

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА В РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
студентов и молодых ученых

(г. Березники, 28 апреля 2021 г.)

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2021

УДК 37:378+62:621+66:669

М75

М75 **Молодежная** наука в развитии регионов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 28 апреля 2021 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – 372 с.

ISBN 978-5-398-02517-0

Опубликованы материалы докладов студентов и молодых ученых всероссийской научно-практической конференции, которая посвящена проблемам научно-технического и социально-экономического развития регионов. Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов по направлениям: информатизация в управлении техническими системами и технологическими процессами, автоматизация технологических процессов, электротехника и электроника, аппаратурное оформление технологических процессов, актуальные проблемы химической технологии, охраны окружающей среды и промышленной безопасности, горное дело, историко-культурные и социально-экономические перспективы развития регионов.

Материалы конференции могут быть полезны преподавателям вузов и средних специальных учебных заведений, научным работникам, руководителям и специалистам предприятий, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, проф. В.Ф. Беккер,
д-р техн. наук, проф. А.В. Затонский,
канд. техн. наук, доц. О.К. Косвинцев,
канд. хим. наук, доц. М.А. Куликов,
д-р техн. наук, проф. С.В. Лановецкий,
канд. экон. наук, доц. С.А. Черный,
канд. техн. наук, доц. С.Э. Шаклеина,
канд. ист. наук, доц. В.В. Шилов

Редактор Н.В. Шиляева,
Техн. редактор С.С. Лепп

Ответственный редактор
канд. психол. наук, доц. М.Н. Семенова

ISBN 978-5-398-02517-0

© ПНИПУ, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОЦЕССАМИ В ОБРАЗОВАНИИ.....	8
<i>И.М. Галимов.</i> Диагностика насосов на основе операционных систем IOS и Android.....	8
<i>И.И. Хафизов.</i> Расчет работы РДТТ на нестационарном участке.....	12
<i>Р.Р. Хаснудинов.</i> Организационные особенности внедрения САПР/PLM в условиях непрерывного усложнения современных технических средств и процессов их изготовления.....	16
<i>Д.А. Корепанова.</i> Совершенствование дульнозарядных систем.....	19
<i>И.Е. Жигалов, М.С. Ланская.</i> Применение сетей Петри при проектировании телекоммуникационных систем.....	20
<i>А.В. Затонский, К.А. Федосеева, Е.С. Медведева.</i> Выбор метода идентификации технологических отклонений по изменению изображения пены.....	22
<i>Е.А. Митюков.</i> Архитектура методики повышения надежности и живучести АСУП с использованием новых методов защиты и диагностирования их информационного и программного обеспечения.....	25
<i>П.В. Михалев.</i> Подбор оптимальных параметров нейронной сети для решения задачи идентификации отклонений движения горно-выемочной машины.....	27
<i>А.С. Куверзанов, М.И. Озерова.</i> Игра в четырех измерениях: как это возможно? Основы четвертого измерения и рассмотрение игры.....	30
<i>И.С. Долгополов.</i> Среда разработки Qt Creator. Преимущества и недостатки.....	34
<i>П.А. Язев.</i> Использование регрессионной модели работы горно-выемочной машины для решения задач планирования добычи калийной руды.....	36
<i>И.С. Долгополов.</i> Автоматизация деятельности предприятия «Детский сад».....	38
<i>Н.О. Сергеев.</i> Тестирование программного интерфейса приложения на примере сайта БФ ПНИПУ.....	41
<i>П.А. Баженов.</i> Управление коллективной производительностью труда с точки зрения системного подхода.....	45
<i>Н.Д. Лацвиев.</i> Создание сайта аренды квартир.....	49
<i>Н.А. Шеин.</i> Разработка мобильного приложения для помощи в выгуле собак.....	51
<i>В.П. Левченко, Е.В. Сумкина, С.Ю. Кириллова.</i> Информационная система вуза. Подсистема организации практик студентов.....	53
<i>Н.В. Канаева, П.Н. Сахарова, С.Ю. Кириллова.</i> Информационная система вуза. Подсистема учета рабочих программ дисциплин.....	56
<i>С.М. Корнилов.</i> Исследование перспектив применения информационных систем для анализа дорожно-транспортных происшествий.....	59
<i>Ю.Н. Ипатова, А.Д. Котова, С.Ю. Кириллова.</i> Информационная система вуза. Подсистема организации ГЭК и сотрудничества с выпускниками.....	60
<i>В.В. Якушевский, С.Ю. Кириллова.</i> К вопросу исследования и разработки модуля транспортной логистики для информационной системы предприятия.....	63
<i>И.А. Батуева.</i> Разработка виртуальной химической лаборатории.....	65
Раздел II. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.....	67
<i>А.А. Барсукова, Р.И. Макаров.</i> Исследование технологического процесса формования ленты стекла.....	67

<i>Т.С. Богомолова, В.Ф. Беккер.</i> Управление тепловым режимом нейтрализации аммиачной селитры.....	69
<i>А.А. Букин.</i> Автоматизация понижения давления газа.....	74
<i>И.С. Бычин, В.Ф. Беккер.</i> Влияние температуры на кинетику абсорбции оксидов азота содовым раствором.....	77
<i>А.А. Жуланов.</i> Исследование электромеханических характеристик процесса по подъему руды на поверхность.....	81
<i>М.С. Карпов, В.Ф. Беккер.</i> Математическое моделирование теплового режима гашения извести.....	85
<i>С.А. Моськин, В.Ф. Беккер.</i> Расчет токов короткого замыкания в цепях кремниевого выпрямительного агрегата.....	88
<i>Н.О. Назаренко, В.Ф. Беккер.</i> Моделирование пусковых режимов тиристорного пуска асинхронного электродвигателя.....	92
<i>Н.О. Назаренко, В.Ф. Беккер.</i> Исследование переходных процессов тиристорного пуска асинхронного электродвигателя	97
<i>К.Е. Прилепский, В.Ф. Беккер.</i> Оптимальное управление процессом деаэрации воды в деаэраторе повышенного давления.....	102
<i>К.Е. Прилепский, В.Ф. Беккер.</i> Исследование на математической модели ресурсов оптимизации деаэратора повышенного давления.....	106
<i>А.А. Серебряков.</i> Оптимизация управления процессом перечистой флотации хлорида калия в пневмоэжекторной флотомашине.....	111
<i>А.В. Собянин.</i> Математическая модель турбогенератора.....	116
<i>А.А. Суханов, В.Ф. Беккер.</i> Модернизация комплектной подстанции.....	120
<i>А.С. Сырчиков.</i> Учет влияния температуры на кинетику синтеза карбамида.....	124
<i>А.О. Тищенко.</i> Модернизация электроснабжения химико-металлургического участка....	128
<i>Д.В. Толстиков.</i> Автоматизация печи кипящего слоя в производстве хлорида калия.....	132
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Очистка тетрахлорида титана техническими средствами многократной перегонки.....	137
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Выбор математической модели ректификации тетрахлорида титана на основе анализа физических свойств разделяемых компонентов.....	139
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Исходные позиции для математического описания ректификации тетрахлорида титана.....	143
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Математическое описание процессов массопередачи в кубе-испарителе и дефлегматоре.....	147
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Математическое описание процессов массопередачи низкокипящего компонента на тарелках колонны.....	150
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Математическое описание процессов массопередачи высококипящего компонента на тарелках колонны.....	155
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Динамика ректификационной колонны при скачкообразном, импульсном и синусоидальном возмущении потоков питания.....	161
<i>А.С. Кучина, В.Ф. Беккер.</i> Динамика системы регулирования концентрации продукта в кубе изменением подачи флегмы.....	165
<i>Е.Д. Малкова.</i> Автоматизация процесса ректификации тетрахлорида титана.....	169
<i>А.Ю. Уваровская.</i> Влияние температуры на процесс образования аммиачной селитры...	171
Раздел III. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	175
<i>А.С. Килеев.</i> Анализ ультразвуковых дефектоскопов.....	175
<i>А.В. Ложкин.</i> Результаты применения защитного покрытия поверхности рабочих колес и проточной части центробежного насоса.....	176

<i>В.К. Грязев.</i> Конструктивные решения фаскомеров.....	179
<i>А.И. Старцев.</i> Насосно-компрессорные трубы с полимерным покрытием.....	183
<i>Г.К. Букин.</i> Оптимизация конструкции предохранительного клапана.....	184
<i>Е.С. Кунишин.</i> Определение высшей теплоты сгорания твердого топлива.....	187
<i>Ю.А. Пескишева.</i> Проектирование смесителя полиэтиленового воска в программе ПАССАТ.....	190
<i>И.А. Соловатов.</i> Интегрированная система ПВО и ПРО.....	193
<i>Ю.М. Лукина.</i> Особенности проектирования горизонтальных и вертикальных теплообменников с применением программы ПАССАТ.....	196
<i>В.А. Давыдов, С.Э. Шаклеина.</i> Модернизация загрузочного устройства сгустителя.....	199
<i>И.А. Лоншакова.</i> Проектирование ректификационной колонны в программе ПАССАТ.....	201
<i>Е.Н. Протасова.</i> Расчет на прочность аэроохладителя-обеспыливателя в программе ARM Structure 3D.....	204
<i>В.С. Ботев, М.Ю. Копылова.</i> Современные материалы для изготовления трубопроводов.....	206
<i>П.И. Надолинская, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев.</i> Обзор механики в сфере робототехники и изучение робототехнической системы Lidar.....	211
<i>Е.Д. Мурдугалимова, С.С. Кротов, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев.</i> Искусственный интеллект в сфере торговли.....	215
<i>И.Ю. Головатенко, В.А. Тимочкина, Ю.А. Садырева.</i> Материалы для теплоизоляции промышленного оборудования.....	218
<i>И.Е. Тимофеев, Е.Н. Тимашева, А.С. Черноглазов.</i> Эффективность мокрой очистки запыленных газов после сушильных установок.....	220
<i>И.Ф. Киссельман, М.А. Шехерев.</i> Модернизация перемешивающего устройства мешалки известкового молока.....	222
<i>С.Э. Шаклеина, А.С. Мальцев, Д.А. Пунгин.</i> Исследование КПД редукторов в зависимости от режима работы привода.....	224
<i>С.Э. Шаклеина, А.А. Якимова.</i> Особенности эксплуатации и проектирования стержневой мельницы с применением программы ПАССАТ.....	226
<i>В.С. Ботев, И.К. Борисова, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев.</i> Экзоскелет в медицине.....	229
<i>И.Ю. Головатенко, В.А. Тимочкина, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев.</i> Роботы-помощники в быту.....	232
<i>А.Х. Ситдиков.</i> Газоперекачивающий агрегат ГПА-16П «Урал».....	234
Раздел IV. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	236
<i>С.А. Андрусъ.</i> Аварийные разливы нефти: средства локации и методы ликвидации.....	236
<i>И.С. Корепанов.</i> Анализ методов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на воде.....	238
<i>А.А. Гилева, И.В. Крепышева.</i> Фруктоза и ее влияние на живой организм.....	242
<i>К.А. Леонтьев, И.В. Крепышева.</i> Нефтьешламы – сырье для органического синтеза.....	244
<i>М.А. Наумова, И.В. Крепышева.</i> Химия в чайной чашке.....	247
<i>В.А. Русинов, И.В. Крепышева.</i> Влияние алкоголесодержащих напитков на организм человека.....	250
<i>Э.К. Сидорович, И.В. Крепышева.</i> Искусственная кровь.....	253
<i>А.В. Таратухина, И.В. Крепышева.</i> Царство Морфея: как сон влияет на наше здоровье.....	258
<i>М.Ю. Ячменева, И.В. Крепышева.</i> Элементарные секреты косметических средств.....	261

<i>У.А. Красовская, И.В. Крепышева.</i> Вспененные пластмассы на основе эпоксидных смол.....	264
<i>Н.Д. Гусев, И.В. Крепышева.</i> Положительное и негативное влияние косметики на организм человека.....	268
<i>В.В. Ведрова, М.А. Куликов.</i> Расчет молекулярной структуры 1-(фенилкарбонил)-1H-индол-3-карбальдегида.....	271
<i>А.Д. Горина, Е.С. Озолина, Н.П. Нечаев.</i> Термодиффузионное титанирование и цирконирование стали 12Х18Н10Т.....	274
<i>Е.В. Самойлова, В.В. Самойлова, М.А. Романов, М.А. Куликов.</i> Исследование процесса растворения твердых отходов содового производства.....	277
<i>М.А. Байдарова, О.К. Косвинцев.</i> Исследование кристаллов хлористого калия в присутствии пеногасителя «Полинонр МР-4202».....	279
<i>А.С. Мальцев, О.Е. Нисина.</i> Транспортный шум. Защита от шума.....	281
<i>С.Ю. Зуев, О.Е. Нисина.</i> Безотходные территориально-производственные комплексы Пермского края.....	282
<i>Е.А. Петухова, Ю.В. Суворова, Е.А. Данилова.</i> Разработка новых антибактериальных и противоопухолевых препаратов с применением методов хемоинформатики.....	284
<i>И.К. Селедков, О.Е. Нисина.</i> Экологические проблемы Кизеловского угольного бассейна.....	286
<i>А.С. Ковалева, О.К. Косвинцев.</i> Проблемы и перспективы очистки артезианской воды для калийного производства.....	287
<i>Ю.П. Кирин, В.А. Тихонов, А.Ю. Ангельхер.</i> Применение методов теории сушки для исследования тепло- и массопереноса в промышленном аппарате вакуумной сепарации губчатого титана.....	289
<i>Ю.П. Кирин, В.А. Тихонов, А.Ю. Ангельхер.</i> Способы управления тепло- и массопереносом в промышленном аппарате вакуумной сепарации губчатого титана.....	292
<i>А.Д. Чернышева, М.А. Байдарова, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев.</i> Влияние температуры и концентрации галургических растворов на процесс пенообразования....	294
<i>Р.Р. Фаткуллин, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев.</i> Обзор способов переработки и утилизации глинисто-солевых шламов калийных производств.....	298
<i>М.С. Кибанова, С.В. Лановецкий.</i> Исследование влияния реагентов-депрессоров шламов на технологические показатели основной сильвиновой флотации хлорида калия.....	301
<i>Н.О. Пепеляев, С.В. Лановецкий.</i> Обзор способов совершенствования стадии обесшламливания нерастворимого остатка в производстве хлорида калия.....	304
Раздел V. ГОРНОЕ ДЕЛО.....	308
<i>С.Н. Дробязко.</i> Анализ автоматических буровых ключей.....	308
<i>В.В. Селетков.</i> Изучение установившихся и переходных процессов электротехнических комплексов добычных скважин.....	309
<i>Л.Р. Минекаев.</i> Теплообменное оборудование в нефтегазовой отрасли.....	311
<i>И.И. Калимуллин.</i> Обзор патентов по нефтегазовому делу.....	313
<i>И.Д. Рахимов.</i> Ремонт подводных переходов 29-го км магистрального трубопровода «Калтасы – Языково – Салават» через реку Белая.....	316
<i>М.В. Антаков, И.М. Шевелев.</i> Основные направления по автоматизации горнопроходческих комбайнов при отработке промышленных пластов ВКМКС.....	317
<i>О.А. Стяжков, И.М. Шевелев.</i> Разработка алгоритма расчета устойчивости горных выработок при двухкамерной системе отработки ВКМКС в среде инженерного анализа FLAC 3D.....	319

РАЗДЕЛ VI. ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ..... 322

<i>А.Н. Брезгина, В.В. Прокопец.</i> Формирование качеств личности и проблема сохранения трудовых ресурсов (по результатам социологического опроса).....	322
<i>П.А. Шаклеина, А.Н. Брезгина, В.В. Шилов.</i> К.Г. Паустовский на стройке Березниковского химического комбината.....	326
<i>В.В. Шилов.</i> Природно-техногенная ситуация в городах Амстердаме и Березниках: из опыта прямого наблюдения.....	330
<i>П.А. Шаклеина, С.А. Шишкова, А.Н. Брезгина.</i> Роль и проблемные вопросы музея в современном обществе.....	336
<i>С.Л. Баутина, А.Н. Лошкарёв, Н.В. Митюков.</i> О биографии парохода «Граната» до 1915 г.....	339
<i>Н.Д. Гусев, М.Н. Семенова.</i> Возможности психологического влияния старосты на управление студенческой учебной группой.....	341
<i>Н.О. Сергеев, Т.Н. Сергеева.</i> Проблемы правового регулирования искусственного интеллекта.....	343
<i>К.Д. Лоскутова, Н.А. Симанова.</i> Отношение к смерти и бессмертию в философии и науке.....	345
<i>К.А. Леонтьев, Н.А. Симанова.</i> Мировоззрение с точки зрения идеального и материального.....	348
<i>М.А. Наумова.</i> О применении социальной инженерии.....	350
<i>А.А. Афонина, Н.А. Симанова.</i> Размышления о жизни и смерти в рамках философско-религиозных систем.....	352
<i>Э.Р. Штутьберг, Н.А. Симанова.</i> Размышления о добре и зле в современном мире.....	355
<i>А.С. Панькова.</i> Направления и стили современной архитектуры.....	356
<i>П.Д. Жданов.</i> Основные проблемы строительного производства в Пермском крае в 2019–2020 гг.....	359
<i>И.А. Батуева, Н.А. Шеин, Н.А. Сиротина.</i> Приоритетные инвестиционные проекты Пермского края.....	362
Сведения об авторах.....	364
Именной указатель.....	369

РАЗДЕЛ I.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОЦЕССАМИ В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 621.65

И.М. Галимов

ДИАГНОСТИКА НАСОСОВ НА ОСНОВЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ IOS И ANDROID

Настоящая статья посвящена вопросам разработки поточных методов диагностирования технического состояния консольных насосных агрегатов с использованием широкодоступных средств и низкой затратной частью.

Учитывая тренды динамики в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли, а также влияние общепланетарных кризисных явления, актуальным и целесообразным является изыскание и разработка технико-технологических решений, направленных на повышение эксплуатационной эффективности и надежности основного и вспомогательного оборудования, что выражается в снижении финансового потока на сложные восстановительные ремонты и/или замену высокостоящего оборудования. Одним из таких направлений является разработка методов раннего диагностирования и недопущения возникновения значительных дефектов, приводящих к выходу из строя насосного оборудования, а также ускорения ремонтно-восстановительных технологических процессов (при эффективном и быстром диагностировании/дефектовании) с целью обеспечения бесперебойной работы насосных установок.

Динамика широкого распространения и технических возможностей мобильных средств связи привела к формированию мобильного устройства, оснащенного достаточным уровнем датчиков для достаточно точной оценки технических параметров технологического оборудования, что целесообразно применить для реализации поточного диагностирования насосных агрегатов с целью выявления нарушений, приводящих к значительным последствиям и невосстановимым дефектам.

Таким образом, целесообразно рассмотреть применимость данных программных продуктов (на основе ОС iOS и Android) при диагностике насосного оборудования.

В настоящее время производители насосного оборудования стремятся осуществлять блочно-модульную компоновку, которую при соответствующем обосновании экономической целесообразности оборудуют стационарными системами поточного контроля (диагностирования) технического состояния насосов с выводом оперативных данных на АРМ оператора. Однако реализовать данное решение повсеместно не представляется возможным. Но рынок современного технико-диагностического и электронно-измерительного оборудования предлагает широкий номенклатурный ряд оборудования соответствующего профиля.

В частности, для насосов применимы такие мобильные комплексы диагностики: тепловизор; эндоскоп; виброметрическое оборудование; УЗД-дефектоскоп; акустический дефектоскоп; визуально-оптический (визуально-инструментальный) контроль.

Патентный поиск по технологиям раннего диагностирования и телеметрического сопровождения для насосных агрегатов (на основании исследований [1, 2]) содержит 2190 документов (по запросу «диагностика насосов»), из которых практический интерес имеют:

– РФ №2721446 С2 «Усовершенствованная система графического бессенсорного энергосберегающего управления насосами в режиме реального времени», что предусматривает установку системы датчиков и процессов для организации стационарной системы поточного контроля эксплуатационно-технологических параметров функционирования насосных агрегатов;

– РФ №198138 U1 «Устройство магнитно-акустической диагностики установки электрического центробежного насоса», предусматривающее установки системы стационарных датчиков для поточного контроля насосов УЭЦН;

– РФ №94031570 А1 «Способ оценки технического состояния центробежного насосного агрегата по вибрации корпуса», предусматривающий установку стационарной компьютерной системы диагностирования, анализа и алгоритмирования виброакустических параметров корпуса центробежного насоса, поступающих от тензодатчиков.

Таким образом, патентные исследования по направлению технического диагностирования технико-эксплуатационных параметров функционирования насосных агрегатов указывают на общее в данном направлении: использование автоматизированных систем и комплексов, позволяющих посредством соответствующих датчиков производить оценку и анализ поточного технического состояния.

При большом и разнообразном наполнении номенклатурного ряда приборов и оборудования для инструментального диагностирования технического состояния насосных агрегатов не представляется возможным обеспечить их постоянную доступность на эксплуатационной базе для обслуживающего персонала, ввиду значительной стоимости (приобретение вышеуказанных диагностических комплексов должно быть экономически обоснованным), конструкционной сложности и сложности использования (для использования обозначенных выше диагностических комплексов необходим специальный обученный персонал), а также прочих технологических ограничений (использование для оборудования, расположенного на специальных стендах, использование при строгих условиях диагностических замеров, которые не всегда удается обеспечить и прочее).

Ввиду определенных вышеуказанных сложностей в применении современных измерительно-диагностических комплексов, как альтернативный вариант, предложено использовать личные средства связи обслуживающего персонала с предварительно инсталлированным специализированным программным обеспечением.

Факт наличия практически у каждого человека мобильных средств связи (в том числе и у персонала ремонтно-восстановительных бригад, обслуживающих насосное оборудование) указывает на широкую возможность применения данного оборудования для выполнения технологических операций по превентивной технической диагностике, используя соответствующие приложения на основе операционных систем iOS и Android.

Соответствующие маркеты Google Play [15], App Store [16] предлагают к инсталляции ряд программного обеспечения, позволяющего использовать технические возможности мобильных средств связи для диагностирования насосного оборудования.

Разрабатываем медианную технологию диагностирования насоса консольного исполнения с применением мобильных средств связи обслуживающего персонала с прединсталлированным программным обеспечением заданного профиля (на базе операционных систем iOS и Android) (табл.).

На основании приведенных данных в таблице установлено, что наибольшую информационную ценность при проведении технического диагностирования несут показатели виброакустических испытаний.

Таблица

Медианная технология диагностирования консольных насосов с применением мобильных средств связи обслуживающего персонала с прединсталлированным программным обеспечением заданного профиля (на базе операционных систем iOS и Android)

Вид диагностических работ	Контролируемый параметр и место измерения	ПК на базе операционных систем iOS и Android	Допустимое значение параметра
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Оперативный диагностический контроль	Измерение виброскорости на подшипниковых опорах в вертикальном направлении	Vibration Meter (Smart Tools co.), vibration analysis (Kröber), VibSensor (Now Instruments and Software, Inc.)	[6,0 мм/с]
	Измерение виброскорости на лапах корпуса насоса в вертикальном направлении		[1,8 мм/с]
	Измерение температуры подшипников	Thermal Camera For FLIR One (Georg Friedrich), Thermal Camera FX: HD Effects Simulation (ILab), Thermal camera History IR (James desus)	[+10°C]
Плановый диагностический контроль	Измерение и спектральные составляющие виброскорости на всех подшипниковых опорах в трех взаимно перпендикулярных направлениях	Vibration Meter (Smart Tools co.), vibration analysis (Kröber), VibSensor (Now Instruments and Software, Inc.)	[6,0 мм/с]
	Измерение виброскорости на лапах корпуса насоса, головках анкерных болтов в вертикальном направлении		[1,8 мм/с]
	Измерение уровня шума	Decibel - Threshold Sound Meter (Noise Levels) (Anirudh Sharma), Noise Meter (JINASYs), Шумомер (melon soft)	[+6дБа]
	Измерение температуры подшипников	Thermal Camera For FLIR One (Georg Friedrich),	[+10°C]
Вид диагностических работ	Контролируемый параметр и место измерения	ПК на базе операционных систем iOS и Android	Допустимое значение параметра
		Thermal Camera FX: HD Effects Simulation (ILab), Thermal camera History IR (James desus)	
Неплановый диагностический контроль	Вибрации опорно-упорного подшипника или подшипников качения	Vibration Meter (Smart Tools co.), vibration analysis (Kröber), VibSensor (Now Instruments and Software, Inc.)	[45 дБ]

1	2	3	4
	Контролируемые параметры, их допустимые значения и место измерения соответствуют плановому диагностическому контролю	–	–
Послеремонтный диагностический контроль	Измерение виброскорости на подшипниковых опорах в трех взаимно перпендикулярных направлениях	Vibration Meter (Smart Tools co.), vibration analysis (Kröber), VibSensor (Now Instruments and Software, Inc.)	[4,5 мм/с]
	Измерение виброскорости на лапах корпуса насоса и головках анкерных болтов в вертикальном направлении		[1,0 мм/с]
	Вибрация опорно-упорного подшипника или подшипников качения		[35 дБ]
	Измерение уровня шума	Decibel - Threshold Sound Meter (Noise Levels) (Anirudh Sharma), Noise Meter (JINASYS), Шумомер (melon soft)	[+6дБа]
	Измерение температуры подшипников	Thermal Camera For FLIR One (Georg Friedrich), Thermal Camera FX: HD Effects Simulation (ILab), Thermal camera History IR (James desus)	[+10°C]

Практическая значимость исследований и разработок в рамках МД определяется возможностью получения малозатратных и низкостоймых методов ранней диагностики насосного оборудования, которое позволит применить превентивные мероприятия, предупреждающие финансово-материальные потери на дорогостоящие восстановительные ремонты и/или замену сложного и дорогого оборудования, ускорить выполнение типовых ремонтных работ, оптимизировать цикл ТОиР (исключив необходимость выполнения плановых ремонтов для оборудования, которое не нуждается в ремонте на запланированную дату, и, наоборот, выполнить ремонт для обследуемого насосного агрегата, не основываясь на графиках ППР, а используя поточные эксплуатационные параметры насоса, получаемые в ходе типовых обходов), получить альтернативные и/или дополнительные методы диагностирования и неразрушающего контроля узлов насосных агрегатов без использования дорогостоящего специального диагностического оборудования и привлечения соответствующего высококвалифицированного персонала, обученного для использования обозначенного оборудования, тем самым повышая эксплуатационную эффективность и надежность насосов, обеспечивая непрерывную работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: rospatent.gov.ru, 2020.
2. URL: fips.ru, 2020.
3. URL: play.google.com, 2020.
4. URL: apple.com, 2020.

Поступила 01.02.2021

УДК 621.45

И.И. Хафизов

РАСЧЕТ РАБОТЫ РДТТ НА НЕСТАЦИОНАРНОМ УЧАСТКЕ

Рассматриваются две методики расчета работы РДТТ на нестационарном участке. Далее проводится сравнительный анализ обеих методик на основе расчета при одинаковых исходных данных.

В работе рассматриваются процессы в двигательной установке на нестационарном участке работы. Расчет проводится по двумя методикам: методом газовой динамики в нульмерной постановке и методом, представленным в [2].

Для метода газовой динамики в нульмерной постановке были приняты следующие допущения:

- горение воспламенительного состава происходит в прочном корпусе ВУ в течение всего рабочего периода;
- пламя от продуктов сгорания иницирующего состава пиропатрона распространяется по таблеткам воспламенительного состава по экспоненциальному закону в течение времени задержки t_z ;
- продукты сгорания заряда ВУ являются гетерогенной смесью газообразных продуктов сгорания и монодисперсных конденсированных частиц с известными долями в продуктах сгорания и значениями их теплофизических характеристик. Теплофизические характеристики не зависят от температуры и от давления. В корпусе ВУ одновременно могут присутствовать две газовые фазы – первоначально находившийся в корпусе воздух и продукты горения воспламенительного состава. Массой и объемом, который занимают продукты горения иницирующего состава, пренебрегается. Из корпуса ВУ истекают только газообразные вещества;
- таблетки воспламенительного состава имеют сферическую форму [1].

Для расчета нестационарного режима работы по второй методике были приняты следующие допущения:

- свободный объем камеры постоянный;
- отсутствует нагревание стенок камеры;
- постоянство поверхности горения воспламенительного состава в ВУ в течение всего рабочего периода.

Данные задачи решаются при проектировании РДТТ, выбор типа воспламенительного устройства, марки топлива для ВУ, и ее масса для обеспечения заданных характеристик ДУ.

Исходные данные для расчета

$u_1 = 1,14$ – единичная скорость горения топлива; $p_0 = 1 \cdot 10^5$ Па – начальное давление в КС; $T = 2228$ К – температура в КС; $\rho_t = 1640$ кг/м³ – плотность топлива; $\nu = 0,59$ – степенной закон; $W_0 = 0,5$ – начальный свободный объем; ρ_ν – плотность ВС; $p_k = 60 \cdot 10^5$ Па – давление в КС; $ct = 15000$ теплоемкость топлива; $u_1 \nu = 2,04$ – единичная

скорость горения ВС; $\alpha t = 3 \cdot 4186,6$ – теплосодержание; $\lambda t = 0,89$ – теплопроводность топлива; $T_0 = 293$ К – начальная температура; $m_v = 2$ – масса ВС; $p_m = 20 \cdot 10^5$ Па – давление прорыва мембраны; $r_v = 0,005$.

Выполнение расчета:

$$n = \frac{3 \cdot m_v}{4 \cdot \pi \cdot r_v^3 \cdot \rho_v} \quad n = 3,274 \cdot 10^3,$$

$$S_v(e_v) = n \cdot 4 \cdot \pi (r_v - e_v)^2.$$

1. Горение воспламенителя с повышением давления в КС до уровня, соответствующего прорыву мембраны:

Исходные данные:

$$W = 0,5, \quad TW = 0, \quad e = 0, \quad \rho_0 = \frac{1 \cdot 10^5}{Rt \cdot Tt} = 0,125.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\rho W}{dt} = \rho_B \cdot u_B \cdot S_B(e_B); \\ \frac{dW}{dt} = u_B \cdot S_B(e_B); \\ \frac{de}{dt} = u_B; \\ \frac{d}{dt} (T_B - T_0)^2 = \frac{2 \cdot \alpha t^2}{\lambda t \cdot c_t \cdot \rho_t} \cdot (T_B - T_w)^2. \end{array} \right.$$

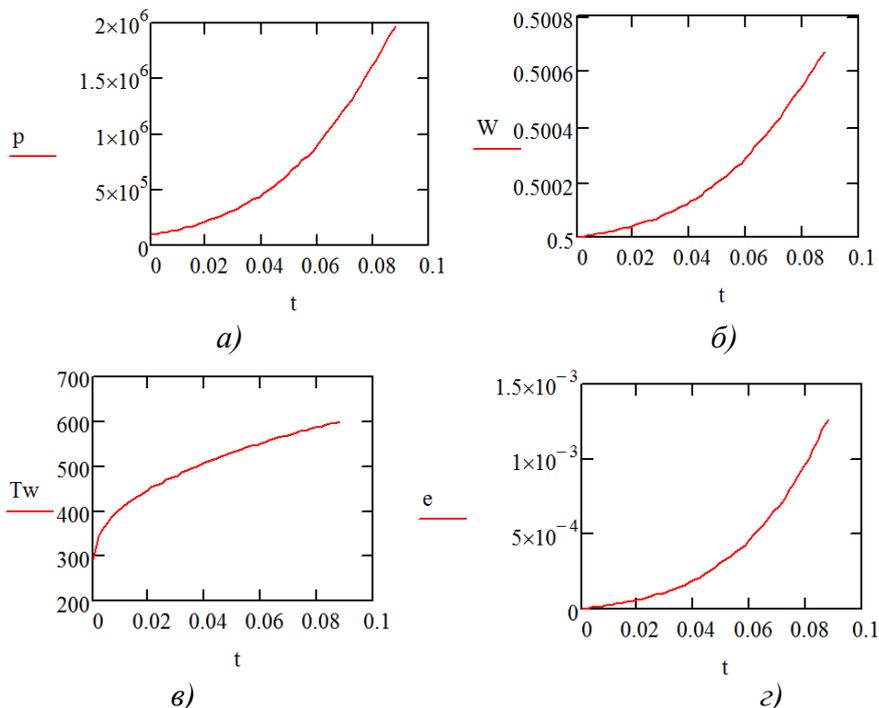


Рис. 1. Изменения давления (а), свободного объема (б), температуры заряда (в) и горящего свода (г) при первом этапе выхода на режим

2. Воспламенение заряда:

$$\rho_0 = \frac{1,966 \cdot 10^6}{Rt \cdot Tt} = 2,458, \quad W = 0,501, \quad e = 1,267 \cdot 10^{-3}, \quad TW = 9,442 \cdot 10^4.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\rho W}{dt} = \rho_B \cdot u_B \cdot S_B(e_B) - A_c \cdot F_{кр} \cdot p; \\ \frac{dW}{dt} = u_B \cdot S_B(e_B); \\ \frac{de}{dt} = u_B; \\ \frac{d}{dt} (T_B - T_0)^2 = \frac{2 \cdot \alpha t^2}{\lambda t \cdot c_t \cdot \rho_t} \cdot (T_B - T_w)^2. \end{array} \right.$$

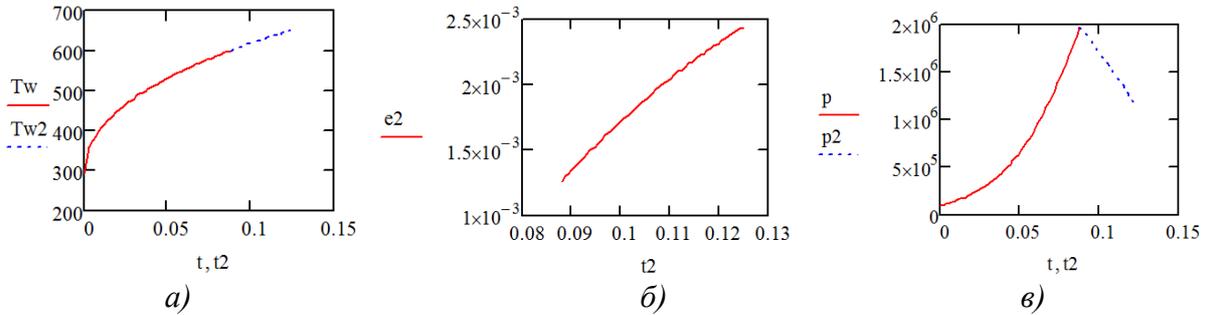


Рис. 2. Изменение температуры (а), горящего свода (б) и давления (в) при первом и втором этапах выхода на режим

3. Совместное горение воспламенителя и заряда (воспламенитель сгорает).
Исходные данные:

$$\rho_0 = \frac{1,118 \cdot 10^5}{Rt \cdot Tt} = 1,398, W = 0,501, e = 2,442 \cdot 10^{-3}.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\rho W}{dt} = \rho_B \cdot u_B \cdot S_B(e_B) + \rho_T \cdot u_T \cdot S(e) - A_c \cdot F_{кр} \cdot p; \\ \frac{dW}{dt} = u_B \cdot S_B(e_B) + u_T \cdot S_T(e); \\ \frac{de}{dt} = u_B; \\ \frac{de}{dt} = u_T. \end{array} \right.$$

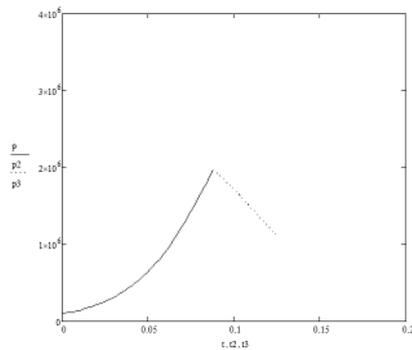


Рис. 3. Изменение давления на нестационарном режиме работы

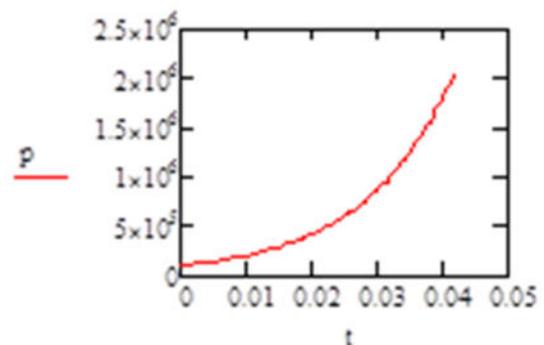


Рис. 4. График горения ВУ до разрушения мембраны

Нестационарный режим работы по методике Гринберга

1-й этап: горение ВУ до разрушения мембраны:

$$S_v = \frac{m_v}{\rho_v \cdot r_v},$$

$$\frac{dp}{dt} = \left[\frac{1}{W} \cdot \left[k_v \cdot f_v \cdot \rho_v \cdot S_v \cdot u_{1v} \cdot p - \frac{k_v - 1}{Rv} \cdot \alpha \Pi \cdot \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \left[\left(1 - \frac{Tz}{T} \right) \cdot S + \left(1 - \frac{Tc}{T} \right) \cdot S_c \right] \cdot p \right] \right].$$

2-й этап: горение ВУ после разрушения мембраны:

$$\frac{dp}{dt} = c_2 \cdot p,$$

$$c_2 = \left[\frac{1}{W} \cdot \left[k_v \cdot f_v \cdot \rho_v \cdot S_v \cdot u_{1v} - k_v \cdot f_v \cdot A_v \cdot \varphi \cdot F_{кр} - \frac{k_v - 1}{Rv} \cdot \alpha \Pi \cdot \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \left[\left(1 - \frac{Tz}{T} \right) \cdot S + \left(1 - \frac{Tc}{T} \right) \cdot S_c \right] \cdot p \right] \right].$$

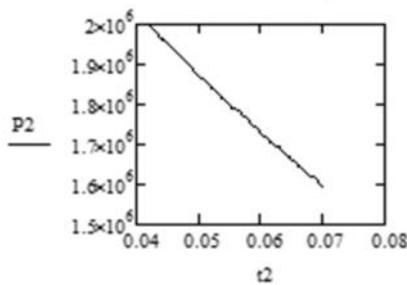


Рис. 5. График давления на участке работы воспламенителя при разрушении мембраны

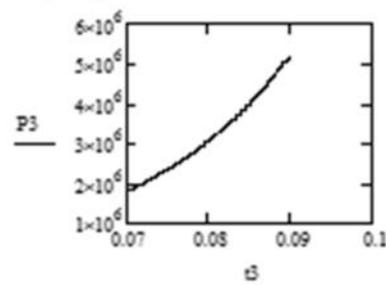


Рис. 6. График давления на совместном участке работы ВУ и двигателя

3-й этап: совместное горение ВУ и заряда:

$$\frac{dp}{dt} = \left[\frac{1}{W} \cdot \left[k \cdot f \cdot \rho_v \cdot S_v \cdot u_{1v} \cdot p + k \cdot f \cdot \rho_T \cdot S \cdot u_1 \cdot \alpha_{Т.З} \cdot k_u \cdot p^v - \right. \right. \\ \left. \left. - k \cdot f \cdot A_3 \cdot \varphi \cdot F_{кр} \cdot p - \frac{k - 1}{R} \cdot \alpha \Pi \cdot \left(1 - \frac{Tc}{T} \right) \cdot S_c \cdot p \right] \right].$$

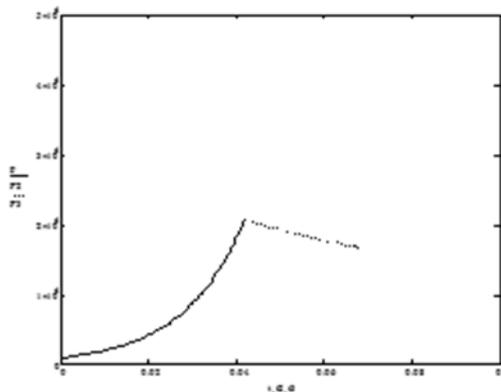


Рис. 7. График давления на нестационарном режиме работы

В ходе работы был произведен расчет работы РДТТ на нестационарном участке.

