьянов Д.Р.	119, 152	Соколов А.Е.	100
Лямин Н.А.	121		
Малков В.Э.	189		
Малочкина Ю.А.	135		

Соколова Т.Н.	195
Соснин А.Ю.	140
Спицина Е.Б.	178
Степыкин А.В.	11, 144
Стрюков А.С.	142
Суханов Д.Е.	122, 143, 194
Тараканов Д.А.	58
Телегин К.М.	93, 143
Токарев С.В.	33, 57, 75, 121
Тормышев А.Д.	59
Тутанина Е.М.	144
Усов А.С.	60
Ушаков И.И.	146
Федосова М.Е.	11
Филипенко Р.С.	147
Харитонов И.Ю.	11, 30, 44
Хлыбов А.А.	123
Хлытин А.В.	148
Хорьков А.А.	150
Цепилов В.Е.	151
Цет П.Д.	193
Чернышова С.А.	61
Чирков М.А.	152
Чужайкин И.Д.	168
Шанин И.Д.	152
Ширяев А.И.	63
Шишкин А.И.	194
Шишкин Е.А.	24
Шишулин А.В.	47
Шишулина А.В.	189
Шмаров А.А.	155
Шуравин А.С.	195
Шурашов А.Д.	71
Явров Б.С.	158
Явров С.С.	158
Якубенко А.В.	160

НАУЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ-2026  
Сборник материалов  
Региональной молодежной научно-технической конференции  
22 - 24 апреля 2026 г.  
г. Дзержинск

Редактор Е.А. Репникова  
Компьютерная верстка М.А. Смирнов

Подписано в печать 08.06.2026. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 12,5 Тираж 130 экз. Заказ

---

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.  
Типография НГТУ.  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.