Результаты, полученные при одних и тех же исходных данных, значительно отличаются друг от друга. Так, методом газовой динамики в нульмерной постановке получается на выходе 3,4 МПа при времени 0,18 с. При расчете методом Гринберга результат значительно отличился – 4,8 МПа при 0,8 с.

Данные значения имеют большие отличия, что позволяет сделать вывод о том, что разность результатов связана с принятыми допущениями в каждой из методик, а также с отсутствием статистики полученных результатов. Возможно из-за большей приближенности к реальным результатам наиболее часто применяется метод газовой динамики в нульмерной постановке.

В результате сравнения двух методов выявлены явные преимущества метода газовой динамики в нульмерной постановке: метод дает более точное моделирование работы ВУ на нестационарном режиме. Единственным преимуществом расчета методом Гринберга из «Логика и техника проектирования узлов летательных аппаратов» является простота расчетов, не принуждающая обратиться к современным САПР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липанов А.М., Алиев А.В. Проектирование двигателей твердого топлива: Учебник для студентов вузов. М.: Машиностроение, 1995. 400 с.
2. Гринберг В.Н. Логика и техника проектирования узлов летательных аппаратов (примеры). М.: Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. 300 с.

Поступила 01.02.2021

УДК 621

Р.Р. Хаснудинов

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ САПР/PLM В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО УСЛОЖНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ПРОЦЕССОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью предприятий самосовершенствоваться путем обновления своего программного обеспечения. Статья информирует о том, как правильно и минимальными потерями обновлять программное обеспечение.

Постоянное совершенствование современных технических средств и процессов выпуска, постоянно повышающиеся требования к надежности и качеству производимой продукции, а также сокращению времени подготовки производства, снижения трудоемкости и расценки работ – всегда приводят к введению современного программного обеспечения САПР PLM систем [1, 2].

Перед компаниями возникает необходимость выбора САПР PLM. Выбор системы проектирования и управления жизненным циклом выпускаемой продукции сопровождается определением критериев САПР PLM для производства рис. 1.



Рис. 1. Основные параметры для подбора САПР PLM

1. **Функциональность.** Определяется типом решаемых задач [1], есть возможность выбора 2D САПР как легкого и среднего уровня, так и 3D-систем среднего и тяжелого уровня для подготовки производства.

При выборе характеристик PLM-систем обращают большое внимание на быстрый поиск документации, возможность электронного согласования, наличие универсального просмотрщика документации.

2. **Удобство пользования.** Отвечает за удобство интерфейса системы.

3. **Умение выпускать документацию с требованием ЕСКД,** а также со стандартами систем ISO, ANSI, DIN при необходимости вести работу с иностранными партнерами.

4. **Владение вспомогательными специальными приложениями, библиотеками, модулями** для расширения задач.

5. **Системные требования программного обеспечения.**

6. **Цена владения лицензиями программного обеспечения.**

7. **Сервис поставщика.** Критерием является наличие сервиса на ПО.

Внедрение САПР и ПЛМ:

- преждевременное рассмотрение возможности компании к будущему изменению; сам процесс ложится на плечи начальника подразделения, в свою очередь, ему необходимо располагать ресурсами для его запуска и дальнейшей реализации;

- сбор необходимой группы людей для внедрения проекта, приказом руководителя предприятия. Схема внедрения CAD/PLM-систем указана на рис. 2.



Рис. 2. Пошаговая схема внедрения на производство CAD/PLM-систем

1. **Преждевременное исследование предприятия.** Анализ текущего состояния проектирования на предприятии. В итоге вся информация отражается в отчете, в котором отображена структура отделов, решаемые ими задачи, число работников, наличие ПК и лицензионного ПО.

2. **Проанализировав результаты,** готовятся предварительные рекомендации по покупке необходимого ПО. Произведя анализ, возможность работы ПК и покупаемого ПО, составляют планы по курсам обучения и проверки знаний. В итоге появляется список с перечислением необходимого ПО и необходимых курсов обучения, поднимаются вопросы цели, задач и результатов Проекта автоматизации.

3. **Выявление потребности в обеспечении.** ЭВМ-техники и офисного оборудования. По результату этого этапа составляются документы на покупку аппаратного обеспечения.

4. **Встреча с сотрудниками ИТР с презентацией идеи внедрения проекта автоматизации,** постановкой целей, задач и результатов внедрения.

5. **Создание группы внедрения Проекта.**

6. **Разработка, согласование и утверждение Технического задания (ТЗ) на внедрение проекта.**

7. **Реализация внедрения проекта в соответствии с п.б. с подготовкой и утверждением документов.**

8. Опытная эксплуатация внедрения с составлением отчета о результатах ее завершения. По завершении опытной эксплуатации проводится анализ, принятие решения о работе над ошибками.

9. Реализация проекта в технической подготовке производства.

10. Завершение Проекта внедрения. Подготовка и проведение совещаний по вопросам результатов достижения цели проекта.

11. Постоянное курирование предприятия, выявление новых задач внедрения.

Подготовка производства к особенностям внедрения (рис. 3):

- согласование технической документации, обмен необходимыми данными, поиск технической документации;

- создание Единого информационного пространства (ЕИП) жизненного цикла изделия (ЖЦИ). В ЕИП содержится и копится вся информация о продукции;

- администрирование программного обеспечения, архива, баз данных;

- корпоративная культура и неформальные отношения.

Рисками внедрения комплекса средств автоматизации являются (рис. 4):

1) повышенная эмоциональная нагрузка сотрудников;

2) перегруженность сотрудников, связанная с проведением обучения и внедрения PLM-систем;

3) низкая производительность работы;

4) несогласие некоторых сотрудников с внедрением новой системы.



Рис. 3. Особенности с внедрением САП/PLM



Рис. 4. Риски, связанные с внедрением средств САП/PLM

Для внедрения и уменьшения времени необходимо:

- создание целей, сроков внедрения;
- фактическое утвержденное ТЗ;
- планирование критериев достижения цели;
- поэтапное документирование всех шагов в процессе внедрения;
- обучение сотрудников;
- фактическое внедрение и обучение сотрудников;
- учет всех затрат на внедрение в течение первого года;
- мотивирование сотрудников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горобец И.А., Грищенко И.Н., Голубов Н.В. Выбор автоматизированных систем технической подготовки производства // Машиностроение и техносфера XXI века: Сб. тр. XXI международной научно-технической конференции (Севастополь, 15–20 сентября 2014 г.). В 3-х т. Донецк: МСМ, 2014. Т.1. С. 51–53.
2. Ребров А.В. Влияние структуры мотивации работника на результативность труда. Новая парадигма в управлении мотивацией. Lambert Academic Publishing, 2011. 156 с.
3. Горобец И.А., Грищенко И.Н. Классификация и критерии выбора автоматизированных систем технической подготовки производства // Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы: Мат. XV научно-практической конференции. В 3-х т. Таганрог. Изд-во ЮФУ, 2014. Т. 3. С. 47–53.

Поступила 01.02.2021

УДК 621.454.3

Д.А. Корепанова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДУЛЬНОЗАРЯДНЫХ СИСТЕМ

В работе анализируется возможность совершенствования дульнозарядных систем. Для оптимизации предлагаемых мероприятий была разработана в среде Delphi программа, в настоящее время находящаяся в стадии государственной регистрации.

Дмитрий Павлович Рябушинский разработал первый ручной реактивный гранатомет в далеком 1916 г. Калибр гладкоствольной казнозарядной пусковой трубы составлял 70 мм, вес – 7 кг, длина – 1 м. Стрелял на дальность 300 м. Вес калиберной гранаты с метательным зарядом, размещенном в сгорающей тканевой гильзе с цинковым поддоном (служившим частичной противомассой), был равен 3 кг. С момента этой разработки прошло более ста лет, но данное оружие не потеряло своей актуальности.

Один из путей развития этого оружия – преобразовать реактивный заряд в активно-реактивный. Им мы и решили воспользоваться в нашей работе. Если в пороховую навеску добавить медленногорящие пороха, то горение продолжится и в полете снаряда, что может увеличить дальность полета. Также все зависит от размеров пороха и его формы.

Мы попытались разработать надежную математическую модель дульнозарядного орудия. Сложность заключалась в разработке математической модели и ее реализации в программном обеспечении. Из-за жесткого решения, сопровождающего начальную стадию воспламенения, ранние программные реализации имели проблемы с устойчивостью решения. Таким образом, была разработана программа на языке программирования Delphi. На данный момент она находится в процессе получения свидетельства о государственной регистрации. Возможность модернизации указанным способом была просчитана на примере одного из образцов в настоящее время находящимся на вооружении Российской армии, результаты исследования опубликованы в закрытом оборонном журнале [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митюков Н.В., Корепанова Д.А. Спецтема // Отраслевой журнал ВОН. 2020. № 1 (4). С. 151–152.

Поступила 10.02.2021

И.Е. Жигалов, М.С. Ланская
**ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

В статье рассматриваются средства моделирования телекоммуникационных систем, особенности разработки распределенных систем, применение раскрашенных сетей Петри для разработки распределенных систем.

Разработка программного обеспечения для телекоммуникационных систем – это сложный процесс, направленный на создание и поддержание работоспособности программного обеспечения, включающий в себя такие виды деятельности как проектирование, реализацию, тестирование, разворачивание и поддержку. Сложность разработки программного обеспечения объясняется сложностью реальной предметной области, из которой исходит заказ на разработку; трудностью управления процессом разработки; необходимостью обеспечить достаточную гибкость программы; неудовлетворительными способами описания поведения больших дискретных систем; распределенностью системы.

Разработка распределенных систем (РС) обладает рядом особенностей в силу их сложности, проблемы обеспечения безопасности, управляемости, непредсказуемости [1]. Разработчикам распределенных систем для достижения цели необходимо разрешить основные проблемы, возникающие в процессе создания распределенных систем, такие как проблема идентификации ресурсов, проблема коммуникации и проблема обеспечения качества системного сервиса.

Чтобы справиться с возрастающей сложностью РС-разработчик в первую очередь должен обратить внимание на средства и способы верификации принятых во время разработки решений, а также на средства отладки и тестирования распределенных систем.

Одним из подходов для решения проблем, связанных с проектированием сложных распределенных систем, является создание модели системы. Это позволяет увидеть в деталях разрабатываемую систему и выполняемые ею процессы. Данный подход помогает найти более рациональные и простые решения для распределенных систем. Более того, создаваемая модель является спецификацией на разрабатываемую систему и позволяет исследовать сценарии работы системы, что значительно снижает количество ошибок при проектировании.

Использование средств моделирования не только в научных исследованиях, но и в производстве предъявляет к разработчикам таких средств ряд новых требований. Наличие таких требований продиктовано значительным разнообразием способов организации процесса разработки программного продукта (ПП). Более того в силу ряда причин на предприятиях, разрабатывающих распределенные системы, существует практика адаптации процесса разработки ПП под свои нужды.

Для успешного применения в промышленных проектах средства моделирования должны отвечать определенным требованиям. Это возможность использования разработчиком распределенной системы нисходящего, восходящего или смешанного подхода к созданию модели. Выполнение этого требования обеспечивает разработчику свободу в принятии решения для определения этапа, на котором стоит внедрять модель в процесс создания ПП.

Модульность разрабатываемой модели [2]. Разделение модели на модули позволяет распределять различные аспекты моделируемой системы между участниками процесса разработки ПП. Модульность обеспечивает возможность исследования, как отдельных сценариев функционирования системы, так и всей системы в целом.

Использование представления сложной модели в виде иерархии более простых моделей дает возможность разработчику абстрагироваться от несущественных на данном этапе разработки системы деталей. Иерархия моделей делает возможным их использование в виде спецификации разрабатываемой системы.

Для упрощения процесса разработки распределенных систем средства моделирования должны легко интегрироваться с другими средствами разработки ПП, поддерживать общепринятые форматы обмена данными, а также удобный экспорт и импорт моделей [3].

Важно, чтобы средства моделирования предоставляли разработчикам возможность рассмотреть создаваемую систему с разных аспектов. Например, на этапе проектирования средства моделирования могут использоваться для исследования бизнес-процессов. На этапе тестирования модели могут использоваться для исследования и корректировки уже готовых решений. На этапе реализации модели помогут выбрать решение, наиболее соответствующее предъявляемым к системе требованиям.

Также необходимо, чтобы средства моделирования поддерживали различные виды представления моделей: например, текстовое представление (в виде XML), графическое представление и иные.

Для моделирования распределенных систем широкое применение получили Раскрашенные сети Петри (РСП) [4, 5]. РСП создавались с целью разработать язык моделирования, который, с одной стороны, был бы удобен для теоретических исследований, а с другой стороны, достаточно универсален для использования в проектах по созданию систем, соответствующих по сложности и размерам промышленным масштабам. Для достижения этой цели РСП объединяет достоинства сетей Петри и достоинства языков программирования. Сети Петри предоставляют примитивы для описания синхронизации параллельных процессов, а языки программирования обеспечивают механизмы манипулирования конкретными значениями типов данных.

По сути РСП – это графический язык для создания моделей систем. РСП предоставляют дискретно-событийный язык моделирования, который базируется на комбинации сетей Петри и функционального языка программирования CPN ML-диалекта языка Standard ML. РСП используются для моделирования систем, в которых важную роль играют коммуникации, синхронизация и разделение ресурсов [6].

РСП обладают интуитивным графическим представлением. Модель РСП состоит из набора модулей, каждый из которых представляет собой направленный граф с двумя типами вершин – позициями и переходами. Модули могут быть связаны между собой с помощью заданных интерфейсов.

РСП предлагают формальные методы верификации: анализ пространства состояний и инвариантный анализ. Впрочем, в больших промышленных проектах использование методов верификации в автоматическом режиме на данном этапе развития науки и техники невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / В.В. Крухмалев [и др.]. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 510 с.
2. Miles R. AspectJ Cookbook. Cambridge, USA: O'Reilly, 2004. 354 с
3. Booch G. Object-Oriented Analysis and Design with Applications. USA: Addison-Wesley, 2007. 430 с
4. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. СПб.: Бинум, Невский диалект, 1999.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с.
6. Lean production system model with Petri nets to support for decision making / A.M. Varela, J.A.R. Ramírez, L.H.H. Gómez, A.M. González, M.Y.J. Reyes // *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*. 2015. № 23(2). P. 182–195.

Поступила 25.02.2021

А.В. Затонский, К.А. Федосеева, Е.С. Медведева
**ВЫБОР МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ОТКЛОНЕНИЙ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПЕНЫ**

Рассмотрены существующие способы управления процессом пенной флотации. Показана необходимость автоматического определения параметров процессов флотации калийной руды. Описан выбор метода идентификации начала и окончания переходного процесса в камере флотационной машины. Исследование выбора метода идентификации определения переходного процесса показало, что при плохих условиях съемки необходимо использовать метод определения количества пузырьков и метод среднемедианного расстояния между пузырьками.

В обогащении полезных ископаемых важную роль играет процесс пенной флотации. Стандартный способ пенной флотации включает в себя смешивание водного шлама, который содержит тонко измельченные частицы руды, с пенообразующим или вспенивающим веществом для получения пены. В процессе флотации визуальные признаки пены (цвет, форма, размер пузырьков, текстура, толщина и вязкость пены) тесно связаны с качеством конечного продукта. Как правило, управление процессом осуществляется вручную человеком-оператором, который принимает большинство своих решений об оперативном управлении на основе внешнего вида пены. Это часто приводит к неоптимальному управлению процессом, что в свою очередь обусловлено таким фактором как недостаточный опыт оператора. Кроме того, любые решения по изменению процесса являются субъективными, поэтому результаты могут отличаться от смены к смене и давать противоречивые результаты процесса. Для исключения человеческого фактора в подобных системах регулирования нашли свое применение системы компьютерного зрения. Например, авторы работ [1] внедрили компьютерное управление флотацией медных руд, в которой пена является плотной, глянцевой, что в свою очередь позволяет легко распознать границы пузырьков на изображениях поверхности пены, если для этого созданы необходимые условия съемки. Однако данные разработки не могут быть применены при анализе изображения флотации калийной руды, так как пена калийной руды неконтрастная, плотная с большим разбросом диаметров пузырьков.

Авторы работы [2] предложили метод статистического анализа пены на основе распознавания бликов от пузырьков, который был модифицирован в работе [3]. В этих работах авторы показывают возможность идентификации переходных процессов в камере флотационной машины по виду пены. Алгоритм изображения пены состоит из нескольких этапов. Сначала производится бинаризация изображения. После этого производится удаление шумов и областей сплошной засветки. Затем выполняется выделение бликов и их подсчет с помощью ABC-алгоритма [4]. Центры бликов определяются как центры их охватывающих прямоугольников, по которым можно анализировать. Например, количество пузырьков, среднеарифметическое и среднемедианное расстояние между пузырьками, неравномерность расположения пузырьков в камере. Однако на данный момент не существует однозначных рекомендаций, какой из перечисленных параметров лучше использовать для распознавания наличия переходного процесса в камере. Кроме того, неизвестно как именно условия съемки влияют на данный выбор.

Целью настоящей работы является исследование вопроса выбора характеристического параметра, признака начала и окончания переходного процесса в камере флотационной машины, который может быть применен в плохих условиях съемки.

Для исследования была произведена съемка пены в камере перемешивающей флотационной машины с помощью видеокамеры с широкоугольным объективом, разрешением 1920*1080 и частотой съемки 30 *fps*. Съемка производилась под небольшим углом к поверхности пены из-за особенностей расположения оборудования. На рис. 1

показана обработка изображения пены, которая производилась по методике и в программном обеспечении [5].

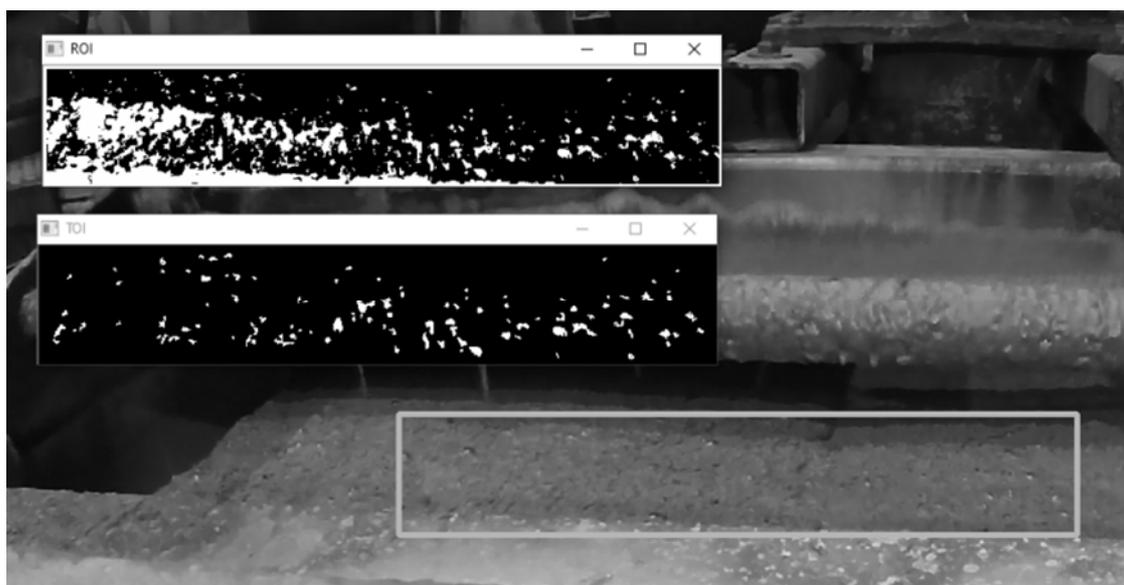


Рис. 1. Изображение пены во время обработки

Для проведения исследования оператор сначала уменьшил количество реагентов, подаваемых в машину во время съемки, а затем восстановил их расход. На рис. 2 представлен результат вычисления количества пузырьков (бликов) в обрабатываемой части кадра и среднее значение красной цветовой компоненты модели *RGB*, где по оси абсцисс отображается номер видеокadra, а по оси ординат – нормированные значения.

Как представляется возможным, количество пузырьков в кадре может служить источником информации о переходном процессе. Однако, как можно увидеть из кадров 230–270, тренд не восстанавливается именно в исходные значения по окончании процесса.

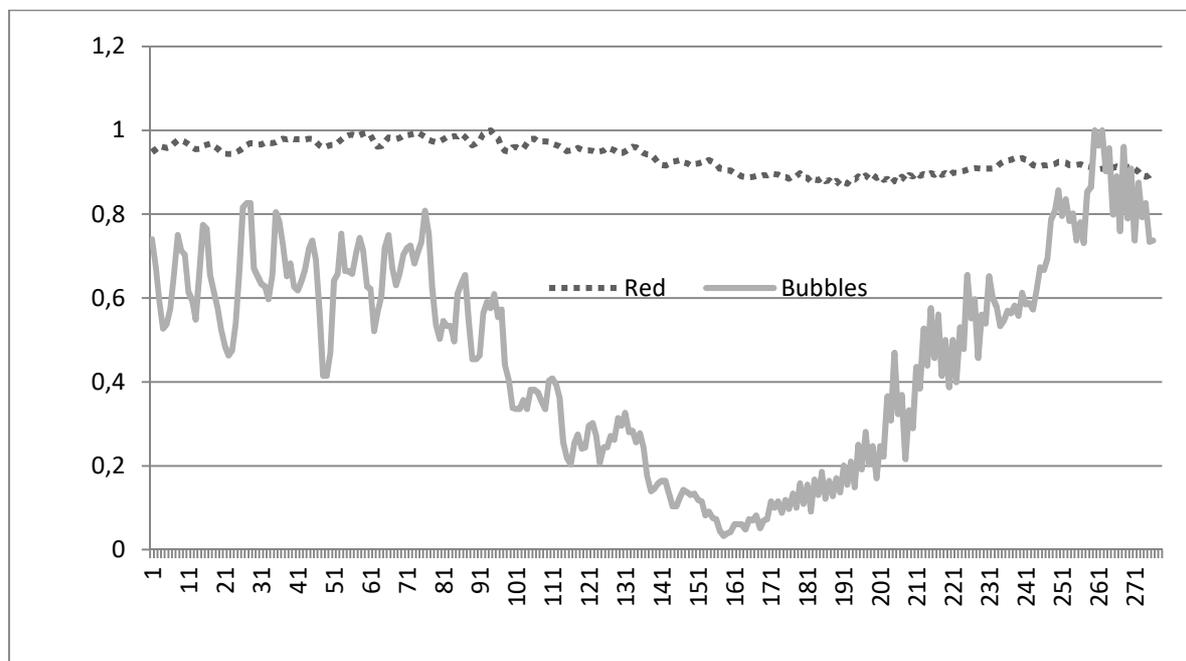


Рис. 2. Нормированные тренды результатов обработки видеоряда

На рис. 3 рассмотрен тренд среднемедианного расстояния между центрами бликов, который характеризует среднюю плотность пены в кадре. Как можно увидеть,

среднемедианное расстояние увеличивается, когда пена становится неплотной или неравномерной.

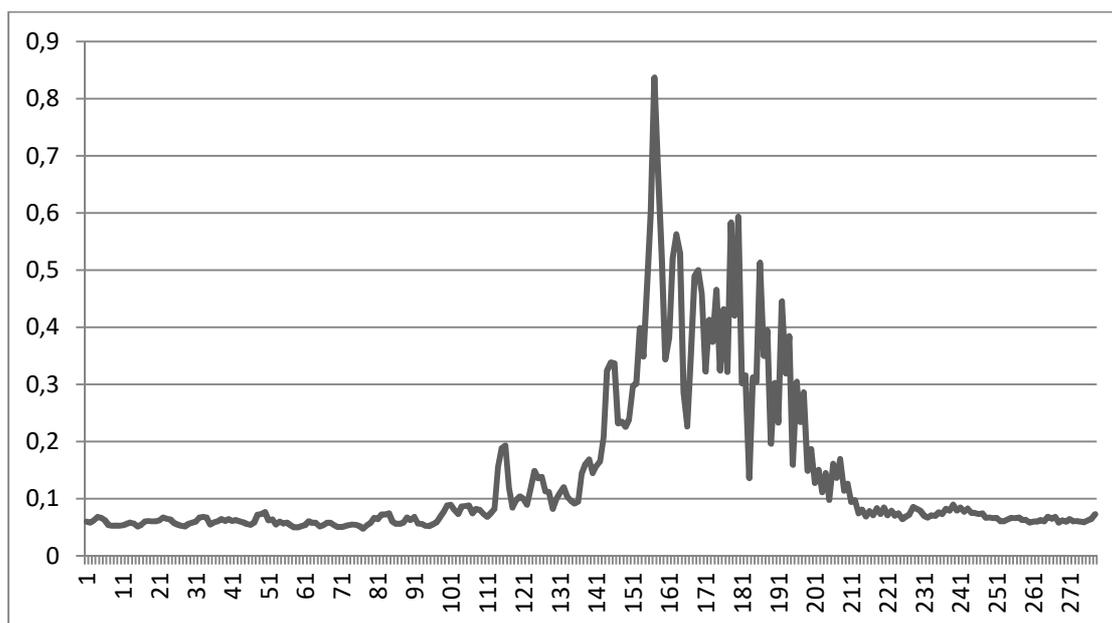


Рис. 3. Нормированный тренд среднемедианного расстояния между пузырьками

На основании вышеприведенных данных, оценим применимость каждого метода.

Как видно на рис. 2, можно точно распознать начало переходного процесса в камере машины по количеству пузырей, поскольку имеется возможность правильно подобрать сглаживание тренда, и участок до кадра 80 станет почти горизонтальным. Кроме того, можно вычислить коэффициенты линейной регрессии, которые изменятся после начала переходного процесса, и в итоге дадут аналогичный результат. Исходя из этого, можно говорить об отклонениях в процессе. Авторы работ [6, 7 и др.] достигли аналогичного результата при обработке изображений угольных и полиметаллических пен, но их алгоритмы не могут быть применены для калийной пены по причинам, указанным выше. Однако ошибка идентификации окончания переходного процесса составляет приблизительно 20%. Переходный процесс завершается в окрестности кадра 215, а тренд количества пузырьков достигает среднего исходного значения 0,7 в окрестности кадра 240 и затем продолжает расти, хотя переходный процесс давно завершился.

Метод идентификации переходного процесса с использованием среднемедианного расстояния лишен описанного недостатка. Как видно на рис. 3, тренд точно восстанавливает свое значение после кадра 220. Однако данный метод запаздывает в начале распознавания. Исходя из этого, невозможно точно судить о начале переходного процесса между кадрами 80 и 110, так как значение среднемедианного расстояния меняется несущественно.

Следовательно, при плохих условиях съемки необходимо использовать оба вышеописанных метода. По сглаженному тренду количества пузырьков можно точно распознать начало переходного процесса. Через некоторое время, когда тренд среднемедианного расстояния существенно изменится, можно более точно судить о полученном заключении, так как момент окончания переходного процесса может быть обнаружен только по тренду среднемедианного расстояния между пузырьками. Полученные выводы можно рекомендовать для использования в промышленных системах управления калийными флотационными машинами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко С.А., Оленников А.С. Опыт внедрения видеокамер FROTHMASTER на обогатительной фабрике «Зеленая гора-2» // Обогащение руд. 2014. № 2. С. 23–28.

2. Затонский А.В., Варламова С.А. Использование бликковых отражений для автоматического распознавания параметров пены при флотации калийных руд // Обогащение руд. 2016. № 2. С. 49–56.
3. Затонский А.В., Малышева А.В. Модернизация алгоритмов бликкового распознавания параметров пенного слоя при флотации калийных руд // Обогащение руд. 2018. № 2. С. 35–41.
4. Hoshen J. Percolation and Cluster Distribution. I. Cluster Multiple Labeling Technique and Critical Concentration Algorithm / J. Hoshen, R. Kopelman // Physical Review B. 1976. No. 14. PP. 3438–3445.
5. Малышева А.В. Определение параметров процесса флотации калийной руды по видеоизображению поверхностной пены флотомашины // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы междунар. научн.-практ. конф. (г. Тамбов, 15–17 ноября 2017 г.). Тамбов, 2017. С. 148–154.
6. Tan J. The Concentrate Ash Content Analysis of Coal Flotation Based on Froth Images / J. Tan, L. Liang, Y. Peng, G. Xie // Minerals Engineering. 2016. No. 92. PP. 9–20.
7. Jahedsaravani A., Massinaei M., Marhaban M.H. An Image Segmentation Algorithm for Measurement of Flotation Froth Bubble Size Distributions // Measurement. 2017. No. 111. P. 29–37.

Поступила 05.03.2021

УДК 004.056.5

Е.А. Митюков

АРХИТЕКТУРА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ АСУП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИХ ИНФОРМАЦИОННОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В статье отражен рост фишинговых атак за последние годы. Фишинг определен как основная угроза для исследования. Предложена архитектура методики повышения надежности и живучести АСУП, позволяющая снизить риски успешного применения фишинговых атак на АСУП.

В ходе анализа существующих методов повышения надежности и живучести автоматизированных систем управления производством (далее – АСУП), выявлено что защищенность большинства объектов промышленности находится под угрозой. Это подтверждает статистика компании Positive Technologies, которая отражает значительное увеличение количества компонентов автоматизированной системы управления технологическим процессом (далее – АСУТП) в сети Интернет и увеличение количества уязвимостей АСУТП из года в год [1], что увеличивает риски нарушения функционирования данных объектов. В свою очередь, при исследовании особенностей классической трехуровневой архитектуры АСУП обнаружено, что множество ранее реализованных атак на АСУП начинались с верхнего, в котором в наибольшей степени присутствует человеческий фактор. Здесь же успешность атак, реализованных с верхнего уровня подтверждает отчет Международной коалиции APWG, показывающий значительный рост фишинговых атак, которые наиболее применимы на верхнем уровне архитектуры [2].

Исходя из этого, в качестве основной угрозы для исследования определен фишинг – несанкционированный доступ к логинам и паролям пользователя, получаемый за счет

неправильных действий последнего. Как правило, такие атаки реализуются через фальсификацию сайтов с формами логина и пароля.

Для противодействия подобным атакам, направленным на верхний уровень АСУП, разработана методика повышения надежности и живучести АСУП с использованием новых методов защиты и диагностирования их информационного и программного обеспечения, позволяющая проверять Интернет-адреса с учетом особенностей их использования в АСУП. Архитектура методики представлена на рис.

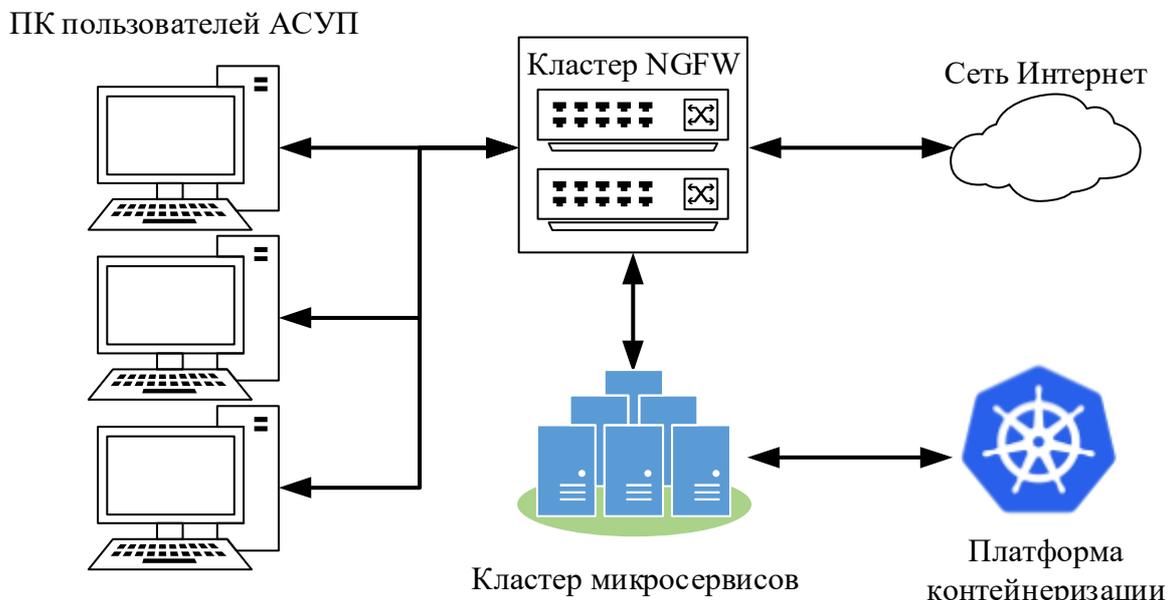


Рис. Общая архитектура

Цель методики – обеспечение безопасности пользователей АСУП в части проверки посещаемых *URL* ресурсов сети Интернет на наличие фишинговых признаков. В соответствии с рисунком архитектура методики состоит из трех основных компонентов:

1. Кластер *NGFW* представляет из себя платформу сетевой безопасности, состоящую из не менее чем двух одинаковых межсетевых экранов, которые помимо традиционного функционала межсетевых экранов содержат функционал глубокого анализа трафика (*DPI*), функционал контентной фильтрации и механизм *SSL/TLS*-инспекции, которые необходимы для реализации.

2. Кластер микросервисов представляет из себя среду контейнеризации, где каждый из алгоритмов представленных в главе 2, реализован в виде отдельного контейнера (микросервиса).

3. Платформа контейнеризации представляет из себя платформу управления контейнерами, контейнерными нагрузками и сервисами кластера микросервисов.

При попытке пользователя посетить *WEB*-ресурс весь трафик маршрутизируется в кластер *NGFW*. Кластер *NGFW*, используя механизм *DPI* и *SSL*-инспекции, расшифровывает трафик и получает *URL*, по которому пользователь пытается перейти. Затем *URL* проверяется на наличие его в персональном белом списке и в случае отсутствия отправляется в кластер микросервисов для анализа.

Кластер микросервисов получает на вход сообщения от *NGFW*-кластера. Балансировщик кластера микросервисов распределяет полученные сообщения между агентами внутри кластера микросервисов. Взаимодействие компонентов внутри кластера микросервисов происходит через брокер сообщений, который складывает все входящие сообщения в одну очередь. При чтении сообщений из очереди сообщения автоматически удаляются. Далее, сообщение обрабатывается из него извлекается *URL*, который проверяется механизмами, представленными в предыдущих работах, а именно: первичным фильтром

поиска логина и пароля, а затем – методом алгоритмических проверок и моделью оценки опасности ресурсов, основанной на методе опорных векторов. По факту проверки URL добавляется в белый список, если принято решение, что он легитимный. В противном случае доступ к запрошенному ресурсу не предоставляется.

Подводя итог, нужно отметить, что предложенная архитектура позволяет снизить риски, возникающие в результате реализации фишинговых атак злоумышленниками и улучшить производительность систем, которые используют схожие механизмы за счет параллельного выполнения анализа и применения первичных фильтров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Positive technologies. ICS Security 2017. URL: <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/ICS-Security-2017-rus.pdf> (дата обращения: 05.12.2018).
2. Anti-Phishing Working Group reports. URL: <https://apwg.org/> (дата обращения: 02.11.2018).
3. Митюков Е.А., Затонский А.В., Плехов П.В. Аудит безопасности SCADA-систем // Защита информации. Инсайд. 2016. №4. С. 72–77.
4. Митюков Е.А. Жизненный цикл фишинговых атак и техники их реализации // Решение. 2019. С. 140–142.
5. Mityukov E.A, Zatonsky A.V, Plekhov P.V, Bilfeld N.V. Phishing detection model using the hybrid approach to data protection in industrial control system. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 537. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/537/5/052014>.
6. Затонский А.В. Информационные технологии: Разработка информационных моделей и систем. М.: ИЦ Риор, 2014. 344 с.

Поступила 07.03.2021

УДК 004.4

П.В. Михалев

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТКЛОНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ГОРНО-ВЫЕМОЧНОЙ МАШИНЫ

В данной статье рассмотрен процесс подбора параметров обучения нейронной сети для решения задачи идентификации отклонений движения горно-выемочной машины, а также представлены результаты проведения экспериментов с обучением и сделаны выводы.

Для решения задачи идентификации отклонений движения горно-выемочной машины можно использовать нейронную сеть, обученную по экспериментальным данным, полученным с имитационной модели движения комбайна. Модель имитирует движение комбайна и выдает на выходе временной ряд показаний датчиков расстояния, расположенных по бокам машины, показывающих расстояние от борта машины до стенки выработанного тоннеля. На основе этих показаний можно пытаться выявлять начало отклонения с использованием нейронной сети.

Имея в наличии экспериментальные данные, попробуем подать их на вход нейронной сети и выполнить корректировку весов, то есть обучить сеть. Для начала воспользуемся наипростейшей сетью с одним скрытым слоем на два нейрона. Подавать данные на вход будем пакетами, соответствующими определенным промежуткам показаний временного ряда. Для этого данные из эксперимента разобьем на равные пакеты, количество которых

будет $N = C - L$, где C – количество показаний всего эксперимента, а L – размер пакета, то есть период истории. Скорость обучения выберем опытным путем. Результат обучения двух нейронных сетей с разной скоростью обучения представлен в табл. 1.

Таблица 1

Параметры обучения, нейронной сети и результат №1–2

№	Количество экспериментов	Размер пакета	Скрытые слои нейронной сети	Скорость обучения	Количество итераций	Ошибка
1	5	30	2	0,5	21851	2,637%
2	5	30	2	0,7	19172	2,519%

При равном количестве экспериментальных данных величина ошибки в 1-м эксперименте оказалась больше, хоть и количество итераций обучения было меньше, а скорость обучения была выше.

Попробуем увеличивать размер пакета входных данных и останавливать обучение сразу же, как только сеть попадет в область насыщения (табл. 2).

Таблица 2

Параметры обучения нейронной сети и результат №3–5

№	Количество экспериментов	Размер пакета	Скрытые слои нейронной сети	Скорость обучения	Количество итераций	Ошибка
3	5	50	2	0.3	181	5,315%
4	5	50	2	0.5	193	7,157%
5	5	50	2	0.7	94	7,364%

Тут ошибка выросла, поскольку количество итераций было значительно меньше, чем в предыдущих попытках. Повторим эксперимент, но увеличим количество итераций обучения (табл. 3).

Таблица 3

Параметры обучения, нейронной сети и результат №6–8

№	Количество экспериментов	Размер пакета	Скрытые слои нейронной сети	Скорость обучения	Количество итераций	Ошибка
6	5	50	2	0,3	2953	2,694%
7	5	50	2	0,5	3345	2,922%
8	5	50	2	0,7	2982	3,258%

Результат стал лучше, но по-прежнему не превосходит результат двух первых экспериментов. Но видно, что увеличение скорости обучения благоприятно влияет на величину ошибки нейронной сети.

Попробуем увеличить количество нейронов в скрытом слое, уменьшив размер пакета и скорость обучения. Результат представлен в табл. 4.

Таблица 4

Параметры обучения нейронной сети и результат №9–11

№	Количество экспериментов	Размер пакета	Скрытые слои нейронной сети	Скорость обучения	Количество итераций	Ошибка
9	5	30	3	0,3	1032	4,320%
10	5	30	4	0,3	2658	3,220%
11	5	30	5	0,3	30	8,870%

Как оказалось, увеличение числа нейронов пагубно влияет на величину ошибки нейронной сети. Вернемся к использованию двух нейронов и значительно увеличим размер входных данных (табл. 5).

Таблица 5

Параметры обучения нейронной сети и результат №12–13

№	Количество экспериментов	Размер пакета	Скрытые слои нейронной сети	Скорость обучения	Количество итераций	Ошибка
12	100	30	2	0,3	41211	1,883%
13	100	50	2	0,3	27741	1,736%

Увеличив размер тренировочных данных и количество итераций обучения, мы добились более качественной работы нейронной сети, ошибка которой составила уже 1,7%. Но такое большое количество итераций требует долгого времени обучения. Попробуем снизить время обучения и посмотреть на результат (табл. 6).

Таблица 6

Параметры обучения нейронной сети и результат №14–15

№	Количество экспериментов	Размер пакета	Скрытые слои нейронной сети	Скорость обучения	Количество итераций	Ошибка
14	100	30	2	0,3	3065	2,129%
15	100	50	2	0,3	2029	2,424%

Ситуация не сильно ухудшилась, зато время обучения значительно сократилось.

Подводя итог, можно сказать, что увеличение числа вычислительных узлов снижает качество работы нейронной сети. Лучший результат был достигнут с использованием всего лишь двух нейронов в одном скрытом слое. Наиболее оптимальная скорость обучения для решения данной задачи равняется 0,3, поскольку именно с такой скоростью обучения результат оказывался лучшим в проведенных сериях экспериментов. Увеличение размера тренировочных данных и количество итераций обучения также минимизирует величину ошибки нейронной сети, но значительно увеличивает время, требуемое для процесса обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михалев П.В. Модель движения комбайна «Урал-20М» // Молодежная наука в развитии регионов. 2019. С. 28–32.
2. Михалев П.В. Идентификация отклонения движения горно-выемочной машины с помощью нейронной сети // Молодежная наука в развитии регионов. 2020. С. 26–30.
3. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения / Уральский филиал ВНИИГ. М.: Недра, 1992. 468 с.
4. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. М.: Вильямс. Москва, 2006. 1104 с.
5. Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики. М.: Ленанд, 2015. 224 с.
6. Технология подземной разработки калийных руд / В.Г Зильбершмидт, К.Г. Синопальников, Г.Д. Полянина [и др.]. М.: «Недра», 1977. 287 с.

Поступила 10.03.2021

А.С. Куверзанов, М.И. Озерова

ИГРА В ЧЕТЫРЕХ ИЗМЕРЕНИЯХ: КАК ЭТО ВОЗМОЖНО? ОСНОВЫ ЧЕТВЕРТОГО ИЗМЕРЕНИЯ И РАССМОТРЕНИЕ ИГРЫ

Рассмотрена суть четырехмерного пространства и его применения в игре нового жанра. Сделана попытка максимально простыми словами и объяснением помочь сознанию представить 4d пространство.

Игра имеет название 4d Toys – это физический симулятор обычных детских игрушек, которые можно складывать в кучу, кидать друг в друга и даже пытаться что-нибудь из них построить. Вид игры представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Вид игры 4d Toys

Главное, что отличает эту игру от любой другой, – то, что все объекты в ней существуют в четырех измерениях. Именно поэтому зрелище получается крайне непривычным.

Создатель проекта Marc ten Bosch признался, что идея выпустить этот проект пришла ему в голову во время работы над еще одной игрой про отображение четырехмерных объектов (более трудной с точки зрения реализации и более амбициозной). Автор строит megakure. Мир, в котором четыре измерения вместо трех [1]. В этой игре четвертое измерение – это не время, а четвертое измерение пространства, которое работает точно так же, как и первые три измерения. Если учитывать время, то это вообще 5d игра. Автор признался, что он даже не считает это полноценной игрой. По сути, это просто наглядная демонстрация движка megakure, который способен обрабатывать информацию о том, как взаимодействуют объекты в четырех измерениях, и отображать, как эти взаимодействия будут выглядеть для тех, кто существует лишь в трех измерениях.

Для создания этого движка разработчик в течение года собирал данные из области физики и математики, продумывал, как ему поместить известные законы в движок игры. Очень важным этапом стал этап усвоения того факта, что физика скольжения, столкновения, вращения, падения и прочих подобных процессов одинакова для всех измерений. Это позволило ему создать реалистичный физический движок для обработки и отображения взаимодействия 4d объектов.

Для понимания сути 4D измерения давайте рассмотрим более простые измерения [2, 3].

Допустим, что вы двумерный персонаж и можете видеть только два измерения: вверх-вниз и влево-вправо, но что, если бы мир фактически был трехмерным, и вы были бы просто плоским двумерным персонажем, застрявшим на 2d плоскости? Двухмерная графика игры представлена на рисунке 2.

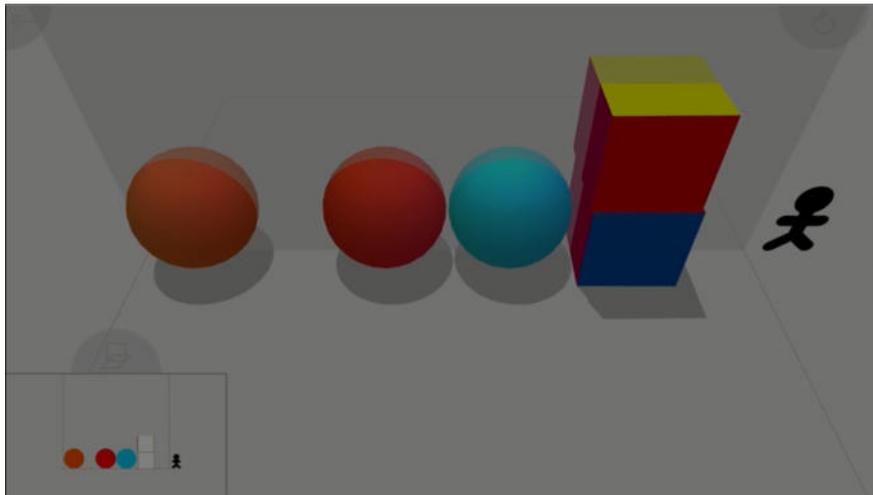


Рис. 2. Двухмерная графика 1

То есть, при этом, на самом деле, эти две формы были фактически двумерными поперечными сечениями трехмерных фигур. Например, рисунок 3, можно перемещать эту сферу назад и вперед в третьем измерении и видеть, как сечение меняется в размерах, но двумерный персонаж может видеть только два измерения из 3-х.

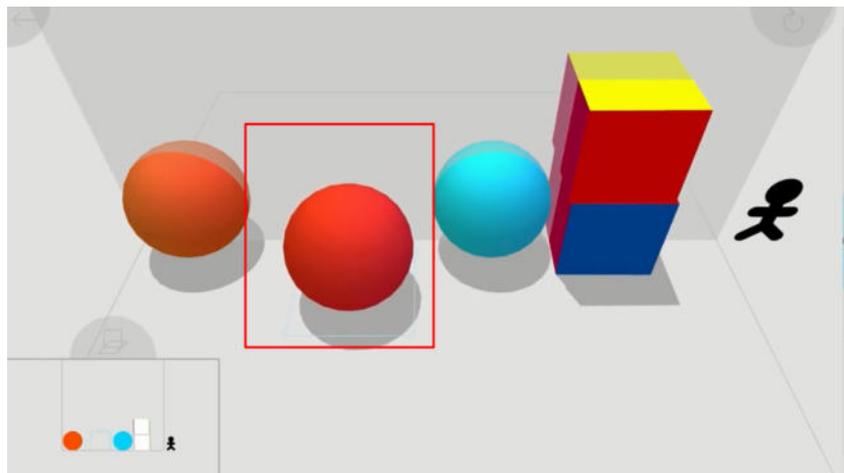


Рис. 3. Двухмерная графика 2

Давайте вернемся к его перспективе внутри двумерной плоскости, но для удобства трехмерный вид будет отображаться в нижнем углу. Таким образом эти фигуры не ведут себя так, как этого мог ожидать двумерный персонаж (рис. 4).

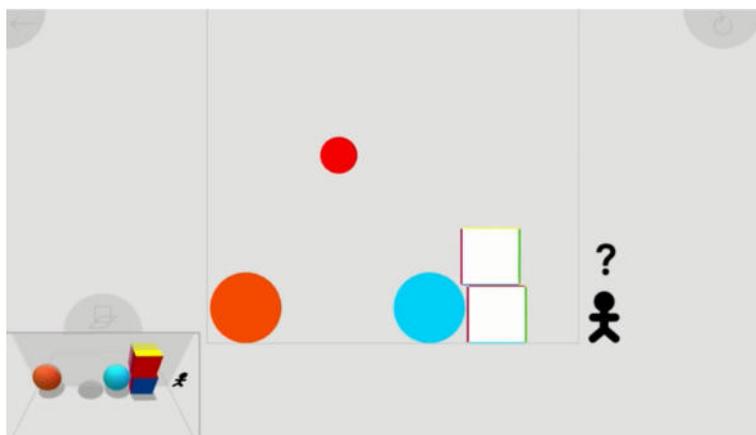


Рис. 4. Двухмерная графика 3

Например, нам кажется, что красный круг таинственно плавает в воздухе, но мы-то знаем, что это просто поперечное сечение красной сферы. Этот срез не проходит через центр сферы. Именно поэтому круг выглядит как бы парящим в воздухе, а если красная сфера столкнется с другой сферой, то она может просто исчезнуть из среза (рис. 5).

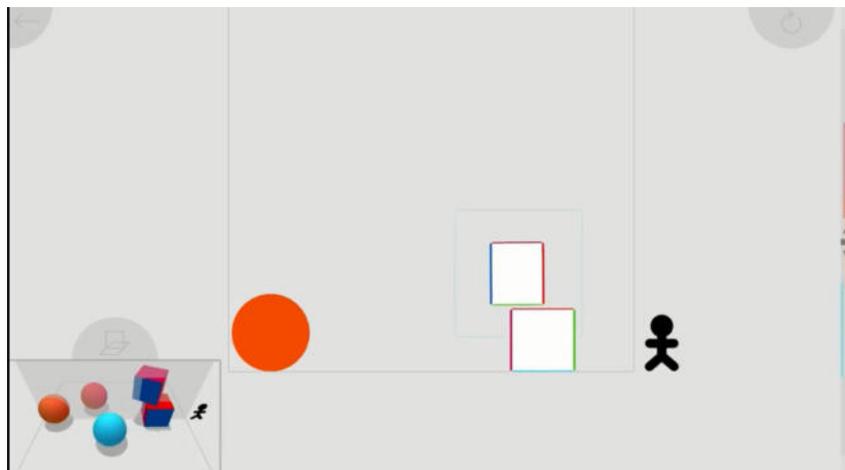


Рис. 5. Двухмерная графика 4

После подпрыгивания квадрат таинственным образом меняет количество сторон и становится меньше, а потом и вовсе исчезает, но мы-то понимаем, что это куб, и он просто перешел в третье измерение.

Попробуем переместить эту секущую плоскость, которая и создает эти сечения [4]. Круги сжимаются и растут, квадраты меняют форму, потому что мы меняем плоскости сечения. Это может показаться странным для двумерного персонажа, но для нас, трехмерных существ, это имеет смысл. Это похоже на МРТ: каждый 2d круг, который мы видим, является лишь частью 3d сферы, но теперь вернемся к нашей игре.

В 4d Toys (рисунок 6) вместо двумерных существ, живущих в трехмерном мире, мы являемся трехмерным существом, живущим в мире с четырьмя измерениями.

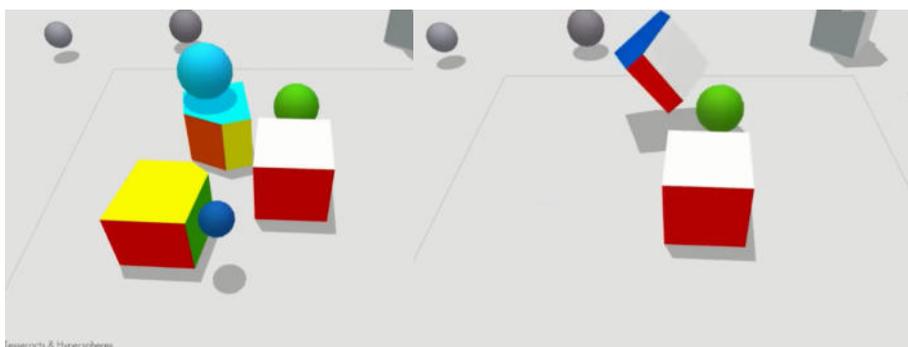


Рис. 6. 4d Toys 1

Таким образом, мы можем видеть только три измерения из 4-х, а в двумерном случае человек мог видеть только 2 измерения из 3-х и вместо того, чтобы видеть 2d сечения 3d мира, мы видим трехмерное сечение 4d мира [5]. То есть, тут все так же, как и в прошлом примере, только на одно измерение больше. Эти трехмерные фигуры не ведут себя так же, как обычные 3d объекты. Эта сфера, плавающая в воздухе, на самом деле представляет собой просто трехмерное поперечное сечение 4d гиперсферы; срез не проходит через центр гиперсферы, поэтому сфера выглядит висящей в воздухе. Если красные гиперсферы сталкиваются с другой сферой, она так же, как и в прошлом примере, может отскочить в четвертое измерение, и мы ее уже не увидим (рис. 7).

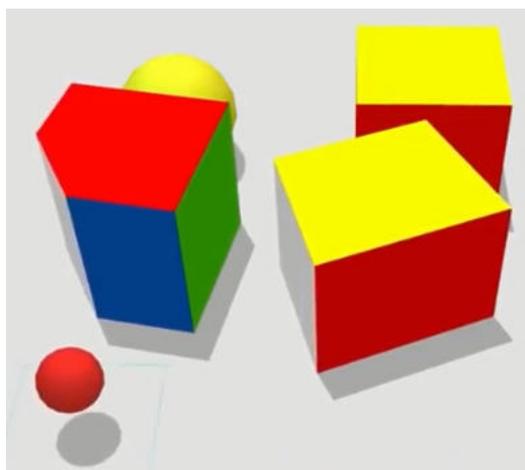


Рис. 7. 4d Toys 2

После взаимодействия с другими предметами куб также меняет количество сторон и исчезает, то есть это 4d гиперкуб, и он переместился в четвертое измерение. Конечно, по сравнению с двумерным человеком, в данном случае очень сложно представить себе изменение формы объектов. Если перемещать 3d плоскость вдоль четвертого измерения, то сферы растут и сжимаются, а кубы меняет форму, но то, что происходит – это только то, что мы принимаем разные трехмерные сечения фактических четырехмерных объектов (рис. 8, 9).

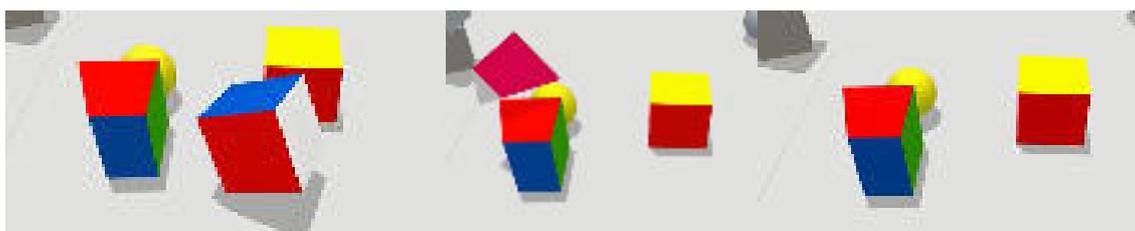


Рис. 8. Изменение куба в 4D



Рис. 9. Изменение 3D вида 4D объектов

Каждая 3d область, которую мы видим, является лишь частью 4d гиперсферы, однако, в отличие от примера с двумерным человеком, мы не можем отдельно взять и показывать в углу камеру с изображением из 4d мира, потому что наша вселенная трехмерна.

Посмотрим еще на два кольца, которые можно расцепить только с использованием четвертого измерения (рис. 10), но есть и другие 58 16 120 600 сторон (рис. 11).

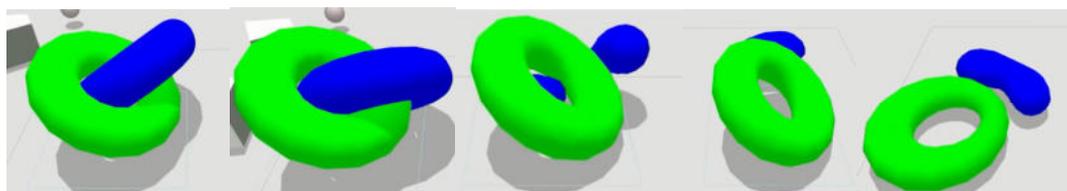


Рис. 10. Кольца



Рис. 11. Форма с 24 сторонами

Все это очень интересно, но служит всего лишь демонстрацией работы игрового движка. Сложно представить, насколько люди смогут продвинуться в осознании четвертого измерения с выходом той самой амбициозной игры от автора 4D Tools.

Вывод

В данной статье были рассмотрены основы 4d измерений, их суть, а также игра, дающая возможность сознанию понять и представить предметы за пределами 3d измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ибаньес Рауль. Четвертое измерение. Является ли наш мир тенью другой Вселенной? М.: Де Агостини, 2014. 160 с. (Мир математики: в 45 томах, том 6).
2. URL: <http://eusebeia.dyndns.org/4d/index.html> 4D Euclidean space (дата обращения: 10.03.2021).
3. URL: http://hi.gher.space/_Higher_Dimensions (дата обращения: 10.03.2021).
4. Владимиров Ю.С. Пространство–время: явные и скрытые размерности. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 208 с. (Науку – всем! Шедевры научно-популярной литературы).
5. Хинтон Ч.Г. Геометрия высших измерений. М.: Торговый Дом Велигор, 2017. 428 с.

Поступила 11.03.2021

УДК 004.43

И.С. Долгополов **СРЕДА РАЗРАБОТКИ QT CREATOR. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ**

В статье рассматриваются достоинства и недостатки среды разработки Qt Creator. Приводится пример метода решения недостатка, связанный с компиляцией приложения, в бесплатной версии Qt Creator.

Qt Creator – это современная среда разработки, поддерживающая основные принципы объектно-ориентированного программирования на языке C++. Qt Creator работает в операционных системах Windows, Linux и macOS для настольных ПК и позволяет разработчикам создавать приложения для настольных, мобильных и встроенных платформ [1].

Данная среда разработки имеет следующие преимущества:

- для написания кода используется язык программирования C++ [2];
- достаточно развитый функционал графического интерфейса среды разработки;
- огромный выбор инструментов для реализации интерфейса «человек–машина» вашего приложения;

- открытый код библиотек, дает огромное преимущество, так как в большинстве случаев для реализации своих алгоритмов, происходит копирование уже существующей части кода;
- в данной среде разработки реализована возможность сборки «своих» библиотек, драйверов, так необходимых для реализации работы приложений на различных устройствах;
- применение виртуальной машины, для проверки работоспособности приложения, на разных платформах;
- применение системы «Сигнал – Слот», позволяет более подробно реализовать отслеживание происходящих событий и последующую их обработку;
- бесплатное распространение программы.

Преимущества очевидны, если сравнить Qt Creator с бесплатной версией Visual Studio. В Visual Studio практически невозможно собрать свои библиотеки, очень плохо развиты инструменты для реализации интерфейса «человек–машина», закрытый код плагинов и библиотек, проблемы с реализацией работы драйверов. Visual Studio подходит больше для обучения и разработки программ для Microsoft систем. Но в свою очередь Visual Studio предоставляет свободу разработки на языке Python [3] и имеет более эффективную чем Qt Creator виртуальную машину.

Так же необходимо провезти аналогию с бесплатной версией среды разработки IntelliJ IDEA Community. Данная версия программного обеспечения имеет открытый код, но есть основной недостаток: в этой версии невозможно подключить сторонние библиотеки и драйвера для работы вашего приложения. Например, вы решили реализовать работу вашего клиент-серверного приложения с MySQL server, вы знаете язык, знаете документацию, у вас есть драйвер от этого сервера, но нет возможности его подключить. Такая возможность есть только в платной версии Ultimate. В бесплатной версии Community очень плохо развиты инструменты для реализации интерфейса «человек-машина», зато установлена мощная виртуальная машина, компилятор которой выдает готовый инсталляционный файл приложения, не требующий дополнительной доработки. Другими словами, версия Community предназначена только для демонстрации работы и обучения. Для реализации сложных приложений, она также не подходит [4].

Мы рассмотрели достоинства, произвели сравнение с другими средами разработки, теперь необходимо рассмотреть недостатки среды разработки Qt Creator. Qt Creator имеет следующие основные недостатки:

виртуальная машина компилирует приложение и запускает его в своей среде. Если приложение простое и не требует для работы особые библиотеки, драйверы, файлы, то оно запускается без проблем и вне среды разработки. Проблемы начинаются, когда вы пытаетесь скомпилировать более сложное приложение, оно вне среды разработки работать не будет, так как необходимо дополнительное программное обеспечение для сборки проекта;

сложность разработки пользовательских моделей данных [8];

очень сложно найти достойную документацию по работе с Qt. В самой среде разработки встроены примеры, существует официальный сайт справочных материалов, но действительно полезной информации в этих источниках нет. Приходится использовать информацию с форумов и видеоуроки разработчиков приложений на Qt. В этом плане Qt Creator проигрывает Visual Studio и IntelliJ IDEA Community.

Рассмотрим решение проблемы с компиляцией приложения. Исходные данные:

Qt Creator 4.8.2;

для сборки приложения в среде Qt Creator 4.8.2 применяется плагин компилятор MinGW 7.3.0 32-bit for C++ [1].

Для запуска сложного приложения вне среды разработки Qt Creator 4.8.2 необходимо установить дополнительное программное обеспечение. Так как компилятор MinGW самостоятельно не собирает необходимые драйвера и библиотеки, необходимо использовать приложение LibraryCollector [5], либо DLL collector [6]. Затем, после того как все

необходимые для работы нашего приложения файлы собраны, необходимо создать инсталляционный файл приложения, в этом нам поможет Inno Setup Compiler 5.5.9 (a). При запуске Inno Setup Compiler указываем папку с ранее подготовленными файлами драйверов, плагинов и библиотек, затем указываем местоположение скомпилированного в MinGW файла нашего приложения и собираем инсталляционный файл [7]. Теперь наше приложение будет работать вне среды разработки Qt Creator 4.8.2.

Qt Creator является мощным инструментом разработки даже в бесплатной версии приложения. При помощи такого инструмента можно создавать и поддерживать действительно сложные приложения, адаптировать их практически под любую операционную систему. Но при разработке программисту придется столкнуться с рядом решаемых проблем. Либо приобрести платную версию Qt Creator, в которой доступны методы статической сборки ваших проектов и доступен сервис помощи разработчику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт разработчика Qt. URL: <https://www.qt.io/product/development-tools>.
2. Алексеев Е.Р., Злобин Г.Г., Костюк Д.А., Чеснокова О.В., Чмыхало А.С. Программирование на языке C++ в среде Qt Creator // ООО «Альт Линукс». 2015. 448 с.
3. Сайт разработчика VisualStudio. URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>.
4. Сайт разработчика IntelliJ IDEA Community. URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/>.
5. Кибер форум. LibraryCollector – программа для сборки библиотек для переноса Qt-приложений. URL: https://www.cyberforum.ru/blogs/131347/blog2457.html#a_1.
6. Легоцкой Е. Статья: Qt WinAPI – Урок 001. Как собрать все DLL, используемые в Qt-проекте. URL: <https://evileg.com/ru/post/161/>.
7. Легоцкой Е. Статья: Qt WinAPI – Урок 002. Как сделать win инсталлятор для Qt-приложения? URL: <https://evileg.com/ru/post/162/>.
8. Видео урок. Qt – Применение пользовательских моделей 2. URL: https://www.youtube.com/watch?v=WpDmkAvEz2Q&ab_channel=ЛевАлексеевский.

Поступила 11.03.2021

УДК 004.94

П.А. Язев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ГОРНО-ВЫЕМОЧНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ ДОБЫЧИ КАЛИЙНОЙ РУДЫ

Обозначена значимость планирования производства калийной руды. Описаны две задачи, возникающие при планировании, которые могут быть решены с использованием имитационного моделирования и являются задачами оптимизации. Показана трудность их решения с использованием только средств имитационного моделирования. Предложено решение этой проблемы построением регрессионной модели. Описаны входные и выходные параметры предложенной модели.

Производство калийных удобрений имеет важное значение для мировой экономики, в том числе для мирового сельского хозяйства. Повышение общего объема выработки калийного рудника на всех временных горизонтах является важной задачей планирования добычи руды. Для введенной в эксплуатацию шахты можно выделить 2 способа повышения общего объема добычи, использующего созданную модель [1]:

1) составление оптимального плана добычи на заданном временном промежутке, т.е. такое распределение комбайнов по работам, при котором общий объем выработки будет максимальным;

2) определение длины камеры [2], при которой за заданный длинный промежуток времени (год или более) выработка комбайна будет максимальной с учетом всех вспомогательных операций, отгонов, перегонов, ремонтов и т.д.

Таким образом, обе задачи являются задачами оптимизации (1)

$$\sum_i \sum_k M_{ik} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где M_{ik} – масса добытой комбайном i руды за временной промежуток k .

Однако решение данной задачи в текущих условиях будет затруднено: многократное выполнение имитационного моделирования будет занимать слишком много времени, т.к. выполнение моделирования на срок 1 год для всего рудника составляет около одной минуты, а для решения задач оптимизации необходимы миллионы таких расчетов. Для упрощения расчетов вместо упрощения самой модели или задачи оптимизации, предлагается построить регрессионную модель работы одного комбайна на прохождение одной камеры от момента начала транспортировки комбайна из текущего положения до момента отгона комбайна в начало камеры при окончании проходки выработки (2).

$$f: W \times X \rightarrow Y. \quad (2)$$

Входными параметрами являются предложенной модели являются:

- 1) длина камеры;
- 2) начальное положение – место, откуда выполняется перегон комбайна либо положение в текущей камере;
- 3) расстояние от начала камеры до точки разгрузки самоходного вагона;
- 4) модель комбайна (заменяет набор технологических параметров работы комбайна);
- 5) модель вагона;
- 6) коэффициент сложности горных работ;
- 7) количество комбайнов, самоходные вагоны которых выполняют работают с одной и той же общей точкой разгрузки (позволяет находить возникновение очередей вагонов на точке разгрузки);
- 8) высота подрубки;
- 9) остановки работы, в том числе ремонты;
- 10) тип выполняемой работы;
- 11) конечное положение комбайна – место в этой камере либо отгон на начало камеры.

Выходными параметрами являются:

- 1) количество добытых тонн руды;
- 2) время на выполнение этой операции;
- 3) процент времени состояния объектов.

Подводя итог, следует отметить, что расчет по регрессионной модели может заменить многократное выполнение имитационного моделирования, однако описанная зависимость выходных параметров от набора входных параметров требует тщательной настройки и проверки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варламова С.А., Володина Ю.И., Затонский А.В., Язев П.А. Разработка имитационной модели для планирования горно-выемочных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. №10. С. 214–223.

2. Язев П.А., Затонский А.В. О возможности применения модели горных выработок для расчета увеличения объема выработки путем изменения длины камеры. Решение: материалы Восьмой Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 190–192.

3. Шпургалов Ю.А. Математическое моделирование для обоснования принятия решений в процессах добычи калийных руд: дис. доктора технических наук: 05.13.18 // Моск. гос. гор. ун-т, Москва. 2004.

4. Затонский, А.В., Уфимцева, В.Н. Разработка объектных средств имитационного и многоагентного моделирования производственных процессов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 4. С. 56–62.

Поступила 11.03.2021

УДК 004.021

И.С. Долгополов
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
«ДЕТСКИЙ САД»**

В статье рассмотрены проблемы работников современных детских садов, произведен анализ существующих решений, составлена функциональная модель конкретного аспекта работы персонала, предложен способ их решения, определены требования к создаваемой информационной системе, далее по тексту ИС. Проведен предварительный анализ внедрения ИС, сделаны соответствующие выводы.

В данной работе в исследовательских целях было принято решение отказаться от классической разработки: клиент серверного приложения на базе Web интерфейса, для предприятия МАДОУ «Детский сад №89», далее ДС, благодаря этому работа приобрела исследовательский характер. Были приобретены знания и навыки:

- работы на языке C++ в среде разработки Qt;
- работы с сервером MySQL server 8.0;
- навыки разработки более сложных SQL запросов и их адаптации для моделей данных виджетов Qt;
- извлечения информации из эксперта.

Для разработки ИС проведено исследование объекта в следующей последовательности:

- составлена функциональная модель объекта [1];
- проанализированы существующее решения;
- проведены интервью с экспертом.

Результатом завершения интервью, стало требование эксперта автоматизировать следующие аспекты работы ДС:

- автоматизировать процесс мониторинга развития ребенка, «Диагностика»;
- автоматизировать процесс организации расписания согласно «Сетки занятий» [5];
- создать БД для быстрого поиска контактов родственников воспитанников;
- создать БД для быстрого поиска контактов сотрудников;
- контроль доступа к клиенту;
- работа ИС только по локальной сети.

Диагностика – это система мониторинга, которая содержит 5 образовательных областей, соответствующих Федеральному государственному образовательному стандарту

дошкольного образования, приказ Министерства образования и науки № 1155 от 17 октября 2013 года [2].

В нашем случае цель информационной системы – решить проблему с мониторингом успеваемости воспитанников и составлением расписания занятий.

Рассмотрим декомпозицию «Формирование отчетов по результатам воспитательного процесса», как показано на рисунке. По диаграмме видно, что для формирования документа «Диагностика» воспитателям необходимо выполнить следующие действия:

- обработать информацию по группе;
- создать диагностику для группы;
- заполнить диагностику;
- сделать выводы по результатам выполнения диагностики.

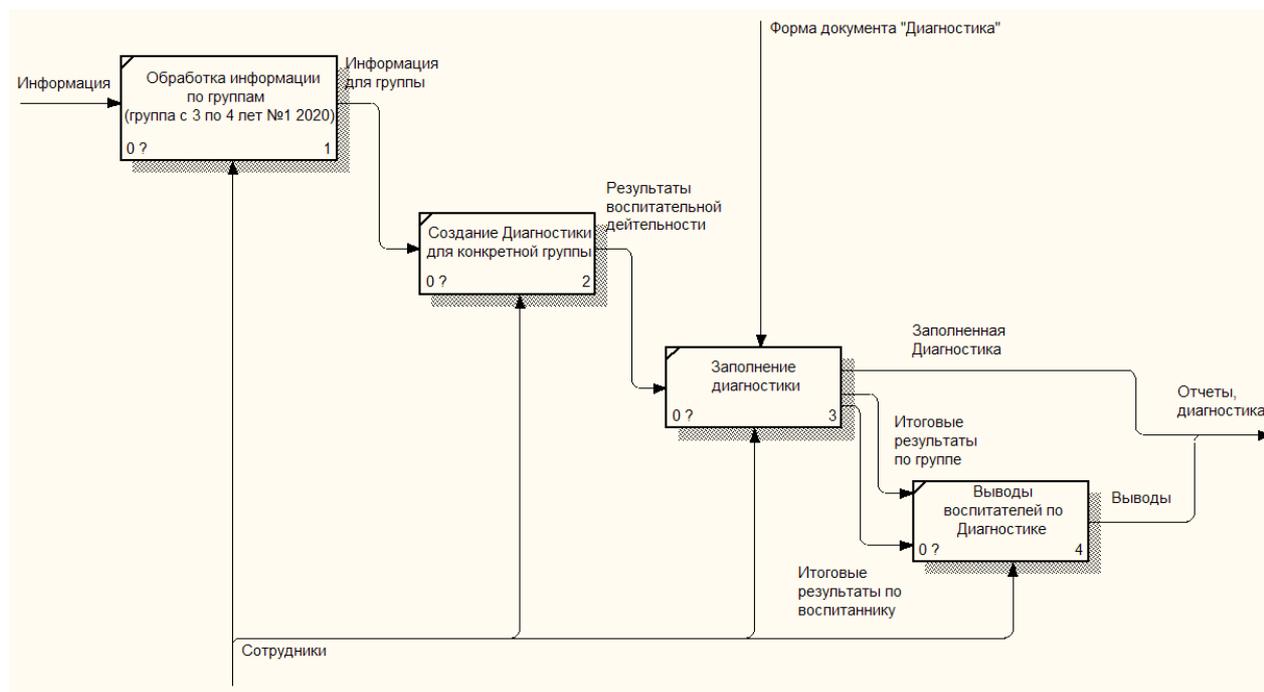


Рис. Декомпозиция «Формирование отчетов» по результатам воспитательного процесса

Для реализации поставленной задачи выбрана клиент-серверная архитектура ИС. Серверная часть реализована на MySQL server 8.0. Клиентская часть разработана в среде разработки QT на языке программирования C++ [4], дополнительно для ее работы будут собраны самостоятельно плагины для работы с сервером MySQL.

Для работы клиентской части приложения используются дополнительные модули:

- драйвер для работы с MySQL server 8.0 «libmysql.dll» и «libmysql.lib»;
- библиотека «qtxlsx» для выгрузки модели данных в Excell [3].

Необходимо заострить внимание на организации матрицы доступа в клиентской части ИС. Доступ к ИС будет разделен на 3 уровня:

- заведующая;
- методист;
- сотрудник.

Пользователи с уровнем доступа «Заведующая»:

- настройки матрицы доступа;
- настройки подключения к серверу;
- настройки работы приложения по умолчанию, полный функционал;
- личные карточки воспитанников;
- личные карточки сотрудников;

- мониторинг развития ребенка «Диагностика»;
- расписание занятий.

Пользователи с уровнем доступа «Методист»:

- настройки работы приложения по умолчанию, ограниченный функционал;
- личные карточки воспитанников;
- личные карточки сотрудников;
- мониторинг развития ребенка «Диагностика»;
- расписание занятий, полный функционал.

Пользователи с уровнем доступа «Сотрудник»:

- настройки работы приложения по умолчанию, ограниченный функционал;
- личные карточки воспитанников;
- мониторинг развития ребенка «Диагностика»;
- расписание занятий, только просмотр.

Безусловно, применение в ИС MySQL server и сложных SQL-запросов увеличивает время отклика программы, но так как одновременно к серверу будет подключено не более десяти клиентов, сильного влияния на производительность ИС этот фактор не окажет [6].

Стандартные инструменты серверной части ИС упрощают администрирование БД, позволяют: редактировать БД, выгружать БД, загружать БД, ограничивать доступ к БД.

Клиентская часть ИС автоматически создает необходимые таблицы в БД, то есть сокращается время на внедрение ИС на объекте.

Необходимо отметить простоту масштабируемости приложения, например, для реализации функции «Расписание», существующий код приложения не был изменен, в свою очередь были добавлены 3 новых файла: заголовок, основной код, форма «Расписание». На форме главного окна была выведена кнопка для перехода к функции «Расписание».

Результатом внедрения ИС станет снижение затрат времени на оформление диагностики. В среднем для одной группы воспитатель за сентябрь тратит 1 час рабочего времени на заполнение и вычисление таблицы и 1 час на формирование вывода для диагностики за сентябрь. Автоматизация вычислений и автоматизация выводов сокращает время оформления диагностики до получаса. То есть время расходуется только на заполнение таблиц, а возможность выгружать документ в формате Excel упрощает редактирование отчета [3]. Хранение «Диагностики» в электронной базе упрощает поиск необходимых документов.

Применение «Расписания» позволит методисту контролировать расписание, вовремя искать подмену заболевшему либо отсутствующему сотруднику, планировать работу детского сада на месяц вперед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Затонский А.В. Информационные технологии: разработка информационных моделей и систем: учеб. пособие. М.: РИОР: ИНФРА-М. 2014. 344 с.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования // Приказ Министерства образования и науки № 1155 от 17 октября 2013 года. URL: <http://base.garant.ru/70512244/>.
3. Сайт разработчика qtxlsxwriter. URL: <https://qtxlsx.debao.me/>.
4. Алексеев Е.Р., Злобин Г.Г., Костюк Д.А., Чеснокова О.В., Чмыхало А.С. Программирование на языке С++ в среде Qt Creator // ООО «Альт Линукс». 2015. 448 с.
5. Пример «Сетка занятий». URL: <https://vos-ds10-sputnik.edumsko.ru/conditions/daily/post/239947>.
6. Шварц Б., Зайцев П., Ткаченко В. MySQL по максимуму / 3-е изд. СПб.: Питер. 2018. 864 с.

Поступила 12.03.2021

Н.О. Сергеев

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ САЙТА БФ ПНИПУ

В статье рассматривается тестирование API поиска сайта БФ ПНИПУ с использованием Postman. Приведены результаты тестирования.

Тестировщики программного обеспечения являются достаточно востребованными специалистами в ИТ-индустрии. Они оценивают программное обеспечение (ПО) с точки зрения экспертов и обычных пользователей, главная цель их деятельности – выявление и устранение ошибок ПО. Именно благодаря тестировщикам в существующем софте относительно мало ошибок, а ведь после того, как софт вышел «из-под пера» программиста, ошибок было в разы больше.

В узком смысле тестирование – это проверка соответствия реального поведения программы к ожидаемому. Ожидаемое поведение определяется в результате анализа требований к ПО. Реальное поведение определяется в результате использования ПО.

API (Application Programming Interface) – набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) для использования во внешних программных продуктах. Современные *API* часто принимают форму веб-сервисов, которые предоставляют пользователям (как людям, так и другим веб-сервисам) какую-то информацию [1].

Тестирование *API* проводят, основываясь на бизнес-логике программного продукта. Оно относится к интеграционному тестированию, в ходе реализации которого необходимо найти ошибки взаимодействия между модулями системы. Имеются технические решения для автоматического тестирования *API*. Одно из них – *Postman*.

Postman служит для проверки запросов от пользователя на сервер и получения ответа от бэкенда, чтобы убедиться, что все работает на стороне бэкенда. Он содержит в себе множество вспомогательных библиотек, в том числе по работе с кодом на языке *JavaScript*, которые можно использовать при подготовке данных к тестам, обработке результатов, работе с переменными и так далее.

Postman позволяет не только делать запросы к *API* и читать результаты, но и писать автоматические тесты на полученные результаты, сравнивая их с ожидаемыми, генерировать переменные, сохранять и передавать переменные и результаты запросов из запроса в запрос, строить отчеты о тестировании, запускать наборы запросов, контролировать количество запусков и время между ними (что можно настроить под тестирование стабильности сервиса). *Postman* работает только с *REST API*. Для тестирования *SOAP* существует его конкурент *SoapUI*. Хотя последний может работать и с *REST API* и *SOAP*, для тестирования *REST API* именно *Postman* лидирует из-за удобного графического интерфейса и тех возможностей, которые он предоставляет пользователю.

Цель работы – тестирование *API* поиска официального сайта БФ ПНИПУ <http://www.bf.pstu.ru/poisk?task=suggestions.display&format=json&tmpl=component> с помощью инструмента тестирования *Postman*. Запросы составлены с использованием языка программирования *JavaScript*.

Фронт находится на странице <http://www.bf.pstu.ru/poisk>. Отправляем запрос с параметром *q* и текстом поиска «студенты специальности». Время поиска ограничиваем 400 мс. Вид страницы с этим запросом изображен на рисунке 1.

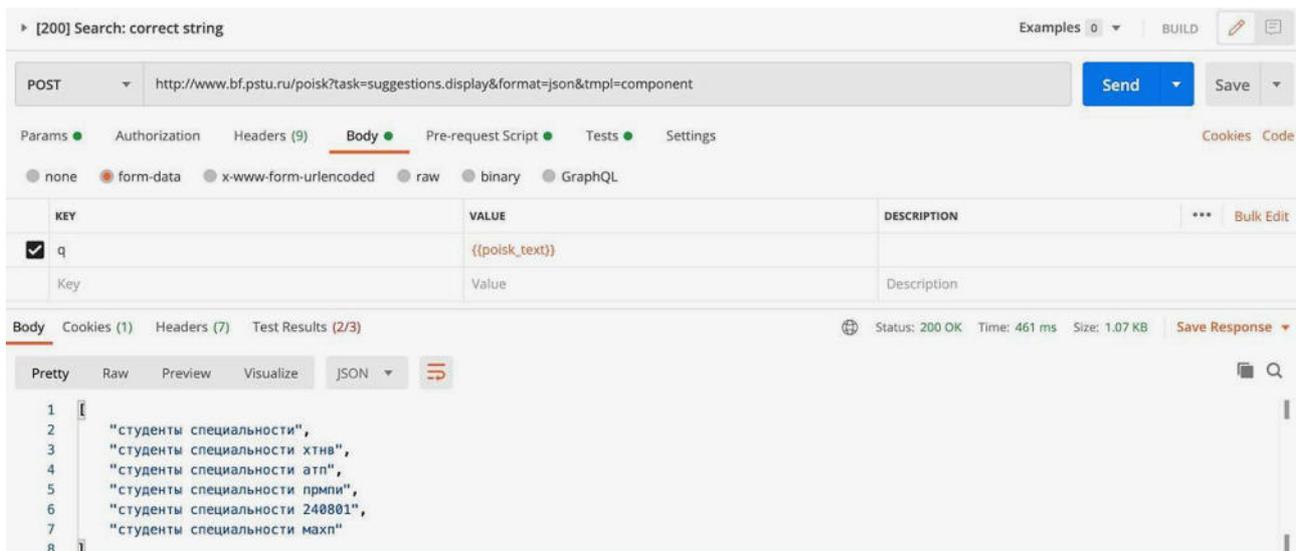


Рис. 1. Окно запроса

Тестируем результат запроса. Тестируется: код ответа 200, результат поиска действительно содержит поисковую строку, время работы запроса меньше 400 мс.

Пишем код:

```
pm.test("Status code is 200", function () {
  pm.response.to.have.status(200);
});

pm.test("ответ содержит поисковую строку", function () {
  let json_result = pm.response.json(); //ответ в формате json
  let up_bool = 0, i;
  let poisk_text = pm.variables.get("poisk_text");
  for (i=0; i<json_result.length; i++) {
    if (json_result[i].toLowerCase().includes(poisk_text.toLowerCase()) == true) up_bool++;
  }
  pm.expect(up_bool).to.eql(i);
});

pm.test("Response time is less than " + pm.variables.get("time"), function () {
  pm.expect(pm.response.responseTime).to.be.below(Number(pm.variables.get("time")));
});
```

Сформированный отчет показал, что из трех проверок только две успешные (рис. 2). Время поиска больше заданного.

Для следующего тестирования пишем *Pre-Request Script* в *Postman*:

```
let text_arr = ['горное дело', 'ИВТ', 'ГОРНОЕ ДЕЛО', 'литература', 'ХИМИЯ', 'студенты специальности хтнв', 'студенты специальности', 'абитуриенты'];
function getRandomInt(min, max) {
  min = Math.ceil(min);
  max = Math.floor(max);
  return Math.floor(Math.random() * (max - min)) + min;
}
var poisk = getRandomInt(0, text_arr.length-1);
pm.environment.set("poisk_text", text_arr[poisk]);
```

Теперь тест работает следующим образом: из массива возможных текстов для поиска случайно выбираем текст, отправляем его в *API* поиска, получаем ответ и проверяем, что код

ответа 200, в ответе действительно содержится строка поиска, время работы поиска меньше 400 мс.

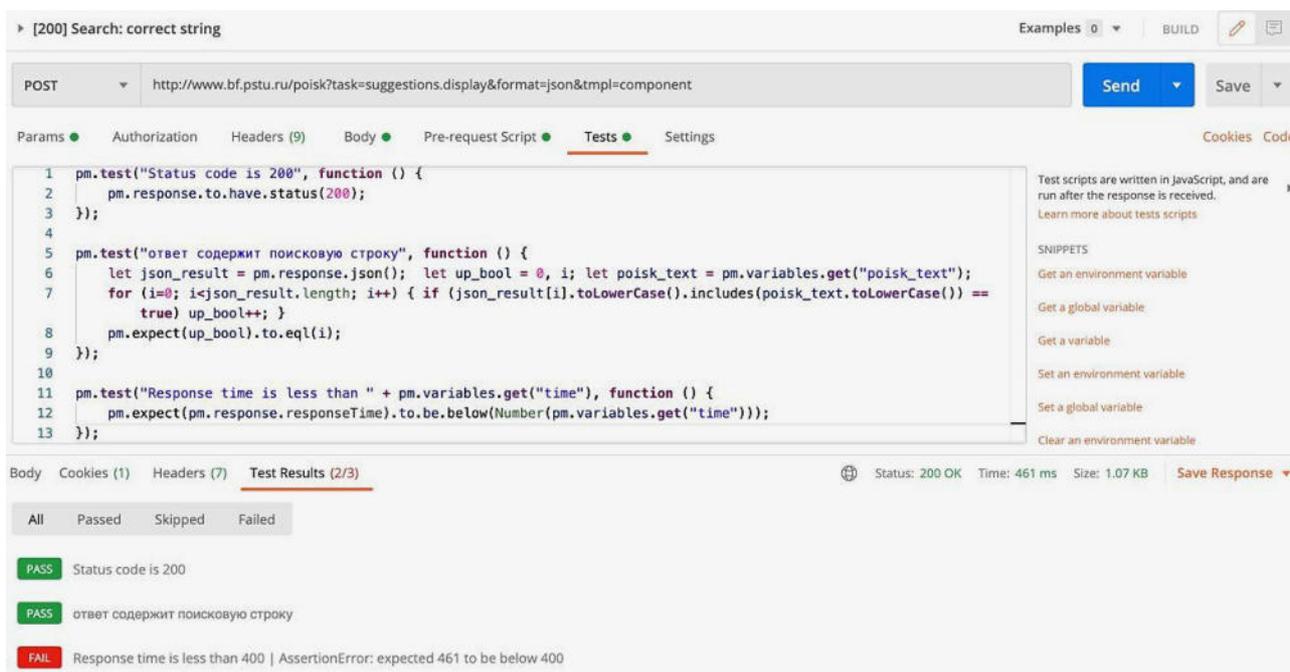


Рис. 2. Результат тестирования при первом запросе

Проверены случаи: отправить пустую строку, отправить пробел, отправить запрос разной длины. В этих случаях необходимо, чтобы сервер не отправил нам код ответа 5xx, время ответа было разумное.

На рисунке 3 показан результат тестирования при пустом поиске. Корректными при пустом запросе являются несколько вариантов поведения системы: отправить код ответа 404 – запрос не найден; отправить код 200, но сказать, что результат пустой; отправить код 200 и вывести все статьи из системы.

В нашем случае результаты тестирования показали различные значения, время ответа больше 3 с, что не является корректным.

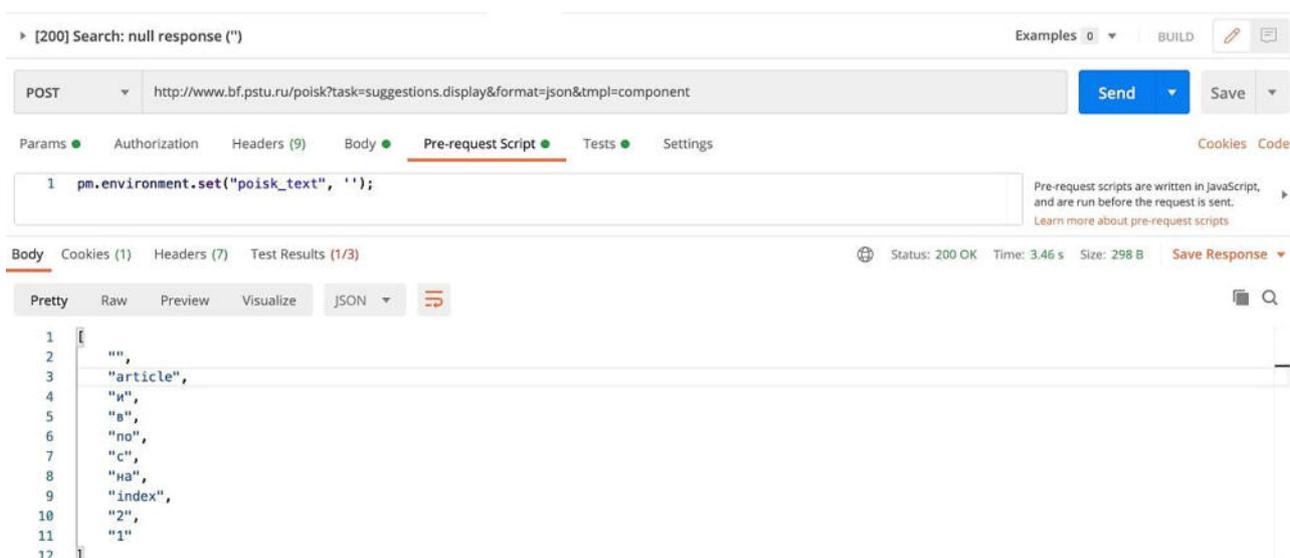


Рис. 3. Отчет при пустом поиске

Для всех заявленных ранее запросов тесты одни и те же:
`pm.test("Status code is 200", function () {`

```

    pm.response.to.have.status(200);
  });

  pm.test("нечто ответ", function () {
    let json_result = pm.response.json();
    console.log(json_result);
    pm.expect(json_result).to.eql([]);
  });

```

При отправлении в качестве запроса пробела получили: код 200 – ответ пустой, время ответа меньше 400 мс не стабильно, т.е. из трех тестов один иногда падает.

Для отправления запроса о том, что длина вводимой строки для поиска будет от 100 до 500 символов (в случайном порядке, каждый запрос будет вставлять туда разные значения) пишем *Pre-Request Script*:

```

let long_text = "";
for (let i = 0; i < getRandomInt(100,500); i++) {
  long_text += 'a';
}
pm.environment.set("poisk_text", long_text);

```

Аналогично создаем тесты для длины строки от 500 до 1000 и от 1000 до 10000 символов. Запускаем тесты вместе. Для этого открываем папку со всеми сохраненными запросами, нажимаем кнопку «run». Поскольку при запросах про пробел и пустую строку никакие данные не генерируются, их запустили один раз, все остальные запросы были запущены 25 раз с интервалом между запусками 10 мс.

В процессе тестирования по каждому запросу можно посмотреть промежуточные итоги, можно остановить запуск, отдельно посмотреть все прошедшие или упавшие тесты. Отчет по каждому запросу показан на рисунке 4.

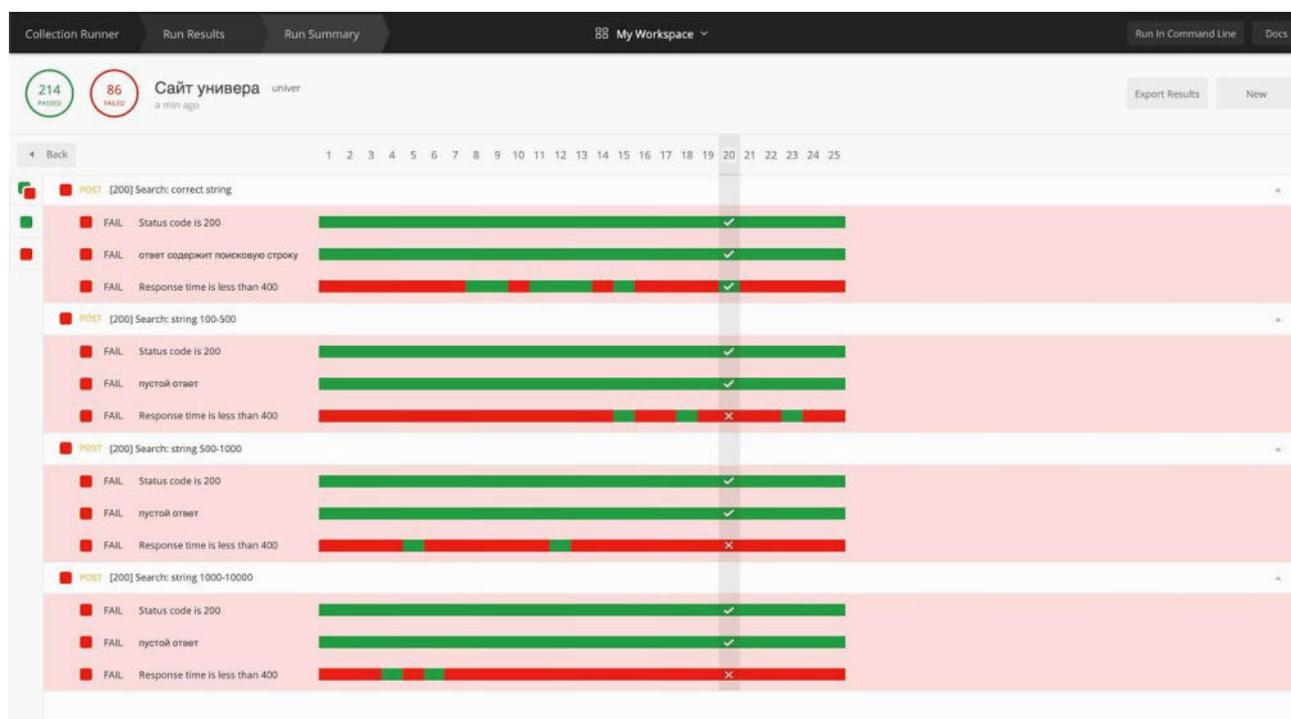


Рис. 4. Отчеты по запросам

Отчет показал, что практически во всех запросах провален тест 3: время запроса больше 400 мс. Время ответа сервера не должно быть больше 400 мс, идеально его сделать

до 100 мс, поскольку, чем скорее генерируется запрашиваемая страница, тем выше она ранжируется в поиске [2].

Итак, при тестировании *API* официального сайта БФ ПНИПУ выявлены следующие проблемы: некорректно работает поиск с пустой строкой, время ответа большинства запросов редко укладывается в 400 мс. Эти дефекты не являются критичными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротко о *API* и его тестировании. URL: <http://33testers.blogspot.com/2015/07/api.html>.
2. Как проверить время ответа сервера и уменьшить его. URL: <https://loading-express.turbopages.org/loading-express/s/blog/about-speed/kak-uznat-i-sokratit-vremja-otveta-servera/>.

Поступила 12.03.2021

УДК 519.714.3: 331.101.6

П.А. Баженов

УПРАВЛЕНИЕ КОЛЛЕКТИВНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

В данной статье рассматривается процесс по управлению производительностью труда в структурном подразделении предприятия с позиции теории активных систем. Проведенный анализ предметной области показал, что тема производительности труда достаточно актуальна и нуждается в проработке и автоматизации. Результатом данной работы являются параметры системы, посредством анализа и регулирования которых производительность труда в структурном подразделении может быть повышена.

Производительность труда – результирующий показатель деятельности персонала, однако он не отражает того, как использовался труд работников. Нередко рост результатов обеспечивается только за счет улучшения нормирования труда и планирования, а не повышения отдачи от сотрудников, одни и те же уровни производительности достигаются работниками с высокой и низкой квалификацией из-за неправильного распределения работ, а трудозатраты сокращаются вследствие внедрения новой технологии. Вместе с тем, остаются незадействованными скрытые резервы роста производительности труда, сосредоточенные в самой системе управления производством и персоналом, – отсутствие или недостаточный контроль затрат труда, результатом чего становится нерациональное использование фонда оплаты труда, плохая организация труда обуславливает появление и нарастание потерь рабочего времени, невнимание к профессиональным проблемам работников, связанным с недостаточной подготовкой, неблагоприятными отношениями в коллективе, некомфортными условиями работы, высокой или, наоборот, низкой загрузкой в течение рабочего дня и т.д. Другими словами, можно сказать, что сегодня на первый план выступают проблемы эффективности труда как основного параметра роста производительности труда.

Управление производительностью труда – это сфера практической деятельности организации, направленной на осуществление изменений в системе управления с целью повышения эффективности труда. Этот вид управленческой деятельности основывается на принципах и подходах к регулированию результатов и затрат труда, а также включает процессы и методы обнаружения и устранения факторов, препятствующих достижению требуемой производительности [1].

С точки зрения системного подхода процесс по управлению производительностью труда в структурном подразделении предприятия, а точнее его характеристику, можно определить следующим образом:

$$K(u) \rightarrow \max_{u \in U}, \quad (1)$$

где $K(u)$ – величина эффективности управления структурным подразделением. Другими словами, это величина производительности труда, а u – это управляющие воздействия на данную систему. Данная величина эффективности управления определяется неким функционалом, позволяющим ее оценить [2]:

$$K(u) = \Phi(u, y), \quad (2)$$

где y – состояние системы на момент оценки. Состояние системы так же зависит от управляющих воздействий, влияющих на нее в тот или иной промежуток времени:

$$y = F(u). \quad (3)$$

Состояние системы и управляющие воздействия принадлежат множествам значений A и U соответственно. Таким образом, процесс по управлению производительностью труда будет характеризоваться следующим образом:

$$\Phi(u, F(u)) \rightarrow \max_u, u \in U, F(u) \in A. \quad (4)$$

Рассматривая структурное подразделение предприятия с позиции системного подхода, можно сказать, что оно является активной системой, поскольку как минимум один элемент данной системы, а именно сотрудник данного подразделения, имеет свободу выбора своего состояния. Также стоит отметить, что такие элементы системы имеют собственные интересы и предпочтения при выполнении своих функций в системе, а также имеют свойство предсказывать поведение управляющего органа исходя из имеющейся у элемента информации о состоянии системы. Следовательно, модель данной системы и процесс по ее управлению должны учитывать как интересы, так и предпочтения управляемых субъектов данной системы. Соответственно, можно считать, что управление данной системой напрямую зависит от выбранного активными элементами их состояния, а они, в свою очередь, выбирают свое состояние исходя из заданного системой управления.

Таким образом, в данной системе процесс управления производительностью труда сводится к поиску такого управляющего на нее воздействия, которое бы максимизировало величину эффективности управления этой системой $K(u)$:

$$u^* = u^{\sim}(y) \in U, K(u^*) \rightarrow \max. \quad (5)$$

Структурное подразделение предприятия, как система, имеет ряд следующих параметров, определяющих ее механизм функционирования по ее управлению:

- состав системы – совокупность субъектов и объектов системы, которые являются ее элементами. Субъектами и объектами такой системы можно считать сотрудников структурного подразделения, оборудование за которым они работают;
- структура системы – совокупность связей, отношений подчиненности и разделения прав принятия решений между объектами и субъектами системы;
- наличие или отсутствие динамики функционирования системы отражает количество выборов состояний субъектами системы за временной промежуток;
- целевые функции элементов системы – интересы и предпочтения субъектов системы;

- допустимые множества состояний объектов и субъектов системы – индивидуальные, коллективные ограничения на выбор состояния субъектом и объектом системы, обусловленные как внешне, так и технологически;

- порядок функционирования – последовательность получения информации и выбора состояния субъектами системы;

- информированность субъектов системы – информация, которой обладает субъект системы на момент принятия решения о выборе своего состояния.

Обобщенно, данный механизм функционирования циклический и включает в себя следующие этапы:

- измерение уровня и динамики производительности труда;
- анализ и оценка уровня и динамики производительности труда;
- анализ и оценка влияния факторов на изменение производительности труда;
- анализ и оценка резервов роста производительности труда;
- планирование производительности труда в части повышения производительности труда;

- планирование производительности труда в части расчета планового уровня и динамики производительности труда;

- организация работы по повышению производительности труда;

- контроль и регулирование процесса повышения производительности труда.

Данный механизм управления в структурном подразделении подразумевает системный подход к исследованию проблем производительности труда и разработке программ повышения эффективности труда, выработку новых подходов с учетом изменения ситуаций во внутренней среде подразделения, периодический пересмотр мер регулирования производительности труда, ее измерение, контроль и оценку по всем бизнес-процессам подразделения, включая управление персоналом, вовлеченность персонала как ключевой фактор эффективности труда и повышения его производительности.

Другими словами, это совокупность правил принятия решений субъектами самого подразделения, которая, в конечном итоге, устанавливает то или иное управляющее воздействие u^* посредством регулировки параметров этого механизма.

На данный момент в организациях и в их структурных подразделениях вопросам повышения эффективности труда организации уделяют гораздо меньше внимания, чем планированию, оценке и стимулированию результатов труда. С таким подходом сложно сосредоточиться на главном – источниках, факторах и резервах повышения производительности труда как на каждом рабочем месте, так и в целом по структурному подразделению.

Исследуя проблемы и возможности роста производительности труда, многие исследователи (Гунина И.А., Папаян Г.Р., Масыч М.А., Ершова М.В., и др. [3–7]) выделяют следующие группы факторов:

- материально-технические;
- организационные;
- социально-экономические;
- факторы экономии прошлого труда.

Среди проблем роста производительности труда на предприятиях РФ по частоте упоминания [8–12, выделяются следующие:

- неэффективная организация труда;
- устаревшее оборудование и методы работы;
- недостаточное стимулирование работников;
- низкая квалификация работников.

Проблема неэффективной организации труда отражает неправильное распределение рабочих обязанностей сотрудника в течение заданного промежутка времени, количества работы, распределяемое между сотрудниками внутри одного структурного подразделения.

Перераспределение рабочих обязанностей и количества выполняемой работы между сотрудниками, как правило, повышает количество выполняемой работы как одним сотрудником, так и группой сотрудников.

Проблема устаревшего оборудования и методов работы отражает низкую производительность рабочих мест с технической точки зрения, а именно использование техники, которая замедляет выполнение рабочих обязанностей сотрудником. Применительно к офисным подразделениям такой техникой могут служить стационарные рабочие компьютеры, копировальная и печатная техника.

Проблема недостаточного мотивирования сотрудников для выполнения их рабочих обязанностей может отражать как недостаточный уровень оплаты труда сотрудников, так и некорректную методику оценки их работы, слишком завышенные плановые показатели, а также слишком заниженные плановые показатели. На данный момент почти повсеместно при оценке эффективности труда работника применяется система ключевых показателей эффективности (КПЭ), которая материально стимулирует работника на выполнение рабочих обязанностей. В основном, неправильно подобранные КПЭ могут как не оказать никакого влияния на стимулирование работников отдела, так и отрицательно на нем сказаться.

Проблема низкой квалификации работников отражает низкое качество выполняемой сотрудниками работы за более долгий срок, нежели эту работу выполняли бы сотрудники более высокой квалификации.

Перечисленные выше проблемы приводят к большим временным затратам на выполнение определенного количества труда за заданный промежуток времени, что негативно влияет на производительность труда внутри структурного подразделения.

Решением данных проблем может послужить анализ и автоматизация посредством методов онтологического анализа следующих производственных процессов, связанных с персоналом:

- уточнение методики расчета производительности труда и высокопроизводительных рабочих мест;
- сопровождение создания высокопроизводительных рабочих мест с надлежащей организацией труда;
- повышение операционной эффективности.

Отдельное внимание стоит уделить повышению операционной эффективности. Данный пункт предполагает снижение временных затрат на выполнение рабочих обязанностей путем повторного использования прошлого труда. Другими словами, создание некоей системы анализа существующих наработок сотрудника, которая бы позволила ускорить выполнение текущей работы.

Данные пути решения предполагают изменение как самих параметров, так и порядка их регулирования в такой активной системе, как структурное подразделение предприятия. К таким параметрам, которые предлагается затрагивать относятся:

- состав системы;
- структура системы;
- целевые функции элементов системы;
- порядок функционирования элементов системы;

Регулируя и изменяя эти параметры, определяющие механизм функционирования системы, станет возможным подобрать такое оптимальное управляющее воздействие, которое бы привело к повышению производительности труда в текущих условиях. Это позволит устранить уже существующие и избежать появления в будущем таких проблем как: нерациональное использование фонда оплаты труда, плохая организация труда, появление и нарастание потерь рабочего времени, невнимание к профессиональным проблемам работников, связанным с их недостаточной подготовкой, некомфортными условиями работы, высокой или, наоборот, низкой загрузкой в течение рабочего дня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кибанов А.Я., Митрофанова Е.А., Эсаулова И.А. Экономика управления персоналом: учебное пособие / Под ред. А.Я. Кибанова. М.: ИНФРА-М, 2014. 427 с.
2. Новиков, Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы: монография / Д.А. Новиков, В.Н. Бурков. М.: Синтег-Гео, 1999. 125 с.
3. Гунина И.А. К вопросу о методах оценки и факторах роста производительности труда // Организатор производства. 2015. № 1. С. 18–24.
4. Папян Г.Р. Оценка влияния основных факторов и резервов на рост производительности труда промышленного предприятия // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2015. № 4–1. С. 462–469.
5. Масыч М.А., Каплюк Е.В. Анализ влияния показателей обновления основных фондов и заработной платы на рост производительности труда // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2014. №11.
6. Ершова М.В., Жариков В.Д. Модель роста производительности труда на промышленном предприятии // Организатор производства. 2015. №2. С. 66–77.
7. Екимова Н.А. Факторы и резервы роста производительности труда в России: концепции и количественные оценки // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2019. Том 18. № 6. – С. 944–966.
8. Полина С.В. Проблемы повышения производительности труда в экономике региона // Вопросы территориального развития. 2017, №1. С. 1–10.
9. Косякова Л.Н., Попова А.Л. Проблемы роста производительности труда // Экономика нового мира. 2017. №1–5. С. 68–82.
10. Бельчик Т.А. Повышение производительности труда как основной фактор экономического роста // Вестник КемГУ Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2017. №2. С. 29–33.
11. Гунина И.А. Проблемы роста производительности труда: Теория, Методология, практика // Организатор производства. 2018. Т. 26. №4.
12. Лосева А.А., Голубева А.Н. Анализ современного состояния производительности труда в России // Научные исследования. 2019. №1. С. 26–28.

Поступила 13.03.2021

УДК 004.424

Н.Д. Лацвиев **СОЗДАНИЕ САЙТА АРЕНДЫ КВАРТИР**

В данной статье рассматриваются цель и задачи создания сайта аренды квартир. Выбраны средства реализации, хостинг, разработан дизайн. Рассмотрены реализованные функции сайта.

Наверное, каждый человек при аренде квартиры сталкивался с мошенниками, которые не являются собственниками. Также пользователи не всегда могут найти на сайте такую информацию: свободна ли квартира в данный момент, содержание договора аренды, итоговую стоимость.

Цель создания сайта аренды квартир состоит в организации помощи пользователям в поиске квартир по определенным критериям. Задачей является создание сайта для решения описанных выше проблем.

Метод создания сайта – создание сайта с нуля. Это позволяет полностью настроить внешний вид и избавиться от лишних функций присущих CMS.

Для создания сайта потребуется фреймворк *Bootstrap* и языки программирования *PHP* и *Javascript*. [1]

На рисунке 1 изображена главная страница сайта, которая акцентирует внимание пользователей на форме поиска. [2]

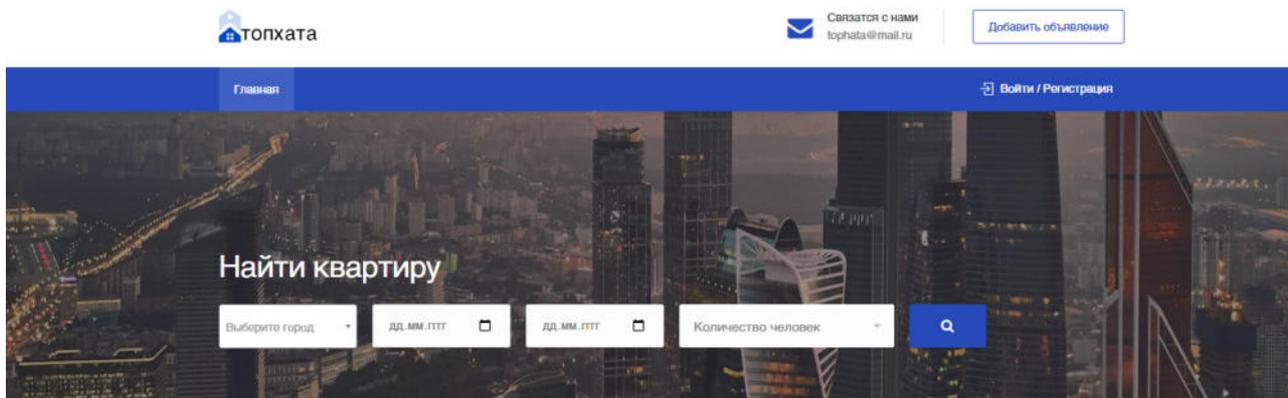


Рис. 1. Главная страница сайта

На странице о квартире отображается следующая информация:

- площадь, количество комнат, количество спальных мест;
- описание;
- наличие (*Wi-fi*, микроволновки и т.д.);
- расположение на карте;
- форма отзывов, форма бронирования, форма для отправки сообщения арендодателю.

На текущий момент на сайте реализован поиск квартир, расположение на карте, отправка отзывов, личные сообщения, расчет стоимости проживания. Также реализован личный кабинет, который содержит следующие разделы:

- Профиль пользователя;
- Объявления пользователя;
- Добавление нового объявления;
- Сообщения.

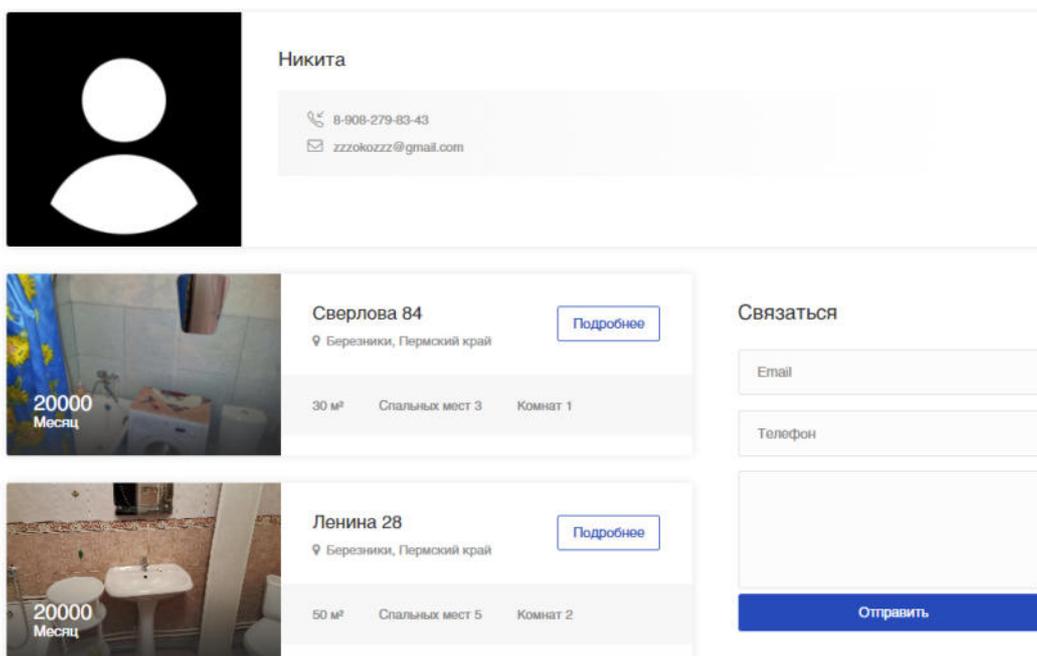


Рис. 2. Страница арендодателя

Так как место на хостинге ограничено, а размер изображений может иметь несколько мегабайт, то для ускорения скорости загрузки сайта, изображения необходимо сжимать. Для этого был написан скрипт, который отправляет картинки на сжатие на сервис *resmush* [3]. Главный плюс этого сервиса в том, что у него нет ограничений на количество запросов.

Нажав на профиль арендодателя, пользователь увидит его объявления. В свою очередь арендодатель может поделиться ссылкой на свой профиль, например, в социальных сетях (рис. 2). Также пользователь может общаться с арендодателем через личные сообщения.

Для размещения сайта в сети необходимо арендовать хостинг. В качестве хостинга был выбран *Beget* [4]. *Beget* один из самых любимых разработчиками хостингов, а также самый рекомендуемый в сети, т. к. обладает высокой скоростью работы и дарит бесплатный SSL-сертификат.

Таким образом, разрабатываемый сайт позволит пользователю узнать подробности о квартире, не связываясь с арендодателем и изучить договор аренды прямо на сайте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bootstrap. – URL: <https://getbootstrap.com/>.
2. Сайт аренды квартир. – URL: <https://tophata.ru/>.
3. Resmush. – URL: <https://resmush.it/>.
4. Beget. – URL: <https://beget.com/ru>.

Поступила 14.03.2021

УДК 004.42

Н.А. Шеин

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОМОЩИ В ВЫГУЛЕ СОБАК

Статья посвящена созданию приложения, которое поможет владельцам при выгуле собак. Рассмотрены требования к выгулу. Представлена работа приложения.

В современном мире почти в каждом доме есть собака, но не все хозяева знают, как правильно ухаживать или выгуливать своего питомца.

Выгул собак – это временное нахождение животных в присутствии их владельцев, либо лиц, их заменяющих, на открытом воздухе вне мест постоянного содержания в целях удовлетворения их физиологических потребностей и гармоничного развития.

Есть требования, которые необходимо соблюдать при выгуле:

1. Необходимо вести животное в наморднике и поводке на улице и в помещениях.
2. Убирать продукты жизнедеятельности животного. [1]

Территория, разрешенная для выгула собак, должна соответствовать следующим условиям:

- место для выгула должно находиться на расстоянии минимум 25 метров от жилых домов и офисных зданий;
- запрещен выгул на территории, которая находится ближе, чем в 40 метрах от детских учреждений (детские сады, игровые площадки, школы, больницы).

Многие владельцы забывают, что нельзя гулять с собакой без намордника и поводка. Отпускать животное можно лишь в специальных зонах. Во многих городах есть площадки, которые предназначены для выгула и дрессировки животного.

Целью работы является помощь владельцам собак в выборе места для прогулок.

Задачи, которые решает система:

1. Приложение имеет профиль пользователя (в котором хранится информация о пользователе и о его собаке).
2. Реализация интерактивной карты.
3. Трекинг прогулок пользователя с собакой (путь пользователя отмечается на карте, присутствует информация о длительности прогулки и какое расстояние прошел пользователь).
4. Возможность поделиться маршрутом движения.
5. Уведомление пользователей о правилах выгула питомца (подсказки пользователю о необходимости использования поводка и намордника).
6. Уведомление пользователя о местах, где запрещен выгул.

Приложение разработано для операционной системы Android с помощью программного обеспечения Android Studio. Дополнительные модули: в качестве системы управления баз данных используется Firebase, которая поддерживается компанией Google, что дает свои большие плюсы, например, наличие удобных средств разработки под операционную систему Android. [2, 3, 4]

Google Map API. Используется именно данный картографический сервис, потому что он интегрирован в среду разработки Android Studio и удобен в использовании.

На рисунке представлен маршрут и предупреждение о том, что около этого здания запрещен выгул.

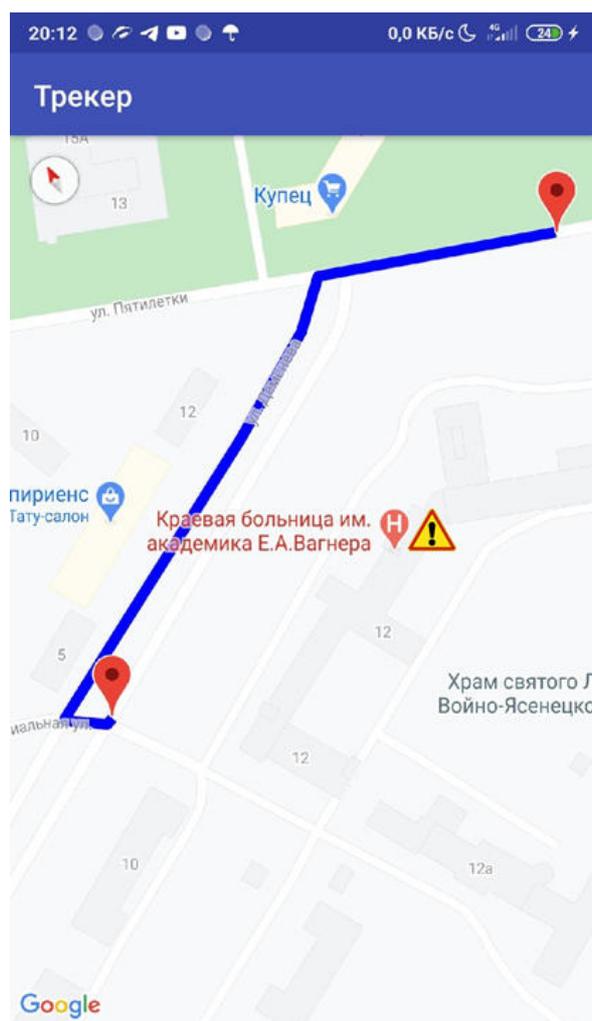


Рис. Пример пройденного маршрута

Таким образом, данное приложение должно помочь пользователю в выборе места для выгула своего питомца, не создавая помех окружающим, также оно поможет завести новые знакомства: другие пользователи, готовые к совместной прогулке, отмечаются на карте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статья 13. Требования к содержанию домашних животных. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314646/8542fa4c9d641b61bf/.
2. Android Studio features. URL: <https://developer.android.com/studio/features?hl=ru>.
3. Firebase. URL: <https://firebase.google.com/>.
4. Google Maps Platform. URL: <https://developers.google.com/maps/>.

Поступила 14.03.2021

УДК 004.65

В.П. Левченко, Е.В. Сумкина, С.Ю. Кириллова
**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВУЗА. ПОДСИСТЕМА
ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИК СТУДЕНТОВ**

Рассматривается разработка подсистемы распределения студентов кафедры информационных систем и программной инженерии (ИСПИ) Владимирского государственного университета (ВлГУ) на практики и представления отчетности по их результатам.

Повышение эффективности процесса организации практик путем сокращения временных затрат на подготовку и отчетность за счет автоматизации обуславливает актуальность работы. В ходе анализа предметной области были определены пользователи подсистемы, выделены сущности и их атрибуты, предложена логическая модель базы данных [1].

Были определены следующие функциональные возможности подсистемы:

- хранение данных о группах и студентах;
- хранение данных о преподавателях;
- хранение данных о студентах, проходящих практику;
- хранение сведений по договорам о практиках студентов, заключенным между предприятиями и университетом;
- хранение информации об организациях, с которыми вузом были заключены договоры;
- быстрый и удобный доступ к информации о студентах, предприятиях, результатах прохождения практики.

Были выделены три основные группы пользователей подсистемы:

- методист кафедры;
- руководитель практики;
- студент.

В ходе анализа предметной области были выделены сущности и их атрибуты:

- Преподаватель (teacher);
- Студент (student);
- Группа (group);
- Практикант (student_to_practice);
- Практика (practice);
- Проводимая практика (conducting_practice);
- Направление (direction);

- Договор (contract);
- Организация (organization);
- Форма обучения (form_of_training);
- Уровень (level);
- Ведомость (statement);
- Договор (contract);
- Форма обучения (form_of_training);
- Заключение договора (agreement_conclusion);
- Направление на практику (direction_to_practice).

Структура БД приведена к третьей нормальной форме (ЗНФ). Логическая схема базы данных показана на рисунке.

В рамках проектного-ориентированного подхода подсистема интегрирована их двух модулей: «Студенты» и «Практики».

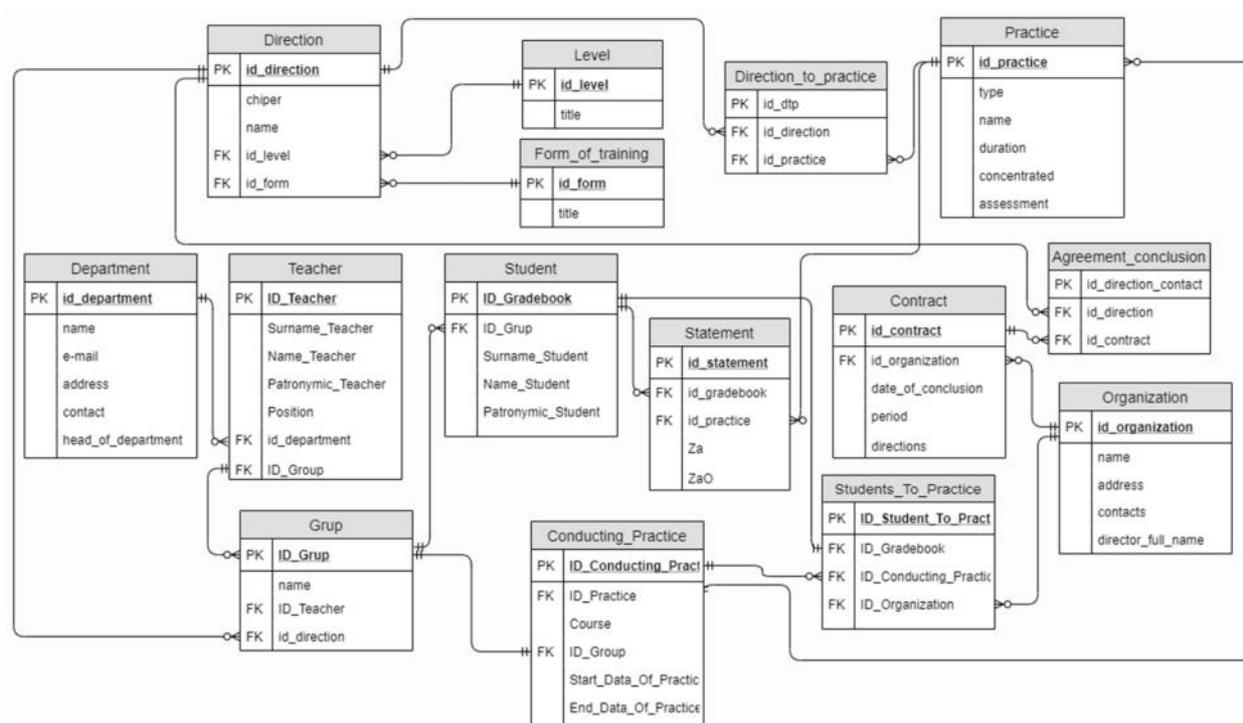


Рис. Логическая схема базы данных

База данных была реализована средствами СУБД MySQL [2]. Взаимодействие пользователя с подсистемой на уровне прототипа реализовано с помощью командной строки MySQL 8.0.19. Для прикладного уровня был разработан функционал, представленный процедурами, функциями, триггерами и представлениями [3].

Кратко опишем разработанный функционал базы данных.

Список функций:

1. Numbers_of_student – функция для вывода количества студентов, которым необходимо пройти практику.
2. Practise – функция для просмотра количества практик у студента по его номеру зачетной книжки.

Список процедур:

1. Gradebook_student – процедура для просмотра списка студентов, которым предстоит проходить практику. При вызове этой процедуры будет показан номер зачетной книжки и фамилия студента.

2. `Direction_student` – процедура для получения информации о студенте, а именно на каком направлении он обучается.
3. `sp_distrib()` – выводит распределение направлений по организациям, опираясь на таблицу `agreement_conclusion`.
4. `sp_retiolds()` – высчитывает и выводит во временную таблицу даты прекращения действия договоров и количество месяцев и дней до истечения срока действия.

Список триггеров:

1. `Insert_in_table` – триггер для добавления записи одной таблицы, когда идет добавление в другую. При добавлении студента номер его зачетной книжки добавляется в другую таблицу.
2. `Cascade_del` – триггер для каскадного удаления записей таблиц. Когда удаляется определенная практика, в таблице практикантов удаляется возможность прохождения этой практики.
3. `Del_agreem` – срабатывает после удаления договора из таблицы `Contract` и удаляет все строки из таблицы `agreement_conclusion`, связанные с номером этого договора.
4. `New_date` и `up_date` – два простых триггера, автоматически фиксирующих системную дату и время в момент внесения изменений по договорам. Триггеры записывают значения в столбец `updated`.

Список представлений:

1. `Commision` – представление удобно использовать в случае необходимости дать права на отдельные строки таблицы. Например, при распределении студентов на практику трех человек нужно направить в приемную комиссию – для этого мы можем отдельно выделить в новую таблицу, например, первых трех студентов.
2. `PI` – для получения информации о направлении.
3. `Stud` – для получения информации об определенном студенте.
4. `Type_concentr` – представление выводит все практики, которые имеют истинное значение в столбце `concentrated`, т.е. концентрированные практики.
5. `Type_rassr` – представление полностью обратное `type_concentr`. Выводит рассредоточенные практики.
6. `Info_contract` – представление, выводящее все договоры и соответствующие им организации. Содержит также всю информацию по каждому договору.

В результате работы получен прототип приложения базы данных, позволяющий автоматизировать учет студентов, направляемых на практики. Разработанное приложение отвечает всем требованиям предметной области, таблицы созданной базы данных отвечают требованиям нормализации, что позволяет обеспечить целостность и непротиворечивость информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сумкина Е.В., Левченко В.П. Разработка базы данных подсистемы организации практик студентов // Научный потенциал молодежи – будущее России. XII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 29 мая 2020 г. Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2020. – 517 с.:ил. С. 495–496. URL: <http://www.mivlgu.ru/conf/molodezh2020/index.html>.
2. Кузнецов Максим, Симдянов Игорь. Самоучитель MySQL 5: СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 546 с.

Поступила 14.03.2021

Н.В. Канаева, П.Н. Сахарова, С.Ю. Кириллова
**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВУЗА. ПОДСИСТЕМА УЧЕТА
РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН**

В работе представлены результаты разработки и тестирования базы данных для подсистемы учета рабочих программ дисциплин информационной системы вуза. Разработаны структура и необходимый функционал базы данных.

Актуальность работы определяется тем, что внедрение данной подсистемы в информационную систему вуза (на примере кафедры информационных систем и программной инженерии (ИСПИ) Владимирского государственного университета (ВлГУ)) будет способствовать повышению эффективности учебного процесса за счет автоматизации необходимых учебно-методических задач. Первый этап работы – изучение данных процесса и на их основе выделение сущностей предметной области и их атрибутов – представлен в [1].

Цель работы: разработать подсистему хранения данных, которая будет позволять сохранять фактические данные о наличии рабочих программ (РП) по дисциплинам, читаемым кафедрой для высшего образования ВлГУ и среднего профессионального образования (СПО) студентов колледжа инновационных технологий и предпринимательства при ВлГУ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) хранение данных об уровнях и направлениях подготовки, дисциплинах и преподавателях;
- 2) отметка о наличии рабочей программы для каждой дисциплины в соответствии с учебным планом;
- 3) возможность ежегодного автоматического обновления и дополнения информации.

Основной функцией подсистемы является предоставление пользователям актуального списка утвержденных (действующих) рабочих программ, списка требующих переутверждения и необходимых для разработки РП.

Пользователи разрабатываемой подсистемы:

преподаватель – сотрудник вуза, имеет возможность просматривать учетную базу данных. Также может делать отметки об утверждении или переутверждении рабочих программ, дополнять список дисциплин;

методист – сотрудник вуза. Может быть совмещен с преподавателем, ведущим занятие. Может принимать решение об утверждении рабочих программ. Может делать отметки об утверждении или переутверждении рабочих программ, дополнять список дисциплин, учебных планов, групп студентов.

Используемые средства разработки:

- СУБД: MySQL 8.0;
- система создания ER-диаграмм: Draw IO;
- язык: SQL;
- среда разработки: клиент командной строки MySQL [2].

В ходе разработки подсистемы была уточнена логическая схема базы данных, представленная на рисунке 1.

Физическая схема базы данных представлена на рисунке 2.

Все разработанные таблицы соответствуют 3НФ. Все связи между сущностями обязательные и не идентифицирующие, так как не преобразуют дочерние сущности в зависимые. Сущности соединены связями «один-ко-многим» и «многие-ко-многим».

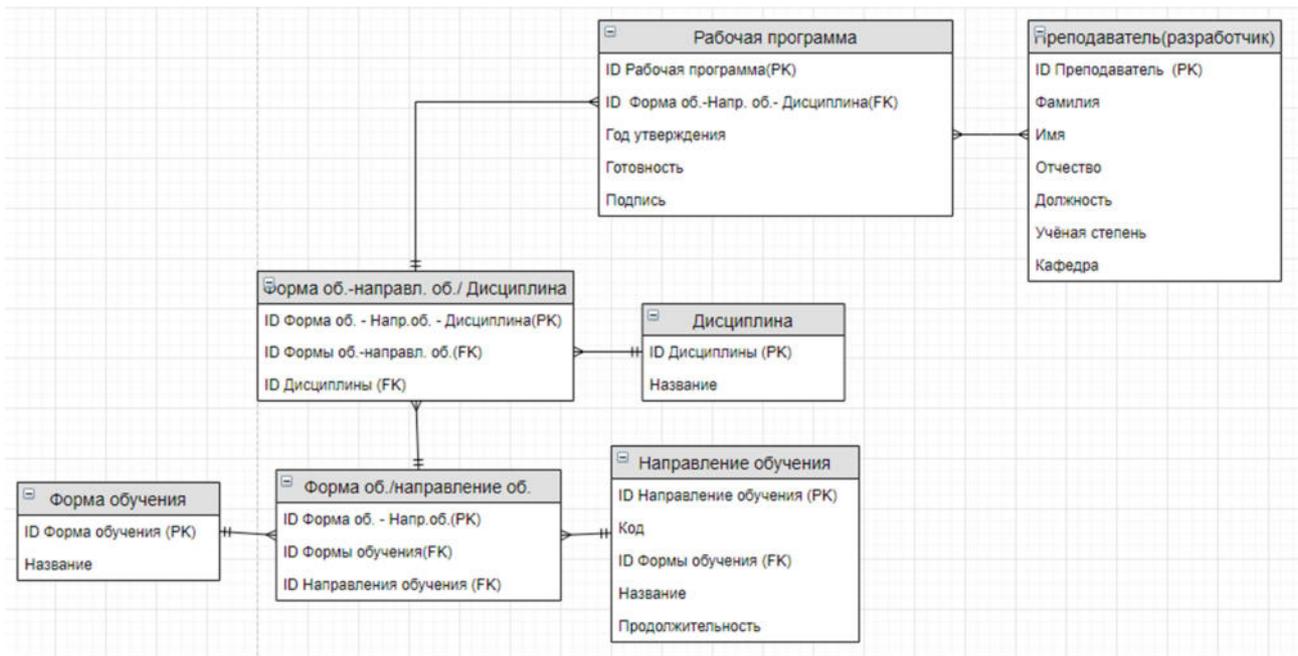


Рис. 1. Логический уровень ER-диаграммы

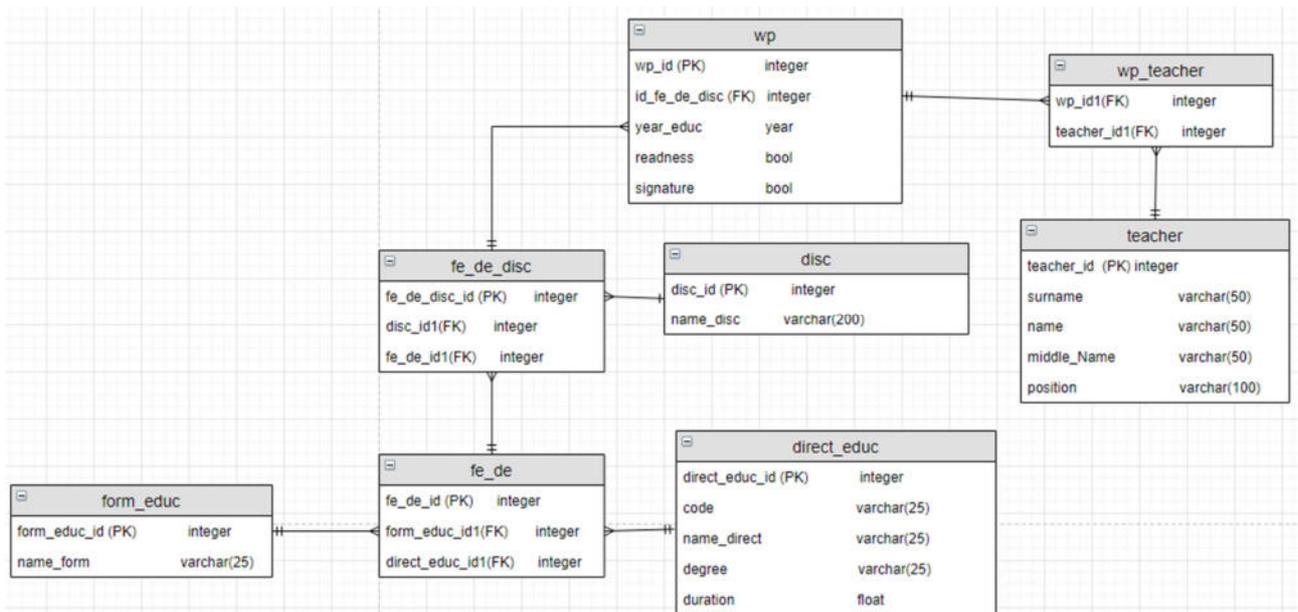


Рис. 2. Физический уровень ER-диаграммы

Рассмотрим функциональную декомпозицию подсистемы.

Представления

1. Vdirect_form – данное представление выводит информацию из таблиц «Форма обучения» и «Направление обучения» в виде одной таблицы связанных данных без индексов строк.
2. Vdisc_direct – представление выводит информацию из таблиц «Форма обучения», «Направление обучения» и «Дисциплина» в виде одной таблицы связанных данных без индексов строк.
3. Vall_wp – данное представление выводит информацию из всех таблиц в виде одной таблицы связанных данных без индексов строк.

Функции

4. `bool_all_wp_sign` – функция осуществляет вывод значения «0» или «1» в зависимости от того, все ли рабочие программы подписаны по определенному направлению и году набора.

5. `add_form_disc` – функция осуществляет добавление формы обучения и направления. Если направление и форма уже существуют, то она просто возвращает идентификатор их связи; если таких формы и направления нет, то функция создает их и возвращает созданный идентификатор связи.

6. `add_disc` – так как функция вызывает внутри себя функцию из пункта 5, то она имеет весь ее функционал. Также осуществляется добавление дисциплины и связи дисциплины с направлением и формой.

Процедуры

7. `add_wp` – процедура реализует внутри себя функцию из пункта 6. К тому же процедура проверяет на существование записи в таблицах «Рабочая программа», «Преподаватель» и «Рабочая программа/преподаватель» и при их отсутствии создает новые.

8. `show_wp_direct_year` – процедура с помощью представления из пункта 3 осуществляет вывод информации о дисциплине, преподавателях, готовности и наличии подписи каждой рабочей программы.

9. `del_wp` – процедура осуществляет удаление рабочей программы из таблиц «Рабочая программа» и «Рабочая программа/преподаватель».

10. `upd_wp` – по введенным пользователем данным находится идентификатор рабочей программы, а затем изменяются значения в колонках «Готовность» и «Подпись» в таблице «Рабочая программа» на введенные.

Триггеры

11. `Tdel_wp` – данный триггер вызывается после создания связи рабочей программы с преподавателем. Цель триггера – удалять записи о рабочих программах за те годы набора студентов, которые уже выпустились.

12. `Tdel_disc` – триггер срабатывает после удаления рабочей программы и удаляет дисциплину, которая уже не используется.

База данных была заполнена актуальными данными, протестирована с помощью вспомогательных SELECT-запросов. Выполнено тестирование программных модулей.

В результате была разработана база данных, которая позволяет производить учет рабочих программ, оперативно узнавать информацию об актуальности рабочих программ. Разработанная подсистема в удобном для пользователя виде предоставляет необходимый функционал для администрирования базы данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канаева Н.В., Сахарова П.Н., Кириллова С.Ю. Разработка базы данных подсистемы учета рабочих программ дисциплин // Молодежная наука в развитии регионов: материалы всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 29 апреля 2020 г.). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. 410 с. С. 71–73.

2. Справочник по языку MySQL. – URL: <http://www.mysql.ru/docs/man/Reference.html>.

Поступила 14.03.2021

С.М. Корнилов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

В статье рассмотрены перспективы применения информационных систем для анализа дорожно-транспортных происшествий, а также российская и международная практика их применения.

В современном мире сложно представить сферы деятельности, в которых бы не нашлось места информационным системам. С каждым годом все большее увеличивается количество сфер, нуждающихся в автоматизации различных процессов. Информационные системы крепко влились в нашу жизнь и широко используются для различных задач, будь то снижение издержек или повышение качества работ крупной компании. Одним из перспективных направлений в последние годы стало использование таких систем в сфере транспорта.

Возросшее число транспортных средств в последние десять лет негативно сказалось на многих отраслях. Это ухудшение экологической обстановки вследствие выбросов от автомобилей, а также увеличение нагрузки на существующую инфраструктуру городов, проектирование улиц которых изначально не предполагало такое количество машин. Все это приводит к целому ряду проблем. Эта проблема актуальна для любого города. Растущий трафик приводит к увеличению числа пробок, что увеличивает время простоя и пути, расход топлива. Все это приносит большие убытки. Также следует отметить, возросший трафик негативно сказывается на безопасности дорожного движения, что подтверждается статистикой.

За 2020 год в России всего произошло 131776 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибло 14587 человек и ранено 133285 человек [1]. Такое количество не идет ни в какое сравнение с ситуацией в Европе, где действует своя программа по снижению количества ДТП *vision zero*. Однако в сравнении с предыдущими годами в России есть тенденция к снижению данного числа. Так в 2019 году число ДТП было равно 148918, в которых погибли 15267 человек [1]. Данный тренд обусловлен ужесточением правил дорожного движения, внедрением новых подходов к управлению транспортных потоков.

Организация трафика и обеспечение достаточного уровня безопасности движения является трудоемкой задачей. Дорожно-транспортные происшествия не происходят случайно, все это влияние внешних факторов, например, неправильно организованного режима работы светофора, плохое проектирование улиц, провоцирующее к набору скорости, плохо организованный пешеходный переход или ужасное качество дорожного полотна. Для дальнейшего предотвращения ДТП необходимо идентифицировать такие проблемные места, собирать и анализировать данные, коих может быть огромное множество. С таким большим потоком данных человек попросту не способен справиться. Поэтому для решения таких задач необходимо использовать информационные системы анализа ДТП.

На данный момент такие системы применяются в разных городах мира. Так, в США, в Калифорнии используется система для работы с анализом ДТП, разработанная университетом Беркли. В данной системе есть разные инструменты, это запрос данных и картографирование, интерактивные ГИС-инструмент, ДТП вокруг образовательных учреждений [2]. В Нью-Йорке и Бостоне используется карта *vision zero*, которая поддерживает множество городов [3]. В Бельгии используется своя система, которая поддерживает визуализацию данных, факторный анализ ДТП для участков, дни недели, тяжесть происшествия [4]. В Лондоне используется *London Collision Map*. Присутствует визуализация данных и возможность работы с разными районами и типами транспортных

средств [5]. Так же в Англии существует проект *National Accident Site* со стандартной статистикой и навигацией по карте и информации о каждом ДТП [6]. В Нидерландах функционирует STAR, а также разработано приложение регистрации ДТП и связи со страховыми компаниями, что заменяет заполнение протоколов [7]. В Канаде Монреальское СМИ разработало собственную методологию *Danger Index* и визуализацию статистики [8]. В России на данный момент существует официальный сайт ГИБДД, где открыто публикуют статистику по каждому ДТП, однако функционал для анализа пока ограничен [1].

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что практика использования специальных программ для задач анализа ДТП широко применяется во многих странах мира, поэтому перспектива их использования только растет. А с непрерывно растущим техническим прогрессом такие системы будут только совершенствоваться. В дальнейшем такие системы могут использовать нейронные сети для задач кластеризации, выявления проблемных мест и их причин, а также предотвращения дорожно-транспортных происшествий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальная страница ГИБДД России. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 24.02.2021).
2. Transportation Injury Mapping System. URL: <https://tims.berkeley.edu/> (дата обращения: 24.02.2021).
3. Vision Zero New-York. URL: <https://vzv.nyc> (дата обращения: 25.02.2021).
4. URL: <http://www.verkeersstatistieken.federalepolitie.be/assets/stats/wetenschapstudie/index.html> (дата обращения: 25.02.2021).
5. London Collision Map. URL: tfl.gov.uk (дата обращения: 20.02.2021).
6. National Accident Site. URL: collisionmap.uk (дата обращения: 26.02.2021).
7. STAR. URL: <https://www.star-verkeersongevallen.nl/nl-NL/Map> (дата обращения: 26.02.2021).
8. Montreal: Danger Index. URL: <https://montrealgazette.com/> (дата обращения: 01.03.2021).

Поступила 15.03.2021

УДК 004.65

Ю.Н. Ипатова, А.Д. Котова, С.Ю. Кириллова **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВУЗА. ПОДСИСТЕМА** **ОРГАНИЗАЦИИ ГЭК И СОТРУДНИЧЕСТВА С ВЫПУСКНИКАМИ**

Представлены результаты разработки прототипа подсистемы организации работы государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) по защите выпускных квалификационных работ на кафедре информационных систем и программной инженерии (ИСПИ) Владимирского государственного университета (ВлГУ) и последующего сотрудничества с выпускниками для возможного вовлечения в деятельность кафедры.

Сокращение за счет автоматизации времени, затрачиваемого на подготовку работы ГЭК и отчетности по итогам работы, повышает эффективность одного из основных бизнес-процессов вуза и тем самым обуславливает актуальность работы. Кроме этого в подсистеме закладывается функционал для реализации интерактивного взаимодействия с выпускниками в целях привлечения их к дальнейшему сотрудничеству с кафедрой – в роли членов ГЭК, рецензентов ВКР, преподавателей, потенциальных работодателей, которые смогут принять

на предприятие студентов на производственную практику, трудоустроить их. Ранее в ходе анализа предметной области были определены пользователи подсистемы, определены основные сущности, предложена в первом приближении логическая модель базы данных [1].

После уточненного анализа предметной области были выделены следующие сущности:

- *Преподаватель* (Teacher). Атрибуты: фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, кафедра, ученое звание, телефон, e-mail;

- *Выпускник* (Graduate). Атрибуты: фамилия, имя, отчество, дата рождения, номер телефона, e-mail, город проживания, Компания, готов ли читать лекции, готов ли вести лабораторные работы, готов ли участвовать в ГЭК, готов ли содействовать трудоустройству будущих выпускников;

- *Партнер* (Partner) – работник не относящихся к университету организаций, проявляющий готовность быть членом или председателем ГЭК, или рецензентом ВКР. Атрибуты: имя, фамилия, отчество, место работы, должность, ученая степень, телефонный номер, e-mail;

- *Компания* (Company) – сторонняя по отношению к вузу организация (предприятие), основное место работы Партнера. Атрибуты: название, адрес, сайт, номер телефона, e-mail;

- *ВКР* (GQW). Атрибуты: выпускник, тема, оценка, дата защиты, оценка рецензента, номер протокола;

- *Группа* (Academic_group). Атрибуты: название, направление подготовки;

- *Направление подготовки* (Direction). Атрибуты: номер направления, наименование направления, форма обучения;

- *ГЭК* (SEC). Атрибуты: секретарь, председатель, направление, год;

- *Ученая степень* (Academic_degree);

- *Ученое звание* (Academic_title).

В результате нормализации структуры БД была достигнута третья нормальная форма. Логическая схема базы данных представлена на рисунке 1.

Пользователь будет взаимодействовать с прототипом подсистемы при помощи командной строки MySQL 5.7 [2]. Через эту программу будет осуществляться просмотр имеющихся в базе данных, внесение в нее изменений. Вход пользователя в систему будет осуществляться через корневого пользователя *root* и заданного для него пароля.

На рисунке 2 представлена физическая модель базы данных.

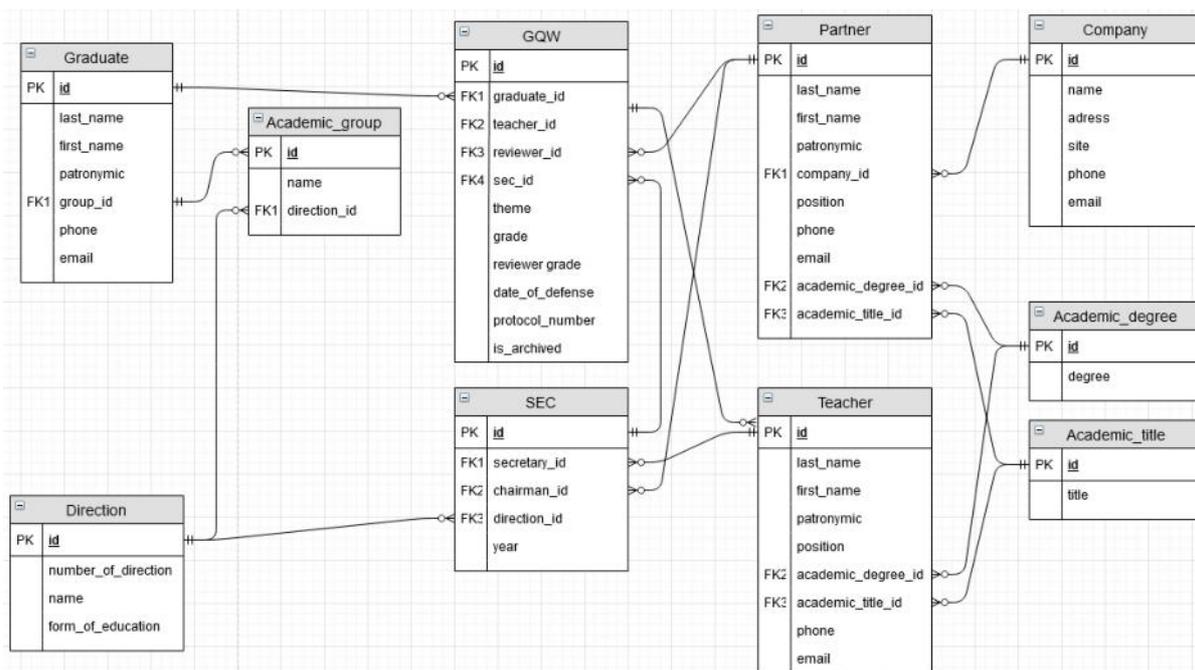


Рис. 1. Логический уровень ER-модели предметной области

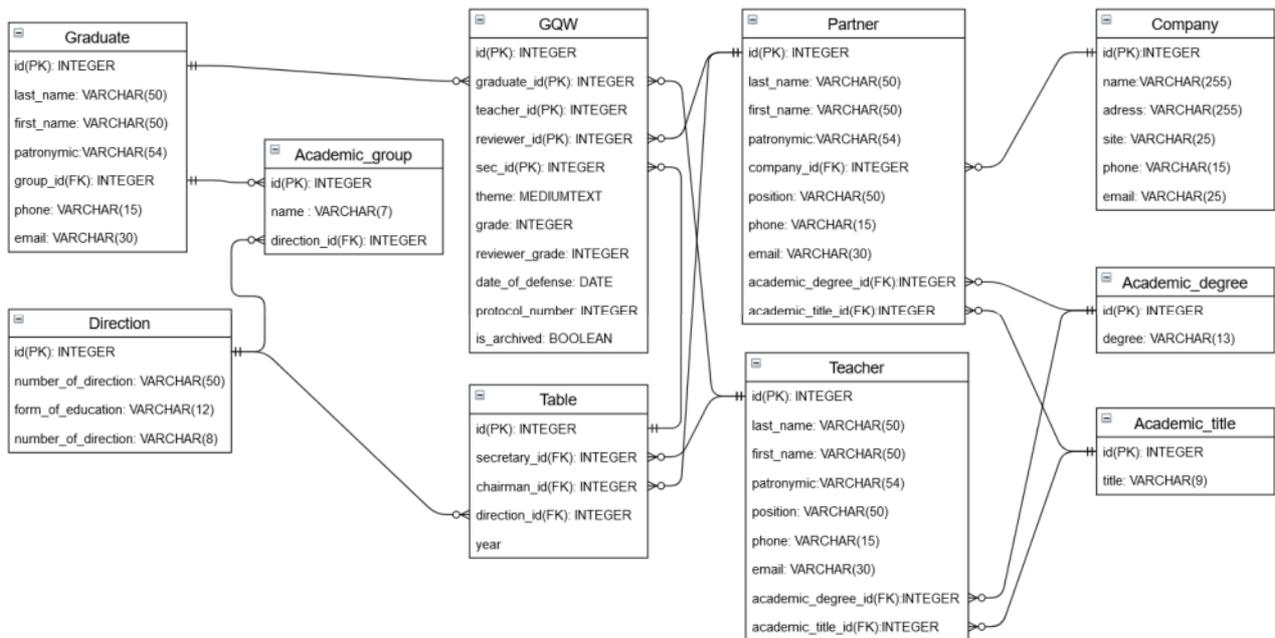


Рис. 2. Физическая модель базы данных

Был разработан функционал подсистемы, представленный процедурами, функциями, триггерами и представлениями.

Процедуры:

sec_info – вывод информации о государственной итоговой комиссии;

gqw_info – вывод информации о выпускной квалификационной работе;

gqw_grade – вывод выпускников, получивших определенную оценку за ВКР;

gqw_teacher_info – вывод научных руководителей и ВКР, которые они курировали;

add_graduate – добавить в таблицу нового выпускника;

show_graduate – выводит весь список выпускников на экран, который включает фамилию выпускника, его номер телефона и адрес электронной почты;

info_graduate – реализует поиск выпускника по фамилии и выводит на экран полную информацию о нем;

graduate_between(first date, second date) – вывод списка защищенных выпускных квалификационных работ в период с определенной даты (вводится пользователем) до определенной даты (вводится пользователем).

Функции:

AVGGrade – функция рассчитывает среднюю оценку в группе, которую в дальнейшем можно использовать для других вычислений или создания отчета;

count_grade – реализует подсчет выпускников, которые могут приступить к работе в университете.

Представления:

gqw_view – обновляемое представление, которое производит вывод темы ВКР, даты защиты и поля is_archived – отметку об архивации, которую впоследствии можно проставить нескольким ВКР;

dir – выводит на экран список выпускников готовых преподавать в университете.

Триггеры:

dateTrigger – триггер срабатывает при вставке записи в таблицу GQW и автоматически проставляет дату защиты выпускной квалификационной работы как

системную, облегчая задачу секретарю ГЭК или сотруднику кафедры, так как в один день защищают ВКР несколько выпускников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ипатова Ю.Н., Котова А.Д. К вопросу разработки подсистемы организации ГЭК и сотрудничества с выпускниками // Научный потенциал молодежи – будущее России. XII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 29 мая 2020 г. Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2020. 517 с.: ил. С. 470–471. URL: <http://www.mivlgu.ru/conf/molodezh2020/index.html>.
2. Кузнецов М., Симдянов И. Самоучитель MySQL 5: СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 546 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 517.977.5

В.В. Якушевский, С.Ю. Кириллова

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ МОДУЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе представлены результаты начального этапа исследования: формирование задачи и определение состояния решения проблемы по теме разработки модуля транспортной логистики для информационной системы предприятия. Представлены подзадачи для получения результата по данному вопросу, а также дана в целом примерная оценка задачи.

Постановка задачи: исследовать и разработать модуль транспортной логистики для информационной системы предприятия. В результате выполнения научного исследования должны быть изучены существующие модели и алгоритмы поиска кратчайшего пути, возможно, автоматизирован алгоритм, произведен обзор программных средств, которые могут быть использованы для поиска кратчайшего пути и используются в текущее время для обеспечения логистики компаний, создание собственного модуля для решения задач логистики в информационных системах.

Цель исследования: повышение эффективности работы предприятия в сфере планирования маршрутизации и сокращение затрат на логистику. Задача связана с поиском кратчайшего маршрута между точками, применением алгоритма Дейкстры, нахождения кратчайшего пути с учетом множества параметров, которые будут заложены в модуль с возможностью настройки, а также – с проблемой транспортной логистики по составлению сборно-развязочных маршрутов. Из-за неизвестных параметров задача также будет пересекаться с задачей планирования выполнения заказов, так как доставка заказа входит в процесс выполнения.

Для решения поставленной задачи исследования и получения результата необходимо разделить задачу на ряд подзадач с целью выявления ее структуры.

Были выделены следующие подзадачи:

- 1) обзор существующих информационных систем логистики;
- 2) обозначение актуальности вопроса;
- 3) исследование моделей и алгоритмов поиска кратчайшего пути;
- 4) поиск возможных методов автоматизации алгоритма;
- 5) разработка модуля транспортной логистики для ИС предприятия.

Локализация задачи: исследования проводятся для области информационных систем, в частности для подсистемы транспортной логистики. Задача относится к практическому виду, поскольку в процессе исследования разрабатывается собственный модуль для подсистемы транспортной логистики в ИС предприятия.

Для решения вопроса маршрутизации в разрабатываемом модуле потребуется использование сторонних сервисов для получения маршрутов между точками доставки, оценить корректность построенного маршрута понадобится самостоятельно при тестовых испытаниях, возможно введение дополнительных параметров, которые сторонние сервисы не смогут учитывать (например, таких как размещение товара на нескольких точках, возможные задержки при выдаче и т.п.).

Актуальность транспортных проблем подтверждается тем, что до 50 % всех затрат на логистику связано с транспортными издержками. Использование отдельной подсистемы (или модуля) обусловлено тем, что она, способствуя эффективному планированию транспортно-логистических цепочек доставки грузов, позволит снизить непроизводственные издержки предприятия-заказчика логистических услуг, и, как следствие, уменьшить для него стоимость выпускаемой продукции.

Для компаний, которым требуются постоянные услуги транспортировки, а также для перевозчиков, неизбежен процесс автоматизации транспортной логистики для минимизации затрат и развития бизнеса. Для этого используются специальные системы управления транспортом – Transport Management System (TMS). TMS – программный продукт для комплексного решения задач по автоматизации транспортной логистики – используется как система управления заказами; решает задачу по автоматизации доставки материальных предметов или услуг от источника производства до потребителя продукции или услуг; формирует оптимальные маршруты. TMS-решение автоматизирует процессы расчетов необходимых для транспортировки груза: оптимальные потери груза, контроль остатков, расчет нормы расхода бензина, оптимальное количество остановок в пути и многое другое. Бизнес-логика TMS анализирует входящие данные, основываясь на ключевых показателях продуктивности [1]. Требуется разработать собственный модуль для решения задач транспортной логистики с всевозможными параметрами, разработка будет вестись на 1С-платформе.

Проблема состоит в том, что зачастую многие информационные системы поставляются без включенной в нее подсистемы транспортной логистики [2]. Одним из решений данной проблемы является наличие подключаемого модуля для такой ИС. Разработка дополнительного модуля для текущих задач автоматизации маршрута в информационных системах, которые не имеют подсистему TMS, позволит уменьшить издержки небольших компаний на приобретение дополнительной системы.

Для структуризации проблемы произведем ее декомпозицию на подпроблемы разных рангов с выявлением связи между ними.

Первоочередная проблема – это отсутствие готового модуля/подсистемы транспортной логистики для малых информационных систем [3]. Потребуется разработка модуля, которая делится на три этапа: сбор информации, разработка, тестирование. Сбор информации включает в себя подготовку материала исследований алгоритмов поиска кратчайшего пути, также потребуется собрать информацию о текущих подсистемах и информационных системах, которые требуется сравнить и выявить общий функционал для транспортной логистики, сбор требований и параметров для маршрутизации. Разработка включает в себя разработку технического задания на реализацию, выбор технологий и способов реализации и написание модуля/подсистемы транспортной логистики. Далее выполняется этап тестирования, на котором возможны исправление и возврат к уточняющим данным и разработка изменений функционала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система автоматизации процессов транспортной логистики. Ключевые процессы, которые автоматизирует TMS. В чем заключается автоматизации транспортной логистики // Логинфо. URL: <https://zavodilov.ru/raschety/sistema-avtomatizacii-processov-transportnoi-logistiki-klyuchevye-processy> (дата обращения: 01.03.2021).
2. Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В., Корнилов С.Н., Гавришев С.Е., Дудкин Е.П. Транспортная логистика: учеб. пособие. С.-Пб. ПГУПС, 2003 г. 279 с.
3. Шведов В.Е., Темирханов Р.Т. Модели работы малого транспортного предприятия в сфере транспортной логистики // ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. 2013. No2. С. 28–30.

Поступила 15.03.2021

УДК 004.42

И.А. Батуева

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

В статье рассмотрено приложение, которое поможет студентам дистанционно выполнять лабораторные работы по химии. Описаны преимущества системы, реализованные функции и планы на дальнейшую разработку.

Виртуальный лабораторный практикум – это интерактивный программный модуль, который позволяет заменить реальное лабораторное исследование на моделирование изучаемых процессов с виртуальным взаимодействием студента с лабораторным оборудованием.

И в наше время, с возникновением ограничений из-за пандемии, вопрос о дистанционном обучении стал очень актуален. Виртуальная химическая лаборатория – полезное приложение для дистанционного обучения или тогда, когда нет возможности провести эксперимент в аудитории или лаборатории.

Использование виртуальной химической лаборатории упрощает процесс обучения. Нет необходимости тратить реагенты, уменьшается шанс получить травму при проведении опытов. Также если у студента нет возможности присутствовать в аудитории, он может сделать лабораторную работу удаленно и отправить отчет преподавателю.

Лабораторные работы должны дать студенту необходимые навыки для работы в будущем: аккуратность, соблюдение техники безопасности, умение следовать инструкциям.

Целью работы является обучение студентов с помощью приложения, которое позволит им выполнять лабораторные работы по химии.

Преимущества пользования системой:

- освоение первичных навыков студентом;
- изучение нового материала;
- отработка практических навыков по теме;
- предоставление возможности удаленного использования ПО;
- предоставление возможности самостоятельного обучения студентов;
- снижение финансовых затрат учебного заведения на покупку реагентов.

Для создания приложения потребуется программное обеспечение Unity3D – это межплатформенная среда разработки, в ней имеется большое количество дополнительных средств разработки, скрипты пишутся на языке C#. [1, 2]

Для проектирования моделей посуды и декора используется программное обеспечение Blender. Это бесплатная, кроссплатформенная программа для моделирования и создания анимаций с большим количеством возможностей. [3]

Проект на данный момент находится на стадии разработки. Реализованные функции:

- авторизация пользователя;
- подобрана различная посуда для реализации опытов;
- простые реакции со сменой цвета.

На рисунке представлена комната с лабораторной посудой для реакций.

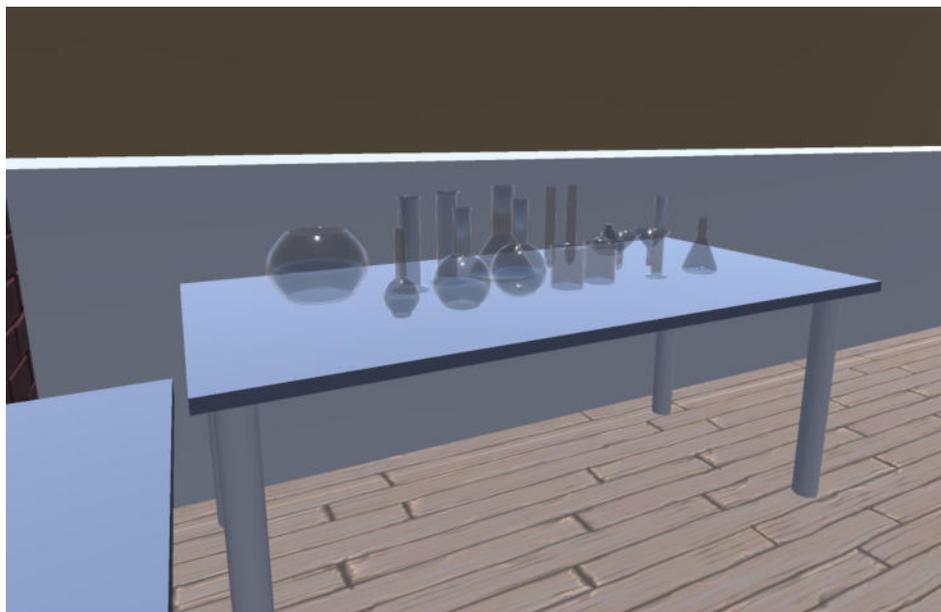


Рис. Лабораторная посуда

Функции, которые будут реализованы:

- отчет о выполнении лабораторной работы с возможностью отправки преподавателю;
- более сложные реакции;
- новые лабораторные работы;
- и другие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Unity. URL: <https://unity.com/>.
2. Документация по C#. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/>.
3. Blender. URL: <https://www.blender.org/>.

Поступила 15.03.2021

РАЗДЕЛ II.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 666.1.03:004.94

А.А. Барсукова, Р.И. Макаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ЛЕНТЫ СТЕКЛА

В статье рассматривается процесс производства стекла. Был рассмотрен технологический процесс «Формирование ленты стекла», описаны параметры процесса, построена IDEF0-модель.

В настоящее время уделяется большое внимание автоматизации процессов на предприятиях. Одним из таких процессов является производство стекла.

Технологический процесс производства стекла состоит из следующих подпроцессов: приготовление стекольной шихты, стекловарение, формирование ленты стекла, отжиг ленты стекла, резка и раскрой.

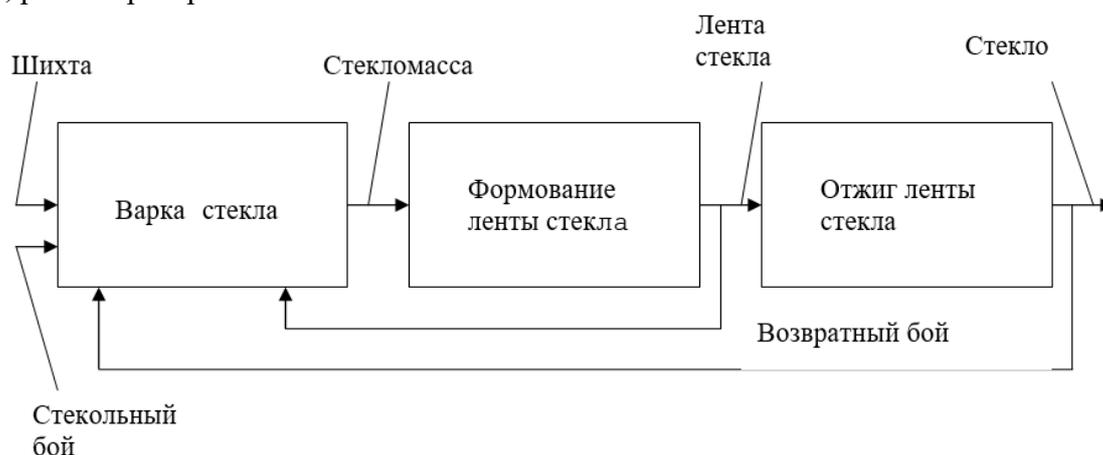


Рис. 1. Структурная схема выработки стекла

Варка стекла является наиболее сложным технологическим процессом в производстве стекла. От ее успешного проведения зависит производительность технологической линии и качество вырабатываемого стекла. Технологический процесс варки должен обеспечивать подготовку химически и термически однородной стекломассы, поступающей в зону формования ленты стекла. При подаче химически и термически однородной стекломассы с одинаковой вязкостью по ширине формирующейся ленты исключаются причины образования разнотолщинности, полосности и волнистости стекла [1].

Флоат-способ – процесс формирования ленты стекла протекает на поверхности расплавленного металла.

Основная особенность выработки стекла флоат-способом состоит в формировании ленты стекла на поверхности расплавленного олова. Лента стекла образуется в результате растекания стекломассы под действием сил тяжести при организованном оконтуривании ее, передвижении в нужном направлении, охлаждении и передаче. Поверхности ленты получаются ровными и гладкими: нижняя – за счет контакта с ровной поверхностью расплавленного металла, верхняя – за счет сил поверхностного натяжения самой стекломассы (огневой полировки). Наличие внизу формирующейся ленты металла с высокой

теплопроводностью обеспечивает высокую термическую однородность стекломассы, что благоприятно сказывается на качестве стекла [1].

Процесс формования ленты стекла определяет величину и распределение остаточных напряжений по толщине и ширине ленты стекла.

На стадии формования стекломасса преобразуется в ленту стекла под воздействием внешних усилий, упругих и поверхностных сил.

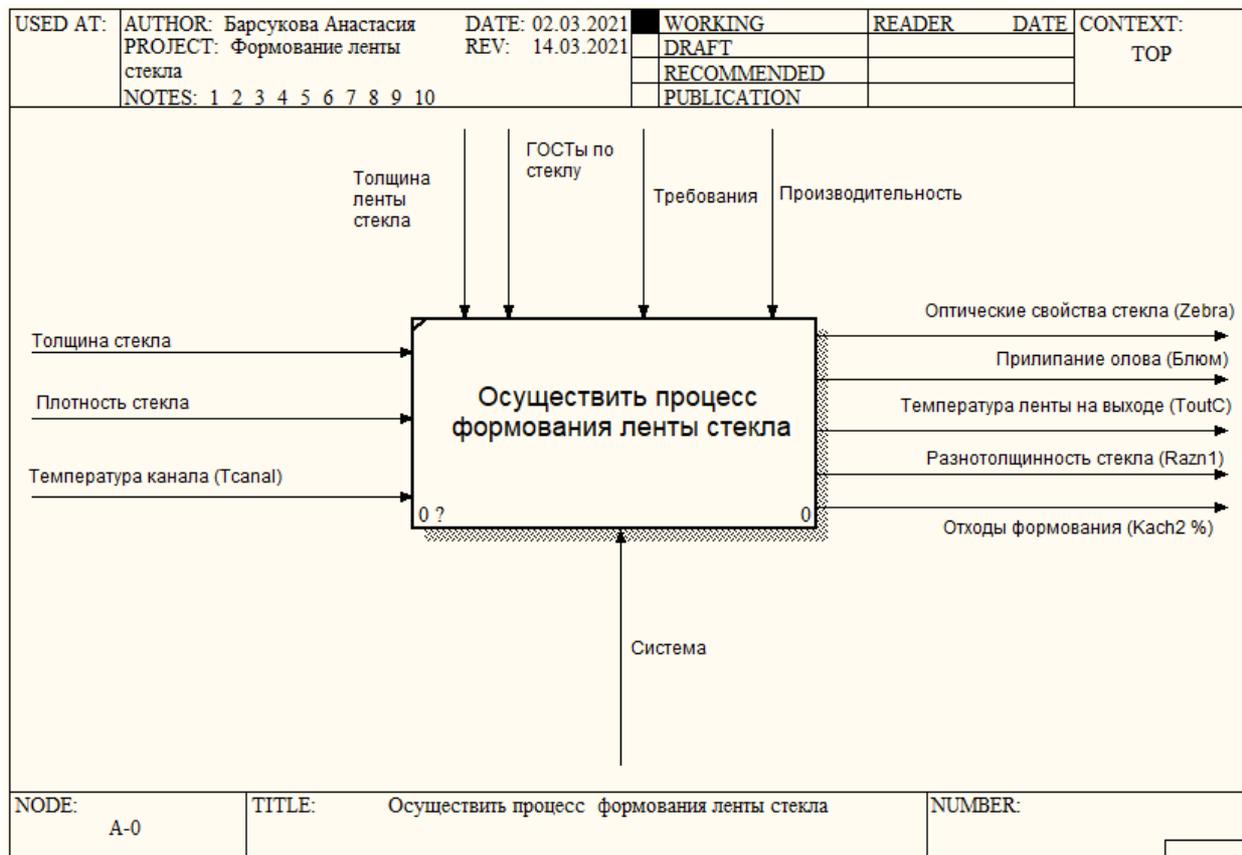


Рис. 2. Контекстный уровень IDEF0-модели технологического процесса формования ленты стекла

Факторы, влияющие на процесс:

- температура формования (технологический режим требует строгого контроля температуры, от этого зависит качество изготавливаемой продукции);
- параметры ленты стекла и ее положения (в том числе, скорость и толщина ленты стекла);
- состав защитной атмосферы ванны с расплавом (увеличение температуры стекломассы в процессе формования приводит к повышению микротвердости и сопротивляемости стекла действию абразивных частиц);
- постоянный контроль и регулировка;
- на входе процесса – однородная стекломасса, температура канала; на выходе – температура ленты и другие параметры.

Данные процесса:

- m_{np} – мощность нагрева;
- H_2 – содержание водорода в защитной атмосфере ф/в;
- T_{in1R} – температура в 1-м пролете флоат ванны;
- T_{in12R} – температура в 12-м пролете флоат ванны;
- T_{in20R} – температура в 20-м пролете флоат ванны;
- T_{outC} – температура ленты стекла на выходе флоат ванны по центру;

- R1DOL – растр 1-й долинки ленты стекла;
- R2DOL – растр 2-й долинки ленты стекла;
- R3DOL – растр 3-й долинки ленты стекла;
- R4DOL – растр 4-й долинки ленты стекла;
- Razn1 – разнотолщинность стекла по первой долянке, мм;
- Zebra – нерастворимые остатки в шихте;
- блюм – налипание олова к листу в флоат ванне (блюм);
- Кач2 % – отходы формования, %.

На режим формования ленты стекла также влияет режим варки стекла. Параметры, которые могут влиять на процесс: плотность стекла, температура канала (T_{canal}), толщина стекла (для толстого и тонкого стекла должны быть настроены разные режимы).

Выходные параметры:

- оптические свойства стекла (Zebra – качество стекла);
- прилипание олова (блюм).

Важное место в повышении качества производимого стекла, роста объема выпуска продукции, снижении отходов в процессе производства, экономном использовании сырья и энергетических ресурсов, облегчении ручного труда и высвобождении человека из зоны действия вредных для его здоровья факторов занимает автоматизация управления технологическим процессом производства и организационное управление на стекольных заводах.

В условиях широкого внедрения компьютеров в сферу управления технологическими процессами поставленная задача может успешно решаться разработкой математических моделей, используемых в качестве датчика состояния объекта управления.

Для конкретизации задач управления процессом и повышения качества технологического процесса формования ленты стекла будет разработана математическая модель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Р.И., Хорошева Е.Р., Лукашин С.А. Автоматизация производства листового стекла. М: 2002.
2. Макаров Р.И., Тарбеев В.В., Молодкин А.В., Чуплыгин В.Н. Математические модели для статистического анализа и регулирования процесса формования ленты стекла на расплаве олова // Стекло и керамика. 2004. № 5.

Поступила 14.03.2021

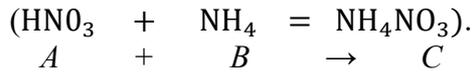
УДК 661.525.3

Т.С. Богомолова, В.Ф. Беккер **УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОМ РЕЖИМОМ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ** **АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ**

Рассмотрен процесс нейтрализации аммиачной селитры. Показано нахождение материального и теплового балансов данного процесса.

На основании предварительного изучения технологического процесса нейтрализации в производстве аммиачной селитры [1] и уровня его автоматизации [2] и известных технических решений [3] поставлена задача управления температурой в зоне реакции.

Реакция нейтрализации аммиачной селитры имеет вид:



Пример схемы аналогичного процесса, заимствованный из [3], представлен на рис. 1.

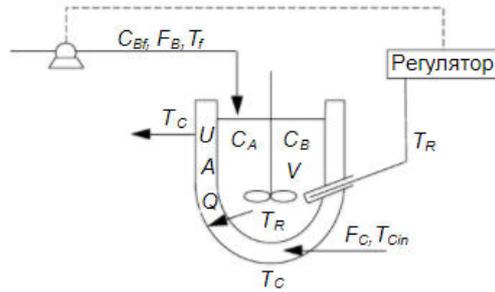


Рис. 1. Схема регулирования температуры в химическом реакторе

Уравнения материального баланса по каждому из веществ, участвующих в химическом превращении, имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d(VC_A)}{dt} = -kC_A C_B V \\ \frac{d(VC_B)}{dt} = w_{B_{\text{вх}}} C_{B_{\text{вх}}} - kC_A C_B V \\ \frac{d(VC_C)}{dt} = kC_A C_B V \\ \frac{d(V)}{dt} = w_{B_{\text{вх}}} \end{array} \right.$$

Уравнение теплового баланса в зоне реакции:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{w_{B_{\text{вх}}}}{V} (T_{\text{вх}} - T) - \frac{K_{\text{тп}} F}{V \rho c_p} (T - T_{\text{ст}}) + \frac{\Delta H}{\rho c_p} k C_A C_B V,$$

- где $T_{\text{вх}}$ – температура входного потока, К;
 $T_{\text{ст}}$ – температура стенки реактора, К;
 T – начальная температура, К;
 $K_{\text{тп}}$ – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К;
 ΔH – тепловой эффект реакции, Дж/моль;
 ρ – плотность массы в реакторе, кг/м³;
 c_p – удельная объемная теплоемкость реагирующей массы, Дж/кг·К;
 $w_{B_{\text{вх}}}$ – управляющее воздействие, м³/с;
 V – объем реактора, м³;
 C_A – концентрация вещества A , кг/м³;
 C_B – концентрация вещества B , кг/м³;
 F – поверхность теплообмена, м².

Тепловой баланс зоны охлаждающей рубашки:

$$\frac{dT_{\text{ст}}}{dt} = \frac{w_x}{V_{\text{охл}}} (T_{\text{х,0}} - T_{\text{ст}}) - \frac{mF}{V \rho c_{p,c}} (T - T_{\text{ст}}),$$

- где: $T_{\text{ст}}$ – температура стенки реактора, К;
 $T_{\text{х,0}}$ – температура входного потока, К;
 T – начальная температура, °С;
 $K_{\text{тп}}$ – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К;
 ρ – плотность массы в реакторе, кг/м³;
 $c_{p,c}$ – удельная объемная теплоемкость стенки реактора, Дж/кг·К;
 V – объем реактора, м³;
 w_x – объемный расход хладагента, м³/с;
 $V_{\text{охл}}$ – объем охлаждаемый, м³;

F – поверхность теплообмена, м².

Уравнение пропорционально-интегрального (изодромного) регулятора записано следующим образом:

$$\frac{dw_{Bbx}}{dt} = -k_p \frac{dT}{dt} + \frac{K_p}{t_{изодр}} (T_{зад} - T),$$

где: w_{Bbx} – управляющее воздействие, м³/с;

K_p – коэффициент пропорциональности регулятора, м³·К/с;

$t_{изодр}$ – время изодрома, с.

После того, как рассмотрены составляющие расчетов теплового и материального балансов, можно приступить к программной реализации математического описания.

Задаем необходимые данные в MathCAD. Данные для наших расчетов представлены на рис. 2.

$$\begin{aligned} V0 &:= 6 & wBbx &:= 1 & CA0 &:= 7 & CB0 &:= 0 & CC0 &:= 0 & CBbx &:= 10 \\ Tbx &:= 15 + 273 & T0 &:= 16 + 273 & Tct0 &:= 13 + 273 & Tzad &:= 16 + 273 \\ Kprop &:= 0.02 & tizod &:= 100 & wB0 &:= wBbx & Txladbx &:= Tct0 - 6 \\ cpc &:= 2.7 & cp &:= 2.8 & r0 &:= 1598 \\ wxl &:= 10 & Voxl &:= 0.6 & Ktp &:= 20000 & d &:= 3 \\ k0 &:= 9 \cdot 10^{17} & Hr &:= 144 & Er &:= 25000 \end{aligned}$$

Рис. 2. Задание данных для дальнейшего расчета

После того, как все нужные для расчетов значения заданы, можно составлять математическое описание процесса в MathCAD. Полученное математическое описание представлено на рис. 3.

$$\begin{aligned} & \text{ORIGIN:=1} \\ & y := \begin{pmatrix} CA0 \\ CB0 \\ CC0 \\ V0 \\ T0 \\ Tct0 \\ wB0 \end{pmatrix} \quad k(T) := k0 \cdot \exp\left(\frac{-Er}{1.985 \cdot T}\right) \\ D(t, y) := & \begin{bmatrix} -k(y_5) \cdot y_1 \cdot y_2 \\ \left(wBbx \cdot \frac{CBbx}{y_4} - k(y_5) \cdot y_1 \cdot y_2 \right) \\ k(y_5) \cdot y_1 \cdot y_2 \\ y_7 \\ (Tbx - y_5) \cdot \frac{y_7}{y_4} - Ktp \cdot \frac{4}{d \cdot r0 \cdot cpc} \cdot (y_5 - y_6) + \frac{Hr}{r0 \cdot cpc} \cdot k(y_5) \cdot y_1 \cdot y_2 \\ (Txladbx - y_6) \cdot \frac{wxl}{Voxl} + \frac{Ktp}{r0 \cdot cpc \cdot d \cdot Voxl} \cdot 4 \cdot y_4 \cdot (y_5 - y_6) \\ -Kprop \cdot \left[\frac{y_7}{y_4} \cdot (Tbx - y_5) - Ktp \cdot \frac{4}{d \cdot r0 \cdot cpc} \cdot (y_5 - y_6) + \frac{Hr}{r0 \cdot cpc} \cdot k(y_5) \cdot y_1 \cdot y_2 \right] + \frac{Kprop}{tizod} \cdot (Tzad - y_5) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Рис. 3. Математическое описание процесса

Далее обращаемся к процедуре в MathCAD, которая решит систему дифференциальных уравнений. Данная процедура представлена на рис. 4.

$m := 1000$

$Z := \text{rkfixed}(y, 0, 8, m, D)$

$n := 1..m$

$t := Z \langle 1 \rangle$ $CA := Z \langle 2 \rangle$ $wbbx := Z \langle 8 \rangle$ $CC := Z \langle 5 \rangle$ $CB := Z \langle 4 \rangle$

$Tct := Z \langle 6 \rangle$ $T := Z \langle 7 \rangle$

Рис. 4. Процедура, решающая дифференциальные уравнения

После всех проделанных действий получаем результат – графики, показывающие зависимость управляющего воздействия (w_{Bbx}) от времени и график зависимости температур от времени (рис. 5, 6), зависимость концентрации данных веществ от времени (рис. 7, 8).

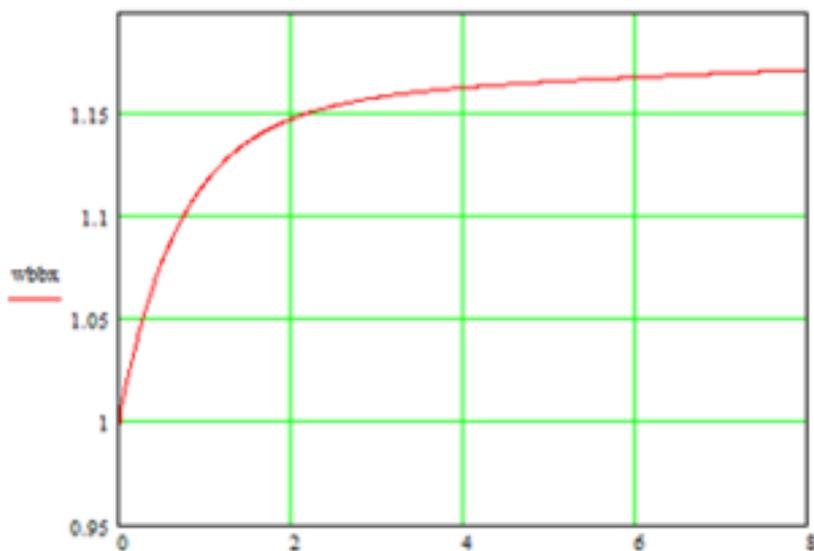


Рис. 5. Изменение регулируемой величины во времени

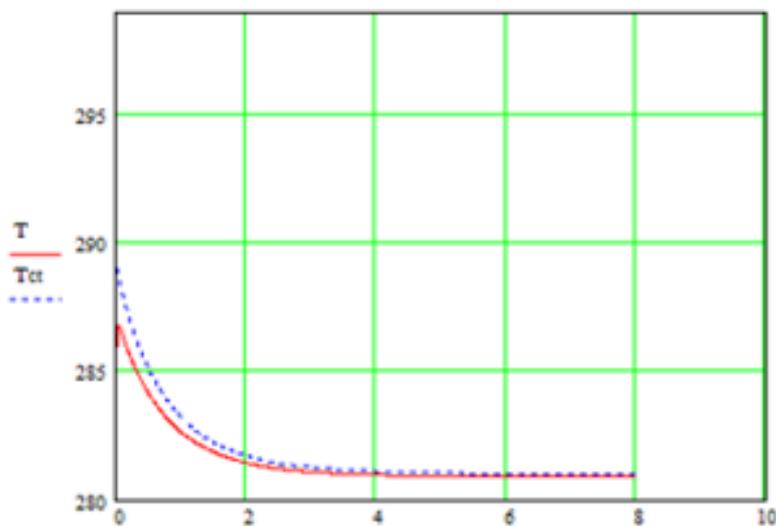


Рис. 6. Зависимость температур от времени

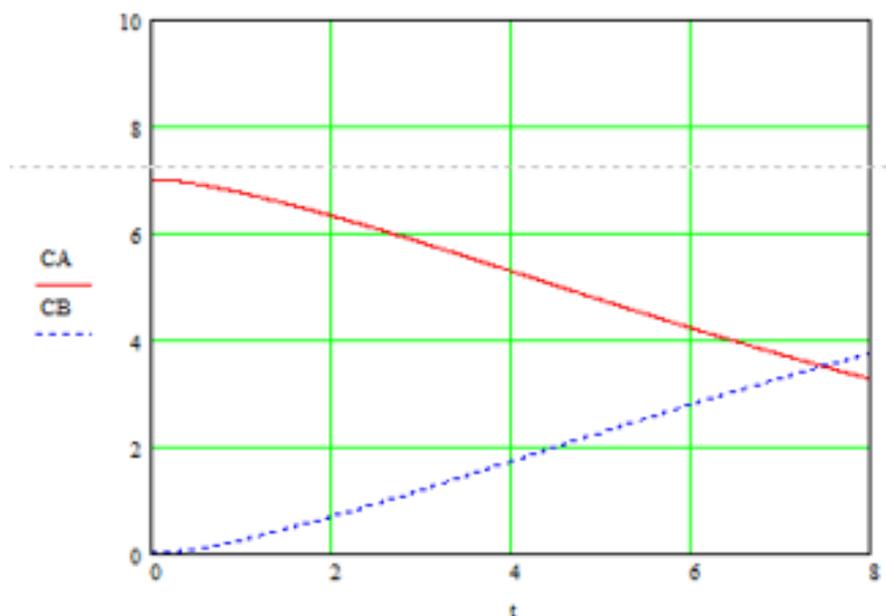


Рис. 7. Зависимость концентраций от времени

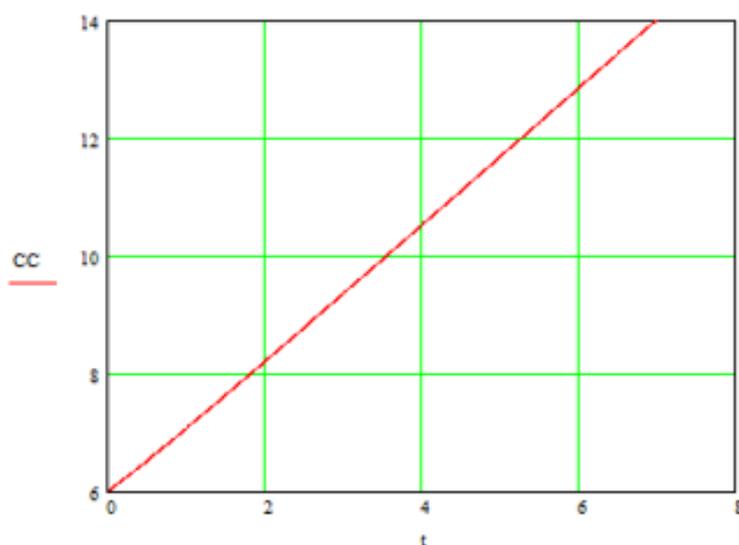


Рис. 8. Зависимость концентраций от времени

Таким образом, был рассмотрен процесс типа $A+B \rightarrow C$, показан процесс составления математического описания теплового баланса данной реакции в программе MathCAD, а также были представлены математическое описание и вывод графиков некоторых зависимостей для процесса нейтрализации аммиачной селитры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олевский В.М. Технология аммиачной селитры. М.: Химия. 1978. 312 с.
2. Богомолова Т.С. Автоматизация производства аммиачной селитры // Решение: материалы Восьмой Всерос. науч.-практ. конф. Березники, 2019. С. 110–111.
3. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в MathCAD и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

Поступила 15.03.2021

А.А. Букин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Рассматривается технологический процесс понижения давления на газораспределительной станции в представленном патенте.

Базовым технологическим процессом предприятия Березниковское ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Чайковский» является транспортировка газа и подача его на газораспределительные станции, которые подают газ потребителю.

Станция является сложным и ответственным энергетическим (технологическим) объектом повышенной опасности. К технологическому оборудованию и средствам автоматизации ГРС предъявляются повышенные требования по надежности и безопасности энергоснабжения потребителей газом, промышленной безопасности как взрывопожароопасному промышленному объекту.

Газораспределительная станция (ГРС «Любимов») предназначена для подачи конечному потребителю природного газа с необходимым давлением, степенью очистки и одоризации. Технология подачи газа любой ГРС включает основные стадии. Основные стадии газораспределительной станции представлены на рис. 1.



Рис. 1. Основные стадии газораспределительной станции

Узел очистки. Очистка газа осуществляется фильтрами-сепараторами, установлены два фильтра ФС100/8,0. Газовый фильтр предназначен для очистки газа от мелкодисперсной аэрозольной влаги и механических примесей, происходит тонкая очистка газа. Пример фильтра указан на рис. 2 [5].



Рис. 2. Фильтр газа ФС100/8,0

Следующей стадией является узел предотвращения гидратообразований. Для этого осуществляется подогрев газа перед редуцированием на двух подогревателях газа ПГ 100. Пример подогревателя представлен на рисунке 3. Подогреватель газа предназначен для подогрева газа до заданной температуры.

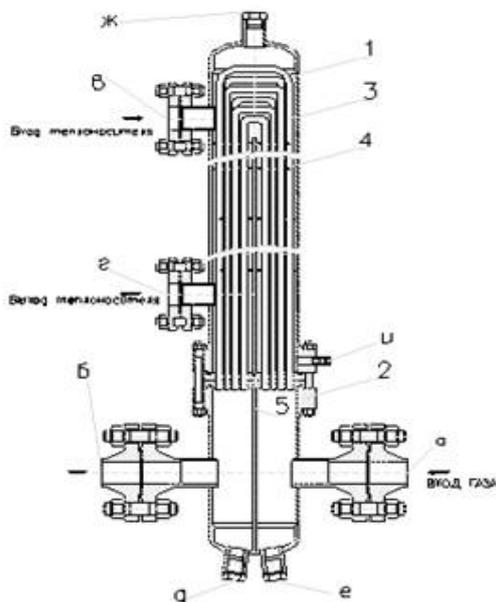


Рис. 3. Подогреватель газа ПГ 100:

1 – корпус, 2 – трубный пучок, 3 – перегородки для теплоносителя, 4 – перегородки для газа, 5 – штуцер, а – вход природного газа, б – выход природного газа, в – вход теплоносителя, г – выход теплоносителя, д, е – слив конденсата, ж – стравливатель воздуха, и – слив теплоносителя.

Теплоносителем для подогрева газа является незамерзающая жидкость или подготовленная вода [5].

Далее, после подогрева газ поступает на узел редуцирования, где происходит снижение давления до необходимого выходного давления, выполняется за счет регуляторов газа. Установлен регулятор давления ЛОРД. Пример регулятора давления представлен на рисунке 4 [1].

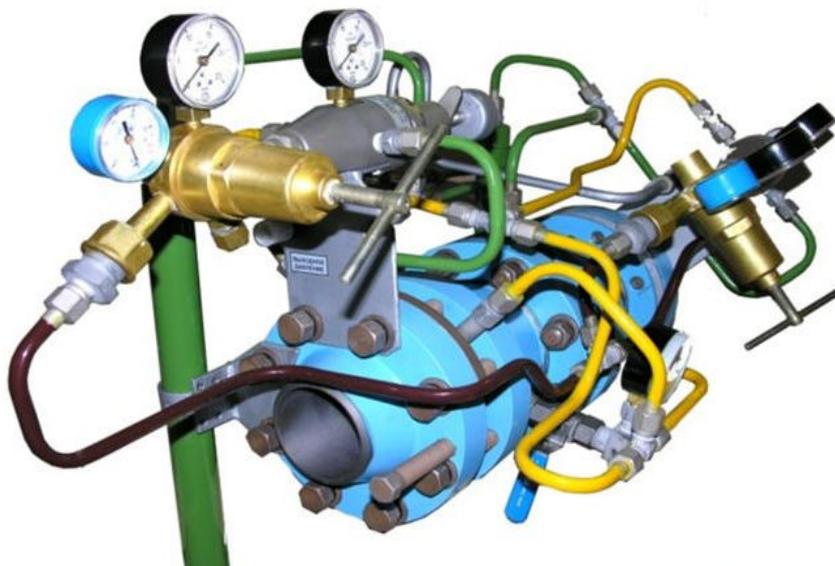


Рис. 4. Регулятор давления газа ЛОРД

Спаренные регуляторы давления газа ЛОРД состоят из двух регуляторов, которые последовательно расположены. Модуль регуляторов имеет такую функцию как защита потребителя от повышения давления выше допустимых значений. По потоку первый регулятор давления является контрольным, он настраивается на давление, превышающее номинальное выходное давление 4...7%. Далее второй регулятор по потоку является рабочим, настраивается на номинальное (заданное) выходное давление. При работе без перебоев контрольный регулятор всегда открыт, а когда выходит из строя рабочий регулятор давления с последующим повышением давления в трубопроводе, включается в работу контрольный регулятор давления, он начинает поддерживать давление на 4...7% выше рабочего.

Следующим узлом является узел учета газа, коммерческий учет газа считается ультразвуковым счетчиком. Расход газа учитывается счетчиком TurboFlow UFG. Пример счетчика газа приведен на рис. 5. Предназначен для измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях и вычислений объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям [2].

Последней стадией газораспределительной станции является одоризация природного газа. Одоризация – это придание природному газу специфического запаха с помощью специальных компонентов для своевременного обнаружения возможных утечек.

В документах патента [3] авторами описывается использование узла редуцирования газа в средствах газораспределения для понижения давления газа. Целью данного патента является улучшение функциональных возможностей узла редуцирования газа, за счет уменьшения металлоемкости, повышения компактности.

Данная цель достигается следующим образом: узел редуцирования газа содержит входной кран до регулятора и после. Также имеются запорные органы, подключенные ко входам регулятора (не меньше двух) давления газа, выходному трубопроводу, камере и линии обратной связи. Камера изготовлена в виде емкости, включающей корпус с крышкой, на наружной стороне которой находятся регуляторы давления газа. К выходам каждого регуляторов присоединены обратные клапаны, а к выходам каждого из распределителей также подключены дополнительные пилотные регуляторы «до себя» и «после себя».



Рис. 5. Счетчик газа ультразвуковой TurboFlow UFG

Данное техническое решение позволяет получить нужный технический результат, а также осуществить узел редуцирования газа в самостоятельное техническое решение полной заводской готовности, увеличив масштаб его применения.

Рассмотрим следующий патент [4]. Учеными описывается модуль регуляторов давления газа, данное изобретение направлено на повышение ресурса и надежности работы, а

также расширение функциональных возможностей, высокой точности и поддержания давления.

Модуль регуляторов газа предназначен для редуцирования газа и защиты магистрали низкого давления. Первый регулятор является контрольным и настраивается на давление, превышающее заданное. Второй регулятор по потоку является рабочим и настраивается на номинальное выходное давление газа.

Технический результат, на достижение которого направленно данное изобретение, заключается в повышении ресурса и надежности работы, а также точности поддержания давления на выходе потребителю.

Каждый патент, разработанный авторами и учеными для понижения давления газа потребителю на газораспределительной станции, применяется в данной промышленности.

Подробные характеристики, схемы работы и формулы изобретений широко описаны в патентах, приведенных в списке литературы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов, А.А. Автоматизированные газораспределительные станции: Справочник. СПб.: Химиздат, 2004. 544 с., ил.
2. Волошенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2005. 120 с.
3. Блок редуцирования газа. Патент РФ №2285197 / А.Х. Валиев, В.И. Веркевич, В.П. Сегеда; заявка подана: 26.05.2005; Оpubл.: 10.10.2006 Бюл. №28. 7 с.
4. Модуль регуляторов давления. Патент РФ №2548586 / Ф.Ш. Серазетдинов, Б.Ф. Серазетдинов, В.Г. Тонконог; заявка подана: 09.01.2014; Оpubл.: 20.04.2015 Бюл. №11. 11 с.
5. Акулов К.А., Земенков Ю.Д., Гульков А.Н., Пестряков В.А., Шиповалов А.Н. Газовое оборудование, приборы и арматура газораспределительных сетей и газохранилищ: учеб. пособие. Тюмень: ТИУ, 2016. 317 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 661.833.42

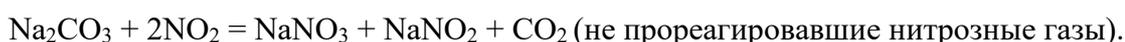
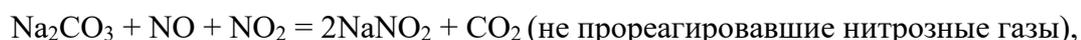
И.С. Бычин, В.Ф. Беккер

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КИНЕТИКУ АБСОРБЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА СОДОВЫМ РАСТВОРОМ

Рассматривается химизм кинетики в нитрит-нитратном растворе. В математическую модель процесса абсорбции введена зависимость констант скоростей химических реакций от температуры по уравнению С. Аррениуса. Теоретически рассчитана энергия активации. Выполнен вычислительный эксперимент для сравнения степени превращения при различной температуре в зоне реакции.

Абсорбция (поглощение) оксидов азота (NO_x) из нитрозного газа осуществляется раствором кальцинированной соды (Na_2CO_3) в абсорбционной башне. Охлажденные нитрозные газы под вакуумом из котлов-утилизаторов подаются в башню [1].

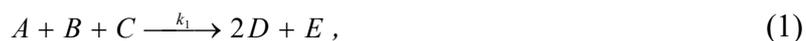
Данный процесс происходит в абсорбционной колонне по двум реакциям:



Не прореагировавшие нитрозные газы уходят на селективную очистку [2].
Обозначим все исходные вещества:

$A - \text{Na}_2\text{CO}_3$,
 $B - \text{NO}$,
 $C - \text{NO}_2$,
 $D - \text{NaNO}_2$,
 $E - \text{CO}_2$,
 $F - \text{NaNO}_3$.

Тогда реакции будут выглядеть следующим образом:



где k_1, k_2 – константы скорости реакции.

Ранее была разработана математическая модель процесса абсорбции [3], а также приведены зависимости КПД тарелок абсорберов [4]. Однако там использовались теоретические формулы для определения численной величины константы скорости реакции. В данной работе динамическая модель процесса, описанная системой дифференциальных уравнений, получила дальнейшее развитие – введением зависимости константы скорости реакции от температуры в соответствии с законом С. Аррениуса в следующем виде:

$$k_1 = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_1}{R \cdot T}\right),$$

где: k_i – константа скорости реакции, $\text{м}^6/(\text{кг}^2 \cdot \text{с})$;

k_0 – постоянный множитель (предэкспонента), $\text{м}^6/(\text{кг}^2 \cdot \text{с})$;

E_i – энергия активации, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$;

T – абсолютная температура, К.

Температура реакций (1) и (2) составляет 313 К. Следовательно, исходя из уравнения С. Аррениуса, энергия активации процесса абсорбции составляет 2383,3 Дж/моль.

Определим скорость протекания стадий R_1 и R_2 . Для каждой стадии R_1, R_2 примем закон действующих масс, который гласит, что скорость стадий пропорциональна концентрации реагентов в соответствующих степенях, называемых порядком реакции (стехиометрические коэффициенты) по соответствующему веществу.

Для рассматриваемого процесса реакции будут выглядеть:

$$R_1 = k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C,$$

$$R_2 = k_2 \cdot C_A \cdot C_C^2.$$

Материальный баланс по каждому веществу (дифференциальные уравнения изменения концентрации компонентов во времени):

$$\begin{aligned} \frac{dC_A}{dt} &= -k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C - k_2 \cdot C_A \cdot C_C^2, \\ \frac{dC_B}{dt} &= -k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C, \\ \frac{dC_C}{dt} &= -k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C - k_2 \cdot C_A \cdot C_C^2, \\ \frac{dC_D}{dt} &= 2 \cdot k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C + k_2 \cdot C_A \cdot C_C^2, \\ \frac{dC_E}{dt} &= k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C + k_2 \cdot C_A \cdot C_C^2, \\ \frac{dC_F}{dt} &= k_2 \cdot C_A \cdot C_C^2. \end{aligned}$$

На основе этих данных процесс абсорбции смоделирован в среде MathCAD [5]:

В качестве исходных данных, представленных на рис. 1, выступают концентрации компонентов, время протекания реакций и температура в реакторе, константы скорости реакций.

$$\begin{aligned} \text{ORIGIN} &:= 0 & \text{abx} &:= 1 & \text{bbx} &:= 0.7 & \text{cbx} &:= 0.7 & \text{dbx} &:= 0 & \text{ebx} &:= 0 & \text{fbx} &:= 0 \\ & & & & & & & & & & \text{tau} &:= 50 \\ x &:= \begin{pmatrix} 1 \\ 0.7 \\ 0.7 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & T &:= 313 \\ & & k_1 &:= 1.03e^{-\frac{2383.3}{8.31 \cdot T}} & k_2 &:= 1.03e^{-\frac{2383.3}{8.31 \cdot T}} \end{aligned}$$

Рис. 1. Исходные данные и начальные условия вычислительного эксперимента

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \frac{(\text{abx} - x_0)}{\text{tau}} - k_1 \cdot x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_0 \cdot (x_2)^2 \\ \frac{(\text{bbx} - x_1)}{\text{tau}} - k_1 \cdot x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{(\text{cbx} - x_2)}{\text{tau}} - k_1 \cdot x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 - 2k_2 \cdot x_0 \cdot (x_2)^2 \\ \frac{(\text{dbx} - x_3)}{\text{tau}} + 2k_1 \cdot x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 + k_2 \cdot x_0 \cdot (x_2)^2 \\ \frac{(\text{ebx} - x_4)}{\text{tau}} + k_1 \cdot x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 + k_2 \cdot x_0 \cdot (x_2)^2 \\ \frac{(\text{fbx} - x_5)}{\text{tau}} + k_2 \cdot x_0 \cdot (x_2)^2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} n &:= 0..100 \\ Z &:= \text{rkfixed}(x, 0, 100, 200, D) \\ t &:= Z^{(0)} & A &:= Z^{(1)} & B &:= Z^{(2)} & C &:= Z^{(3)} & D &:= Z^{(4)} & E &:= Z^{(5)} & F &:= Z^{(6)} \end{aligned}$$

Рис. 2. Задание программы в среде MathCAD

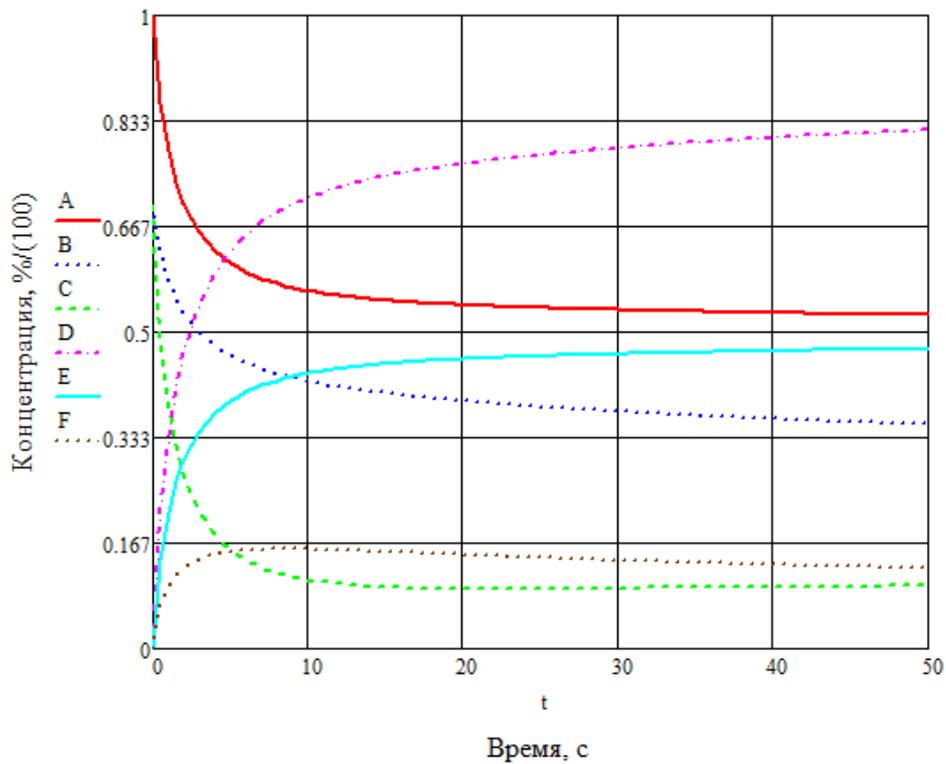


Рис. 3. Моделирование процесса абсорбции оксидов азота содовым раствором: A – концентрация соды Na_2CO_3 в содовом растворе; B – концентрация монооксида азота NO ; C – концентрация диоксида азота NO_2 ; D – концентрация нитрита натрия NaNO_2 в нитрит-нитратном растворе; E – концентрация диоксида углерода CO_2 ; F – концентрация нитрата натрия NaNO_3 в нитрит-нитратном растворе

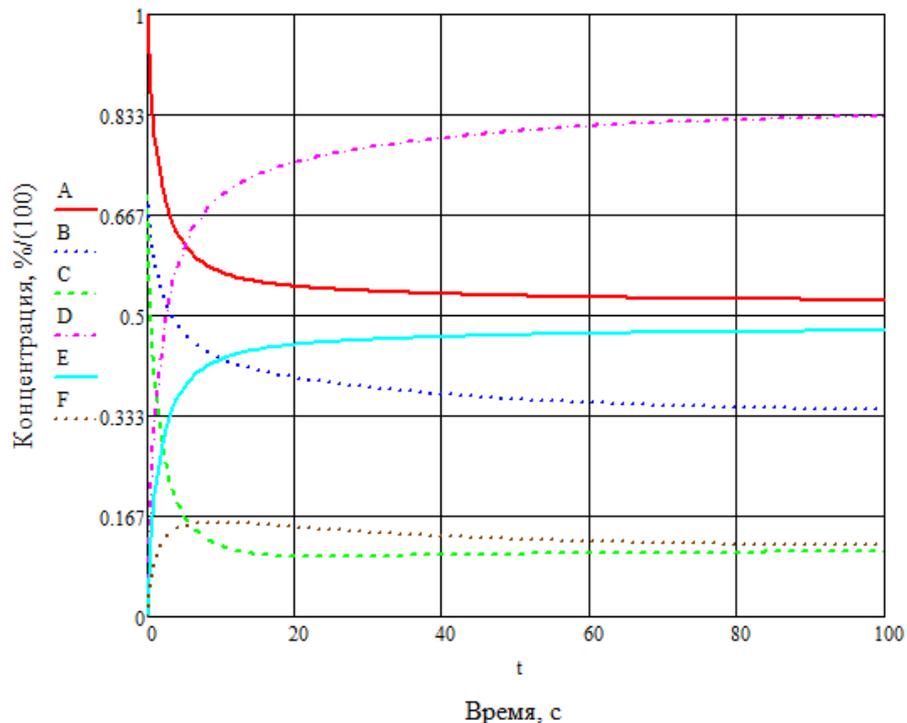


Рис. 4. Результаты вычислительного эксперимента при температуре 283K

С целью изучения влияния температуры на процесс химического превращения был проведен вычислительный эксперимент при различных значениях температуры в ректоре [6]. Результаты одного из таких опытов при температуре 283 K приведены на рис. 3. Как видно

из представленного графика изменения концентраций во времени, при этой температуре кривые незначительно отличаются, отражая влияние температуры на кинетику химического превращения.

С уменьшением температуры в реакторе:

- увеличивается концентрация кальцинированной соды в содовом растворе на 1,15%;
- увеличивается концентрация монооксида азота на 2,08%;
- увеличивается концентрация диоксида азота на 4,85%;
- уменьшается концентрация нитрита натрия на 1,42%;
- уменьшается концентрация диоксида углерода на 1,25%;
- увеличивается концентрация нитрата натрия на 0,85%.

Как известно с уменьшением температуры скорость абсорбции увеличивается. Однако уменьшение температуры ниже норм нецелесообразно, т.к. с ее понижением уменьшается концентрация целевого продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постоянный технологический регламент производства нитрита натрия в цехе ННС, филиала «Азот» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ».
2. Бычин И.С. Проблемы и способы устранения выбросов азота в атмосферу // Решение: материалы Седьмой науч.-практ. конф., Березники 19 октября 2018 г. / Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь, 2018. С. 398–399.
3. Бычин И.С. Моделирование абсорбции оксидов азота в жидкой фазе // Решение: материалы Девятой науч.-практ. конф., Березники 17 октября 2020 г. / Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 72–74.
4. Бычин И.С. Повышение эффективности процесса абсорбции оксидов азота // Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых (г. Березники, 29 апреля 2020 г.) – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 150–151.
5. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в MathCAD и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
6. Викторов М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты. М.: Химия, 1977. 360 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 622.673.1-8

А.А. Жуланов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ПО ПОДЪЕМУ РУДЫ НА ПОВЕРХНОСТЬ

В данной статье рассматривается процесс математического моделирования скипового подъемника.

В состав загрузки скипового подъемника входит лебедка, к состоянию которой подходят очень серьезно. Так как подъем руды на поверхность или подъем чего-либо в другой отрасли – это непрерывное производство, и не каждому хотелось бы останавливать

данный процесс. Чтобы такого не было, на скип обращают особое внимание. Просто необходимы постоянное слежение и высокие требования к качеству его работы и надежности. Например, на БКПРУ-2, города Березники, каждый вторник останавливают некоторую часть подъемников, чтобы проверить их состояние. Понятно, что спуск людей в клетки осуществляется, но руда в это время не поднимается на поверхность: в это время сотрудники шахтного пространства занимаются ремонтом.

В современное время к подъемникам предъявляются высокие требования по надежности и времени отработки. Каждый скиповый подъемник оснащен электроприводом, главный подъемник предназначен для подъема материалов из шахтного поля.

Электропривод играет важнейшую роль в повышении производительности труда. Его автоматизация важна тем, что больше половины электроэнергии преобразуется в механическую. Электропривод – это в первую очередь система, состоящая из таких устройств как:

1. Преобразовательное – служит для связи системы с источником электрической энергии.
2. Информационное – предназначено для получения хранения и распределения информации о переменных электропривода.
3. Управляющее – предназначено для формирования управляющих воздействий.



Рис. 1. Структурная схема автоматизированного электропривода

Преобразователи классифицируют по току на постоянный и переменный, а также на тиристорные и транзисторные преобразователи.

Транзисторный имеет ряд преимуществ, например, напряжение в колебательном контуре достигает 1500 В, тем самым снижаются потери в тоководах и индукторе. Также данный преобразователь имеет хороший КПД = 98%. Экономичен в плане энергии и хорошо охлаждается. Данный процесс производится за счет жидкости, протекающей по теплообменнику.

Тиристорный тоже наполнен рядом функций, например, температурные датчики. Они используются на конденсаторных батареях и возвратных трубах системы охлаждения. Оборудованы системами автоматической диагностики.

Рассмотрим электродвигатель скипового подъемника (рис. 2) и найдем его сопротивление в нагретом состоянии.

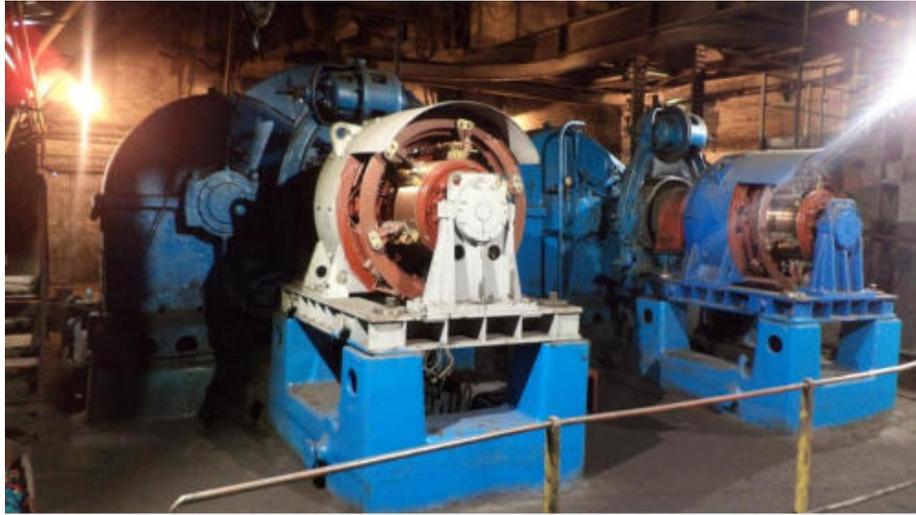


Рис. 2. Общий вид электродвигателя скипового подъемника

Найдем сопротивление, оно вычисляется по формуле:

$$R_{\text{дв.гор}} = 1,38 * (R_{\text{я.д.20}^\circ} + R_{\text{дп.д.20}^\circ} + R_{\text{ко.д.20}^\circ}) + \frac{U_{\text{щ}}}{I_{\text{н}}} \\ = 1,38 * (0,0075 + 0,0015 + 0,004) + \frac{2}{860} = 0,02026 \text{ Ом.}$$

Номинальная угловая скорость вращения вала двигателя:

$$\omega_{\text{н}} = \pi * \frac{n}{30} = 3,14 * \frac{500}{30} = 52,36 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Конструктивная постоянная двигателя:

$$c = \frac{U_{\text{н}} - I_{\text{н}} * R_{\text{дв.гор}}}{\omega_{\text{н}}} = 5,97 \text{ В} * \text{с}.$$

Индуктивность якоря одного электродвигателя:

$$L_{\text{д.в}} = \gamma * \frac{(U_{\text{н}})}{(I_{\text{н}} * \pi * \omega_{\text{н}})} = 0,0003664 \text{ ГН.}$$

Найдем момент инерции одного электродвигателя:

$$J_{\text{дв}} = \frac{0,5 * GD^2}{4} = \frac{0,05 * 700}{4} = 87,5 \text{ кгм}^2.$$

Эквивалентный момент инерции электропривода:

$$J_{\text{э}} = 2 * J_{\text{дв}} + \frac{GD^2}{4} = 2 * 87,5 + \frac{550}{4} = 312,5 \text{ кгм}^2.$$

Электромеханические характеристики системы преобразователь – двигатель

Скорость вращения вала электродвигателя вычисляется по формуле:

$$\omega = \frac{E_a - I_a * R_{\text{яц}} - \Delta U_{\text{в}}}{c},$$

$$E_d = E_{d0} * \cos(\alpha),$$

где E_d – среднее значения выпрямленной ЭДС;

α – угол включения тиристора, отсчитываемый от точки естественной коммутации;

ΔU_B – прямое падение напряжение на тиристоре.

Чтобы найти соответствующую скорость вращения вала двигателя произведем ряд преобразований, получаем выражение угла управления функции скорости:

$$\alpha(\omega) = \arccos * \left(\frac{\omega * c + I_d * R_{яц} + \Delta U_B}{E_{d0}} \right);$$

формула для электромеханических характеристик:

$$\omega(I) = \frac{E_d * \cos(\alpha(\omega)) - I * R_{яц} - \Delta U_B}{c}.$$

Проведем расчет характеристик прерывистых токов, для этого нужно найти угол синусоиды фазной ЭДС:

$$\theta_0(\alpha) = \frac{180}{\pi} * \left(\alpha(\omega) + \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m_B} \right) \right).$$

Значение тока в зоне прерывистых токов:

$$i(\alpha) = \frac{m_B}{2 * \pi} \left(\cos \left(\theta_0(\alpha) * \frac{\pi}{180} \right) - \cos \left(\left(\lambda + \theta_0(\alpha) * \frac{\pi}{180} \right) - \lambda * \frac{\pi}{180} * e_{гр}(\alpha) \right) \right).$$

Если мы зададим угол открытия тиристоров α в промежутке от 0...180 и угол проводимости λ от 0...60, то получим электромеханические характеристики в зоне прерывистых токов. Их можно выразить в системе MathCad, выраженной на рис. 2.

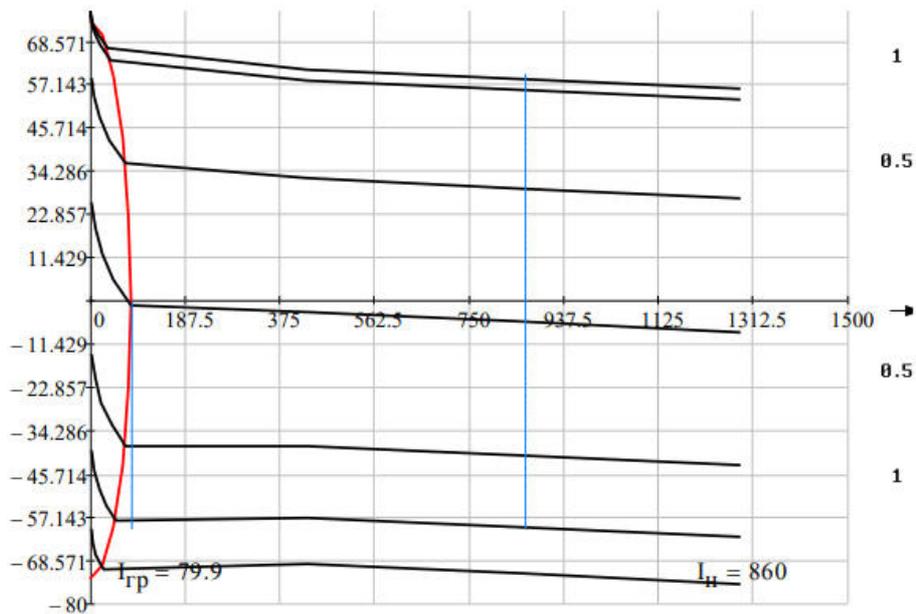


Рис. 3. Электромеханические характеристики в зоне прерывистых токов

Вывод. В статье были рассчитаны параметры электродвигателя и был произведен расчет характеристик преобразователя, также получен график, показывающий электромеханические характеристики в зоне прерывистых токов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуланов А.А. Автоматизация работ по подъему руды на поверхность // Решение – материалы Восьмой Всерос. науч.-практ. конф. Березники, 2019. С. 52–54.
2. Жуланов А.А. Патентные исследования управления процесса по подъему руды на поверхность // Молодежная наука в развитии регионов-материалы Всерос. науч.-практ. конф. Березники, 2020. С. 193–196.
3. Тиристорные и транзисторные преобразователи. URL: https://www.mosinductor.ru/productsiya/tiristornye_i_tranzistornye_preobrazovateli_chastoty/premialnaya-seriya-tiristornykh-preobrazovateley-chastoty/.
4. Электропривод. URL: https://normative_reference_dictionary.academic.ru/23354/информационное_устройство_%28электропривода%29.

Поступила 15.03.2021

УДК 666.9.052

М.С. Карнов, В.Ф. Беккер

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ГАШЕНИЯ ИЗВЕСТИ

Спроектирована и исследована математическая модель процесса гашения извести в программной среде MathCAD. Данные для моделирования взяты с производства. В ходе моделирования получена переходная характеристика для процесса гашения извести водой.

Гашеная известь имеет широкое применение: в строительстве, очистных сооружениях, сельском хозяйстве, пищевой промышленности и т.д.

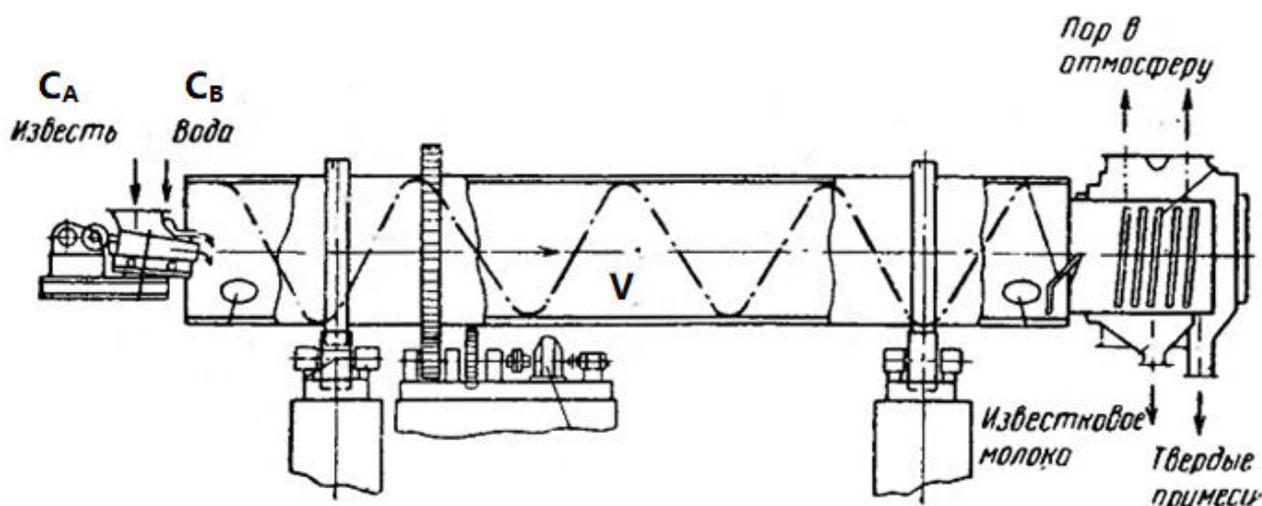


Рис. 1. Схема устройства аппарата гасителя извести

Получение гашеной извести происходит в известегасильном аппарате, схема которого представлена на рис. 1. Аппарат представляет собой горизонтальный цилиндрический барабан, опирающийся бандажными роликоопорами. Барабан аппарата приводится во

вращение от электродвигателя через редуктор и зубчатую передачу. Для предотвращения накопления извести при неравномерной загрузке предусмотрены скребки, транспортирующие излишки извести к месту выгрузки извести из барабана. На входе в аппарат подается вода и негашеная известь (CaO) в соотношении не менее 10:1. На выходе продукцией аппарата является известковое молоко. В качестве побочных продуктов на выход поступают пар, а также твердые примеси, включая непогасившиеся куски CaO. В аппарате протекает химическая реакция взаимодействия оксида кальция с водой, называемая гашением извести с образованием гидроксида кальция.

Гидроксид кальция – Ca(OH)₂ – сильное основание. Стехиометрическое уравнение получения гидроксида кальция выглядит следующим образом:



Эта реакция – сильно экзотермическая, происходит с выделением тепла 67 кДж/моль. Поэтому, несмотря на оптимальную температуру в зоне реакции $90 \pm 5^\circ\text{C}$ [1], вода на гашение подается с более низкой температурой $60 \pm 10^\circ\text{C}$. При автоматическом регулировании температуры воды можно поддерживать температуру в зоне реакции на оптимальном уровне, что, вероятно, повысит качество продукта на выходе и позволит экономить энергию необходимую для нагревания воды, подаваемой на гашение [2].

В основу математической модели процесса гашения извести положено уравнение теплового баланса, левая часть которого представляет собой изменение тепла в объеме аппарата во времени, правая часть описывает потоки тепла на границах объекта управления.

The screenshot shows the following content in MathCAD:

1 (Red box):

$$T00 := 500 \quad TC0 := 298$$

$$T1 := 333 \quad TC1 := 298 \quad \text{ORIGIN} := 1 \quad CA0 := 6 \cdot 10^{-4} \quad Z := 2000$$

$$E := 10.1 \quad R := 1.98 \cdot 10^{-3} \quad H := -67 \quad w := 2500 \quad V := 900000 \quad Tzad := 363$$

$$Vc := 100000 \quad cp := 1.35 \cdot 10^{-4} \quad wc := 2000 \quad c := \frac{-H}{cp} \quad Ti := 5 \quad KP := 5$$

2 (Red box):

$$y := \begin{bmatrix} CA0 \\ T1 \\ TC1 \\ w \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$T00(t) := T00 + 5 \cdot \sin\left(\pi \cdot \frac{t}{1000}\right) \quad k(T) := Z \cdot \exp\left(\frac{-E}{R \cdot T}\right)$$

$$F := 900 \quad Kt := 4 \cdot 10^{-6} \quad a := Kt \cdot \frac{F}{cp \cdot V} \quad b := Kt \cdot \frac{F}{cp \cdot Vc}$$

3 (Red box):

$$D(t, y) := \begin{bmatrix} \frac{y_4}{V} \cdot (CA0 - y_1) - k(y_2) \cdot y_1 \\ \frac{y_4}{V} \cdot (T00(t) - y_2) - k(y_2) \cdot y_1 \cdot c - a \cdot (y_2 - y_3) \\ \frac{wc}{Vc} \cdot (TC0 - y_3) + b \cdot (y_2 - y_3) \\ -KP \cdot \left(\frac{y_4}{V} \cdot (T00(t) - y_2) - k(y_2) \cdot y_1 \cdot c - a \cdot (y_2 - y_3) \right) + \frac{KP}{Ti} \cdot (Tzad - y_2) \\ (Tzad - y_2)^2 \end{bmatrix}$$

$Z := \text{Rkadapt}(y, 0, 5000, 1000, D)$

Рис. 2. Решение задачи в MathCAD:

1 – задание исходных данных, 2 – синусоидальное возмущающее воздействие на объект, 3 – пропорционально-интегральный регулятор температуры воды на входе

Уравнение теплового баланса для зоны реакции имеет следующий вид:

$$V\rho c_p \frac{dT}{dt} = W_{\text{вх}}\rho c_p (T_{\text{вх}} - T) - W_{\text{вых}}\rho c_p T + V \cdot \Delta H \cdot k \cdot C_A \cdot C_B, \quad (2)$$

где $W_{\text{вх}}$ – расход воды, м³/с;
 $W_{\text{вых}}$ – расход известкового молока, м³/с;
 V – объем реактора, м³;
 $T_{\text{вх}}$ – температура воды на входе, К;
 T – температура в зоне реакции, К;
 ρ – плотность массы в реакторе, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
 c_p – удельная объемная теплоемкость реагирующей массы, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$;
 k – константа скорости реакции, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}\cdot\text{кг}}$;
 ΔH – тепловой эффект реакции, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$;
 C_A – концентрация извести, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
 C_B – концентрация воды, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Программа математической модели гасителя представлена на рис. 2.

Целью проведенного вычислительного эксперимента является исследование объекта с точки зрения автоматизации.

При моделировании процесса была получена следующая переходная характеристика для температуры в зоне реакции аппарата известгасильного (рис. 3).

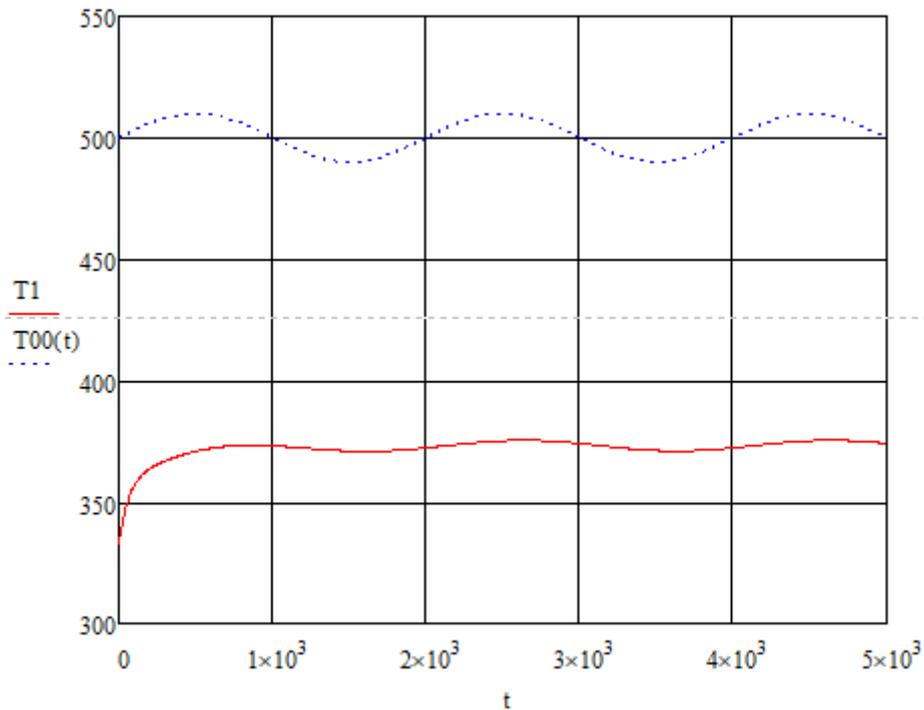


Рис. 3. Переходный процесс для температуры:
 $T1$ – температура в зоне реакции, К;
 $T00(t)$ – синусоидальное возмущающее воздействие

Переходная характеристика при задании температуры 363 К с учетом регулятора представлена на рис. 4.

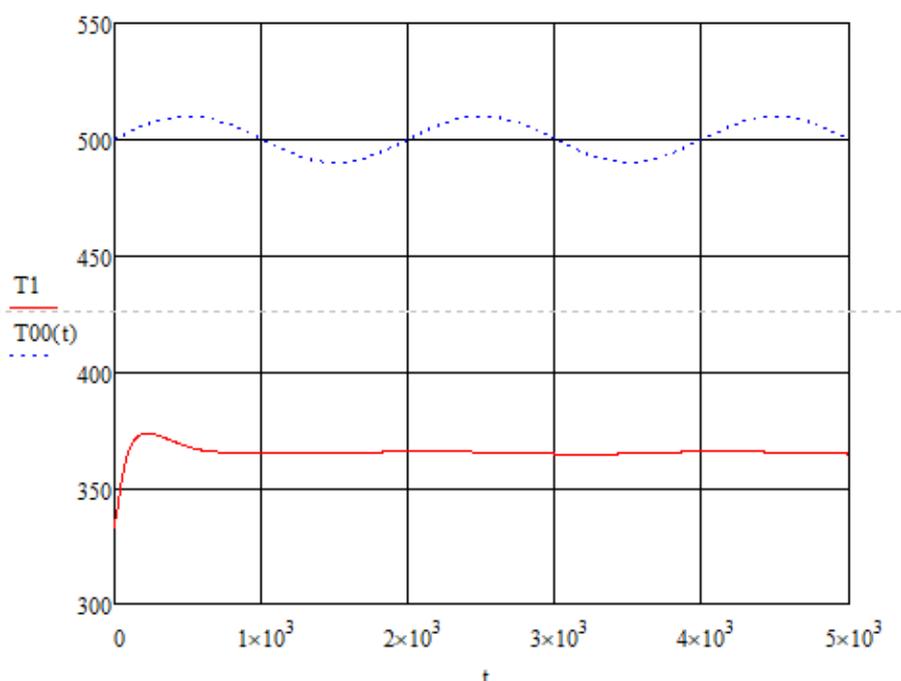


Рис. 4. Переходный процесс для температуры с учетом регулятора

Полученные характеристики переходного процесса гашения извести показывают, что управление процессом с использованием автоматического регулятора позволяет поддерживать температуру на заданном уровне с высокой точностью и успешно компенсировать возмущающие воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Monteagudo S.M. The degree of hydration assessment of blended cement pastes by differential thermal and thermogravimetric analysis. Morphological evolution of the solid phases / S.M. Monteagudo, A. Moragues, J.C. Gálvez, M.J. Casati, E. Reyes // *Thermochimica Acta*. 2014. Vol. 592. P. 37–51.
2. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в MathCAD и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 434 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 621.316.925.1

С.А. Моськин, В.Ф. Беккер

РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЦЕПЯХ КРЕМНИЕВОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Рассмотрен расчет и выбор уставок релейной защиты кремниевого выпрямительного агрегата подстанции КПП-1 филиала ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА».

В общем случае релейная защита не должна ограничивать возможности полного использования основного электрического оборудования сети [1]. Поэтому включение ее в действие должно происходить только при существенных нарушениях нормального режима

эксплуатации [2, 3]. Наиболее частым нарушением работы системы электроснабжения является короткое замыкание [4]. Рассмотрим расчет токов короткого замыкания с помощью программы Energy CS ТКЗ.

Исходные данные.

Кремниевый выпрямительный агрегат состоит из питающей ячейки, расположенной на ТЭЦ-2 ГРУ-10 кВ, трансформатора ТДНП-32000/10, выпрямительного блока БВКВ4-6300/600 [5].

Питающая ячейка состоит из высоковольтного масляного выключателя МГТ-229, трансформаторов тока ТПОЛ-10 1500/5 А, реактора РБА-10-1000, кабельной линии, состоящей из четырех параллельно проложенных высоковольтных кабелей АСБ 3х185.

Программа расчета Energy CS ТКЗ предназначена для расчета токов короткого замыкания по следующему алгоритму [6, 7]:

- разработка графической расчетной схемы;
- заполнение таблиц исходных данных для всех элементов схемы;
- выбор точек расчета токов КЗ;
- выбор параметров необходимых для отображения в таблице результатов расчета.

Исходные данные должны содержать следующие необходимые для расчета данные:

- токи КЗ системы;
- напряжения на шинах;
- тип и параметры выключателей, реакторов, кабелей, трансформаторов.

Расчет выполнен на примере схемы электроснабжения кремниевого выпрямительного агрегата №8.

Структура рассчитываемой системы представлена рядом узлов [8]. Полученная таким образом схема системы электроснабжения приведена на рис. 1.

Составленные и заполненные таблицы исходных данных представлены на рис. 2, 3.

На рис. 1 приведены данные об источнике электроэнергии – ячейке ТЭЦ-2.

На рис. 2 приведены сведения об узлах системы. На рис. 3 – данные токоограничивающего реактора.

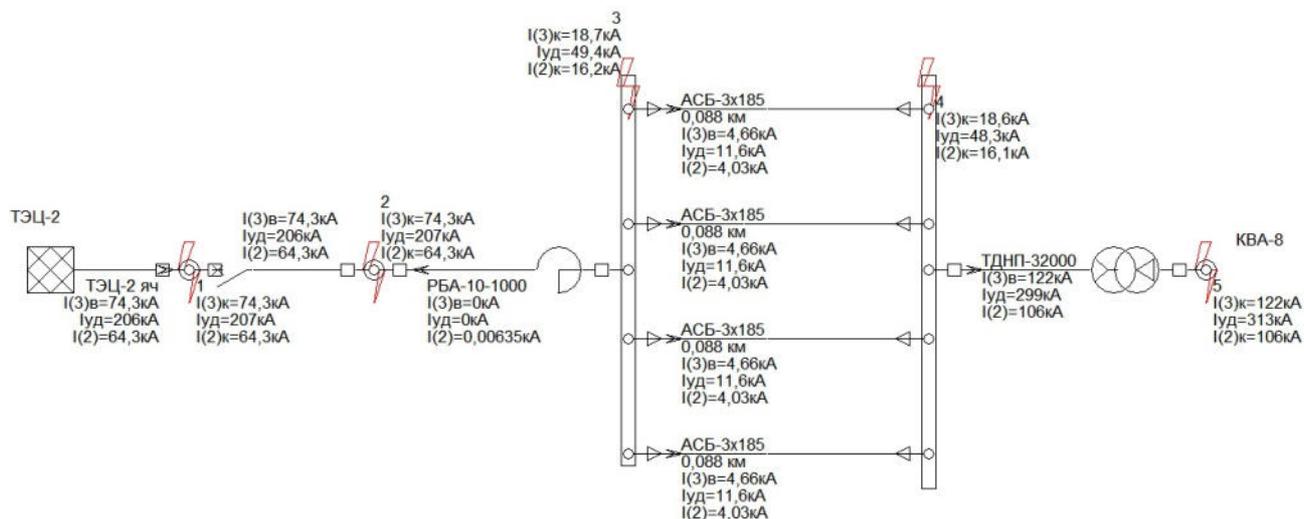


Рис. 1. Составленная расчетная схема в проставленными точками КЗ

Номера узлов	10
Узел начала	1
Узел конца	
В, Н	
Вид	
В К	
R, Ом	0,000622
X, Ом	0,0777
R0, Ом	0
X0, Ом	0
G мкСм	
B мкСм	
Kт	
Угол Kт°	
Номер группы	0
Шунт 0 псл	-
Iдоп1с, кА	
Период №	0
Состояние	Суц

Номер узла	10:0
Узел подключения	1
Обозначение	ТЭЦ-2 яч
Цвет	
Uбу , кВ	10
Угол U°	0
Sk3, МВА	1287
Iк3, кА	74,3
Ta3 с	0,398
Ky3	1,98
Z1, Ом	0,000622+j0,0777
Sk1, МВА	-
Iк1, кА	-
Z0, Ом	0
Z2, Ом	0,000622+j0,0777
Период №	0
Состояние	Суц

Номера узлов	10-11
Узел начала	1
Узел конца	2
В, Н	
Вид	
В К	
R, Ом	0
X, Ом	0
R0, Ом	0,001
X0, Ом	0
G мкСм	
B мкСм	
Kт	
Угол Kт°	
Номер группы	0
Шунт 0 псл	-
Iдоп1с, кА	100
Период №	0
Состояние	Суц

Рис. 2. Исходные данные по узлам

Номера узлов	11-7
Узел начала	2
Узел конца	3
В, Н	
Вид	
В К	
R, Ом	0,0138
X, Ом	0,23
R0, Ом	0,0138
X0, Ом	0,23
G мкСм	
B мкСм	
Kт	
Угол Kт°	
Номер группы	0
Шунт 0 псл	-
Iдоп1с, кА	
Период №	0
Состояние	Суц

Номера узлов	11:1-7:5
Узел начала	2
Узел конца	3
Обозначение	
Тип	РБА-10-1000
Iном, А	1000
Xр, Ом	0,23
Период №	0
Состояние	Суц

Номера узлов	10-11
Узел начала	1
Узел конца	2
В, Н	
Вид	
В К	
R, Ом	0
X, Ом	0
R0, Ом	0,001
X0, Ом	0
G мкСм	
B мкСм	
Kт	
Угол Kт°	
Номер группы	0
Шунт 0 псл	-
Iдоп1с, кА	100
Период №	0
Состояние	Суц

Рис. 3. Исходные данные токоограничивающего реактора

Программа производит расчет и выдает конечные результаты в виде таблицы (рис. 4).

В данной работе показан расчет токов короткого замыкания, которые необходимы для расчета уставок релейной защиты кремниевых выпрямительных агрегатов. Показаны возможности компьютерного расчета токов короткого замыкания.

Номер КЗ	Обозначение узла-ветви	Номера узлов	Уном кВ	lур кА	t с	Ik3 кА	ln(t) кА	iуд кА	ia(t) кА	Beta %	i(t) кА	B(t) кА ² *с	I1c(t) кА	Itа кА	B(t2) кА ² *с	I1c(t2) кА	Ik2 кА	Ik1 кА	Ik11 кА
3	3	7	10		0	18,7	18,7	49,4	26,5	100	53	-	-	-	-	-	16,2	-	-
	3-4	7-8		0,0016		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00163	-	-
	3-4	7-8		0,0016		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00163	-	-
	3-4	7-8		0,0016		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00163	-	-
	3-4	7-8		0,0016		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00163	-	-
	2-3	11-7		0,000722		18,7	18,7	47,8	26,5	100	53	-	-	-	-	-	16,2	-	-
4	4	8	10		0	18,6	18,6	48,3	26,3	100	52,7	-	-	-	-	-	16,1	-	-
	4-5	8-9		0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
	3-4	7-8		0,0016		4,66	4,66	11,6	6,59	100	13,2	-	-	-	-	-	4,03	-	-
	3-4	7-8		0,0016		4,66	4,66	11,6	6,59	100	13,2	-	-	-	-	-	4,03	-	-
	3-4	7-8		0,0016		4,66	4,66	11,6	6,59	100	13,2	-	-	-	-	-	4,03	-	-
	3-4	7-8		0,0016		4,66	4,66	11,6	6,59	100	13,2	-	-	-	-	-	4,03	-	-
5	5	9	0,476		0	122	122	313	173	100	346	-	-	-	-	-	106	-	-
	4-5	8-9		0		122	122	299	173	100	346	-	-	-	-	-	106	-	-
1	1	10	10		0	74,3	74,3	207	105	100	210	-	-	-	-	-	64,3	-	-
	1-ТЭЦ-2 яч	10-Е		0,000722		74,3	74,3	206	105	100	210	-	-	-	-	-	64,3	-	-
	1-2	10-11		0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00624	-	-
2	2	11	10		0	74,3	74,3	207	105	100	210	-	-	-	-	-	64,3	-	-
	2-3	11-7		0,000722		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00635	-	-
	1-2	10-11		0		74,3	74,3	206	105	100	210	-	-	-	-	-	64,3	-	-

Рис. 4. Результаты расчета

Достоинством применения программы является:

- высокая: точность расчетов;
- наглядность представления исходных данных и результатов расчета;
- оперативность выполнения расчетов.

Все рассчитанные на основе полученных данных о величине токов короткого замыкания уставки релейной защиты выполнены в соответствии с «Правилами устройства электроустановок потребителей» для определения требуемых коэффициентов чувствительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моськин С.А. Система защиты и измерения постоянного тока кремниевой преобразовательной подстанции // Молодежная наука в развитии регионов – материалы Всерос. науч.-практ. конф. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 119–120.
2. Комплектные устройства защиты и автоматики TOP-100, TOP-200, TOP-300 // Руководство по эксплуатации. Чебоксары: ООО «Релематика». 2018. 82 с.
3. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей: 5-е изд., испр. и доп. СПб.: ПЭИПК, 2015. 350 с.
4. Беркович М.А., Вавин В.Н., Голубев М.Л., Назаров Ю.Г., Рибель Н.Е., Савостьянов А.И., Семенов В.А. Справочник по релейной защите. Под общей ред. М.А. Берковича. М-Л.: Госэнергоиздат, 1963. 512 с.
5. Агрегат выпрямительный кремниевый // Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Запорожье: ПО «Преобразователь». 1989. 40 с.
6. Правила устройства электроустановок. Новосибирск: Норматика, 2015. 484 с., ип.
7. Программный комплекс Energy CS ТКЗ, CSoft Development, 2008, версия 3.5.0.506.
8. Комплектное устройство импульсной защиты от замыканий на землю воздушных и кабельных сетей 6-35кВ // Руководство по эксплуатации. Чебоксары: ООО «Релематика». 2019. 32 с.

Поступила 15.03.2021

Н.О. Назаренко, В.Ф. Беккер

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ ТИРИСТОРНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Выбраны программные средства, необходимые для исследования динамики устройства плавного пуска и высоковольтного взрывозащищенного электродвигателя. Проведены проверка работы и настройка отдельных модулей.

Для сравнения разницы пусковых токов при прямом и тиристорном пуске построена модель в инструменте моделирования динамических систем *Matlab*, а именно в подсистеме *Simulink*, который позволяет строить модели в широком диапазоне различных настроек из уже готовых блоков. В данную модель входит: устройство плавного пуска высоковольтных двигателей типа ПАД-В и высоковольтный взрывозащищенный электродвигатель типа 1ВАО-560ЛВ-4У 2,5. Построение модели начинается с источника питания, а именно трех блоков *AC Voltage Source* (источник переменного напряжения) и блока *Ground* (заземление) (рис. 1).

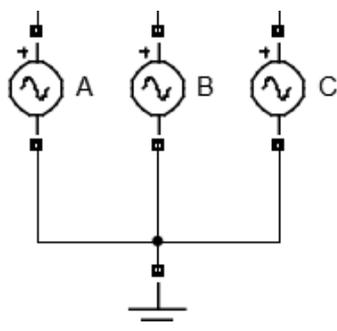


Рис. 1. Источник питания

В источнике устанавливаются настройки: *peak amplitude* (максимальная амплитуда) – 6000; *Phase* (угол фазы) 0, –120, –240 для фаз А В С соответственно, *Frequency* (частота) 50.

Группа из трех *Voltage measurement* (вольтметр) для формирования управляющего сигнала, подаваемого на тиристор в соответствии с параметрами синусоид каждой из трех фаз (рис. 2).

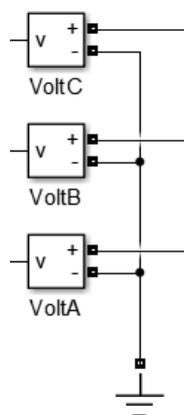


Рис. 2. Вольтметры

Signal builder (источник заданного сигнала) – задает условия управления (рис. 3).

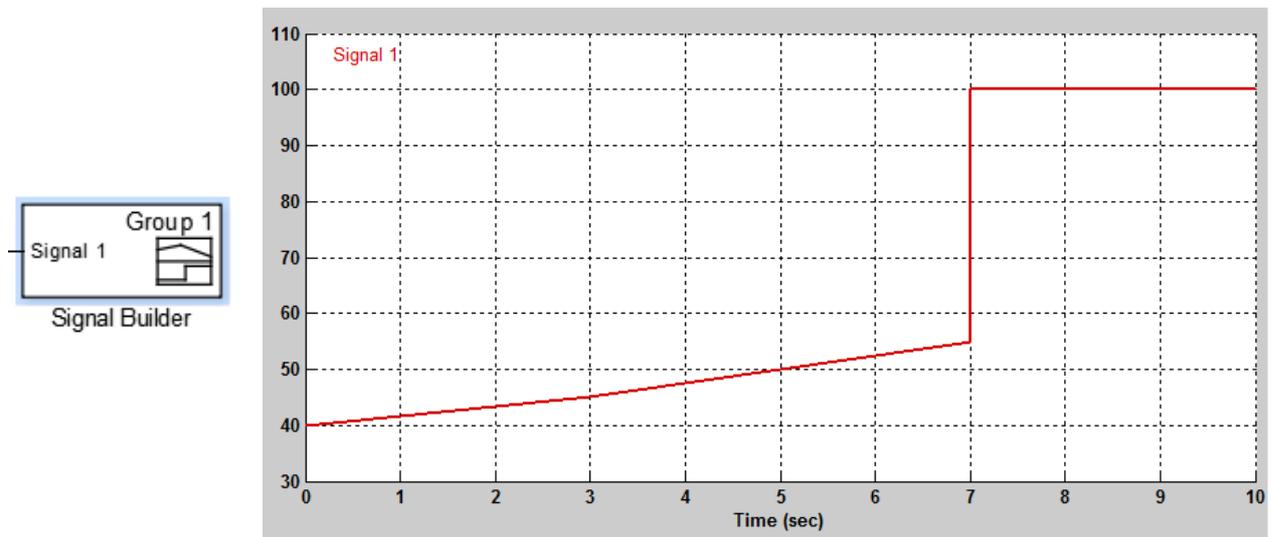


Рис. 3. Источник заданного сигнала и его сигнал

На графике отражено процентное отношение открытого и закрытого состояния транзистора. Пуск двигателя начинается с 40% – на 7-й с, когда пусковые процессы заканчиваются, двигатель выходит в номинальное напряжение. Настройка управления выведена искусственно опытным путем. После проведения многократных пусков при различных показателях времени пуска и пусковых токов выбран такой шаблон управления. Обоснованием для принятия решения послужил низкий пусковой ток (менее трехкратного), но при этом время пуска составляет 7, а нарастание тока занимает всего 5 с. Запуск двигателя в реальных условиях происходит вхолостую, и длительность пуска в разумных масштабах не важна.

2 Subsystem (подсистема) (рис. 4). Первая подсистема *UprThyr* включает в себя математическое описание управляющего сигнала на тиристор, выходным сигналом которого является двоичный сигнал «0» и «1». «1» – открывает тиристор «0» – закрывает. Вторая подсистема *Thyr* содержит по два, включенных встречно параллельно, тиристора на каждую фазу.

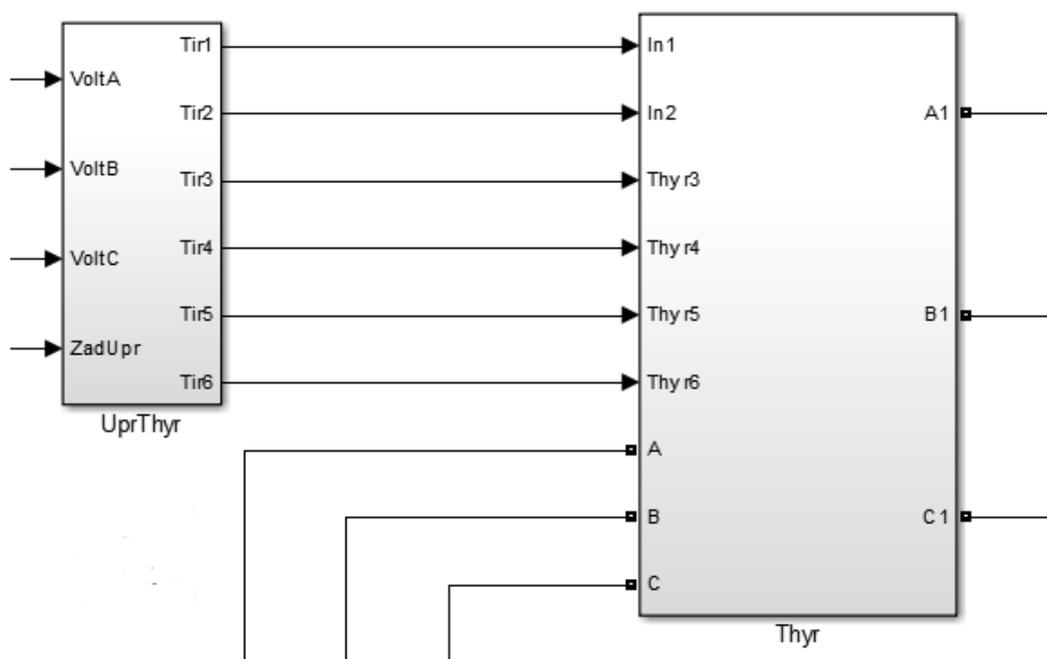


Рис. 4. Подсистемы *UprThyr* и *Thyr*

Three-phase breaker (трехфазный выключатель) и *Gain* (преобразователь сигнала) (рис. 5). Трехфазный выключатель, включаемый при достижении тиристорами полностью открытого состояния. Преобразователь сигнала необходим для получения читаемого сигнала на включение выключателя.

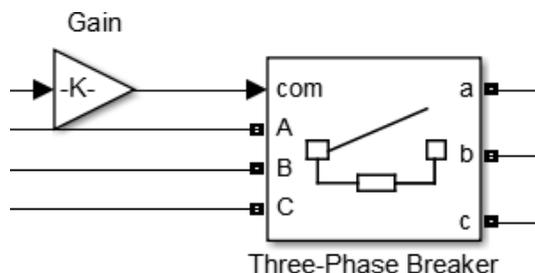


Рис. 5. Трехфазный выключатель

Asynchronous Machine SI Units (асинхронный двигатель с единицами измерения системы СИ), В настройках изменена *Rotor type* (тип ротора) на *Squirrel cage* (беличья клетка) и вписаны параметры двигателя $P_n=1e+6$; $V_n=6000$; $f_n=50$; указано количество пар полюсов $p = 2$, и система преобразования сигнала (*Bus selector – mix*), с помощью которого выведен показатель тока в обмотках статора (рис. 6).

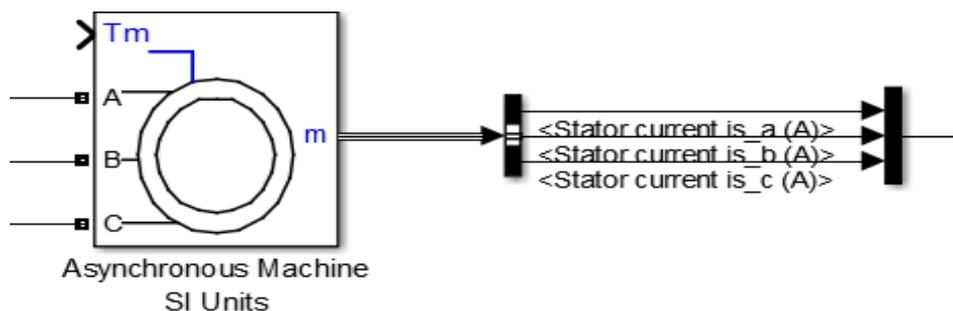


Рис. 6. Асинхронный двигатель

Вольтметры (*Voltage measurement*) для вывода напряжения на двигателе в процессе пуска. Показания Вольтметров и сигнала с двигателя снимаются и графически воспроизводятся блоком *Scope* (осциллограф). В *Simulink* для запуска такой схемы необходим блок *powergui* (рис. 7). С помощью этого блока система рассчитывает и анализирует проходящие процессы.

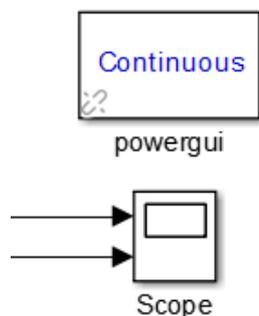


Рис. 7. Powergui и осциллограф

UprThyr из внешней системы получает четыре сигнала, три из которых – синусоида входного на тиристор напряжения, а четвертый – условия управления. На выходе из подсистемы получается 6 сигналов управления, каждый из сигналов соответствует своему тиристоры в подсистеме *Thyr*. Описание работы подсистемы *UprThyr* рассмотрим на примере

одной фазы А. Вольтметр описывает синусоиду фазы А. Блок Fcn и $Fcn1$ (рис. 8), осуществляют отбор положительной и отрицательной составляющей синусоиды.

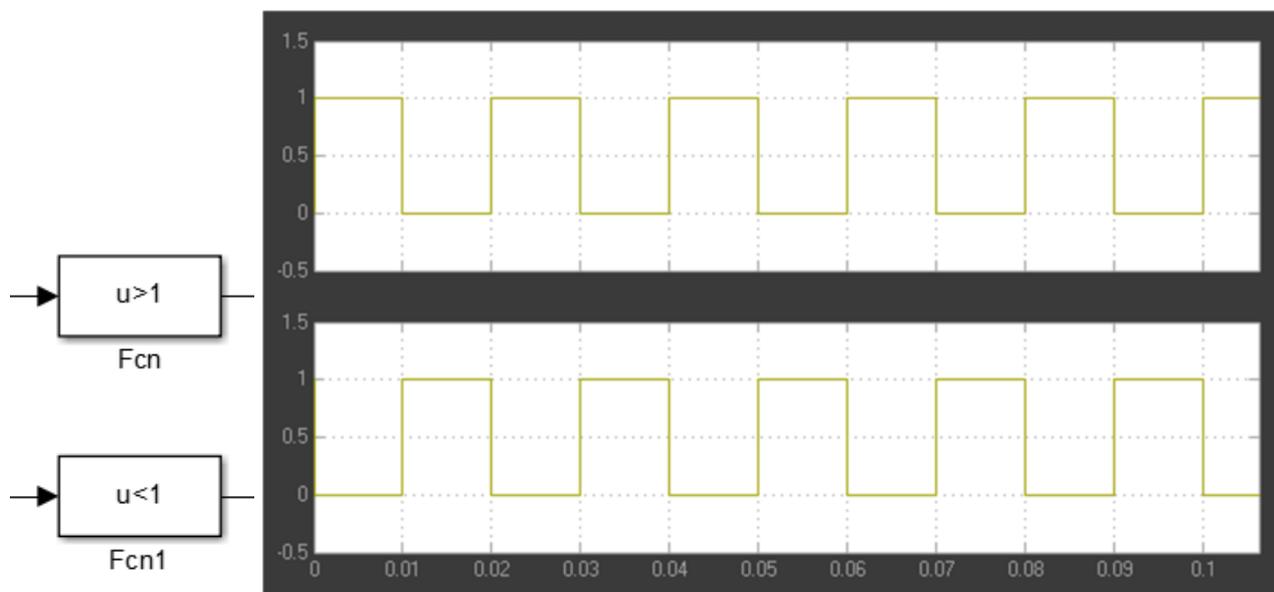


Рис. 8. Отбор положительной и отрицательной составляющей синусоиды

Дальше сигнал усиливается блоком $Gain$ и интегрируется блоком $Integrator\ limited$, для получения пилообразного сигнала (рис. 9). Затем сигнал опять усиливается для удобства управления.

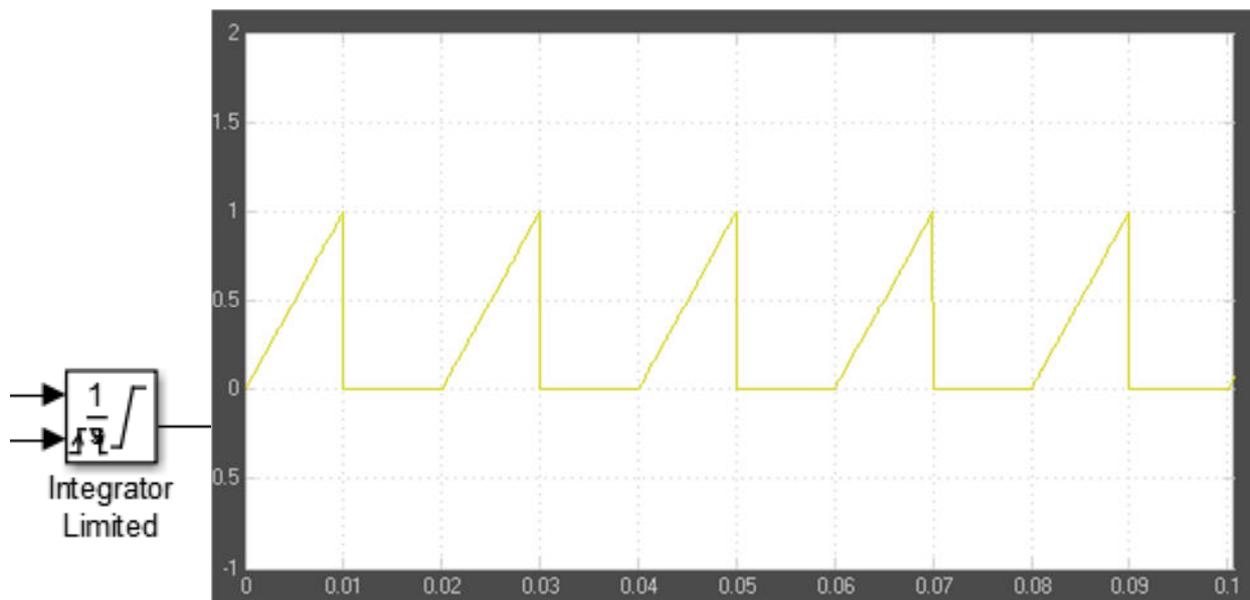


Рис. 9. Пилообразный сигнал

Затем из $Constant=100$ с помощью блока Sum (сумматор) вычитается условие управления. А уже это значение вычитается из управляющего сигнала. Благодаря тому, что сигнал пилообразный, при вычитании условия получается не только положительная, но и отрицательная часть, которая позже будет переработана в нулевой сигнал.

Далее с помощью блока $Saturation$ (обрезание) (рис. 10) срезан усиленный сигнал и получена только управляющая часть, которая имеет положительные и отрицательные значения.

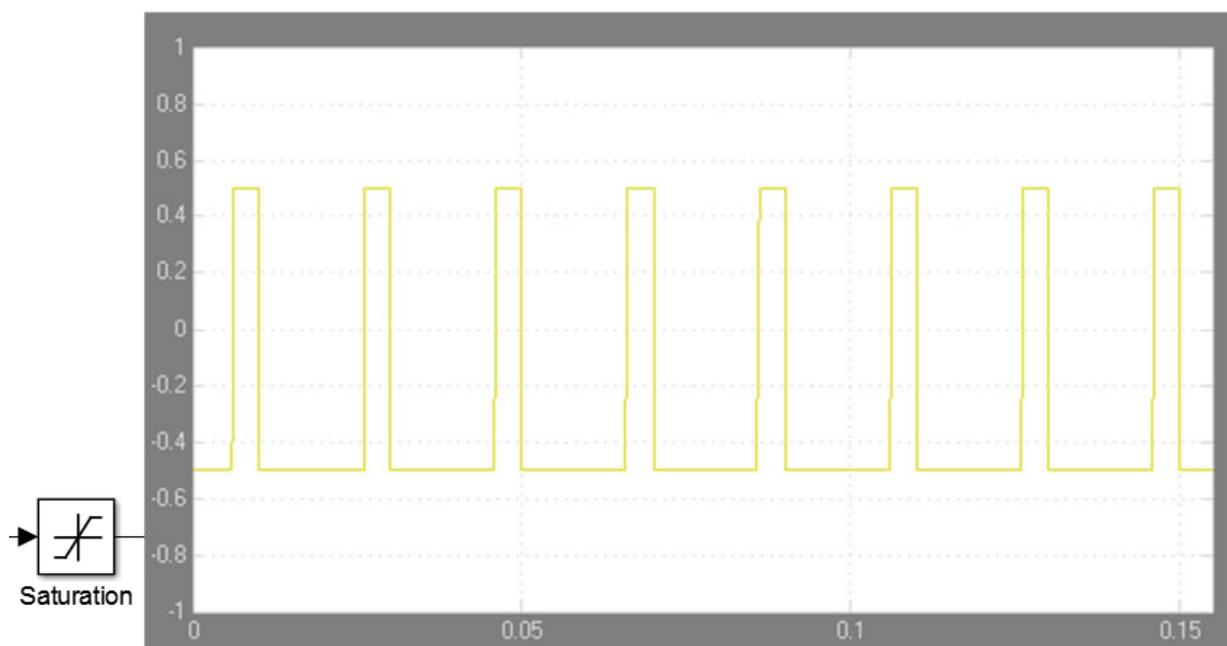


Рис. 10. Подрезанный сигнал

Для управления тиристором необходимы «0» и «1», поэтому из библиотеки выбран блок *Switch* (рис. 11), который при положительном значении даст «1», а при отрицательном «0».

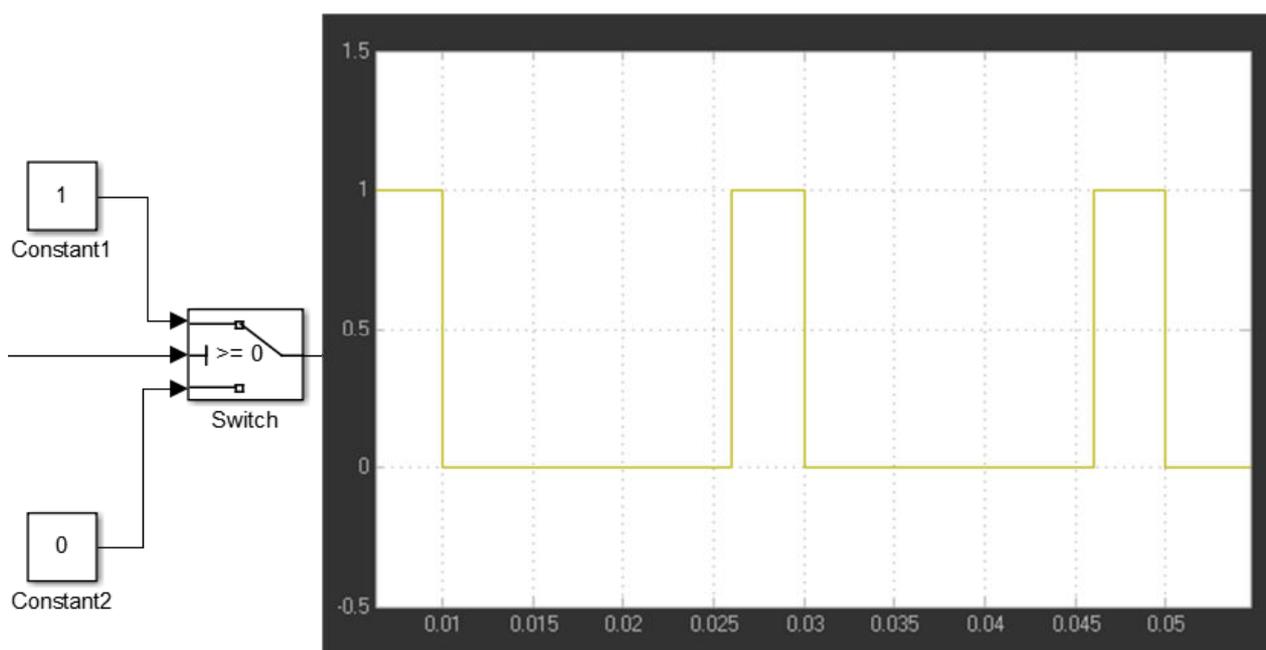


Рис. 11. Управляющий сигнал

Вывод. В работе показано, как правильно выбирать программные средства, необходимые для исследования динамики устройства плавного пуска и высоковольтного взрывозащищенного электродвигателя. Показаны проверка работы и настройка отдельных модулей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко Н.О. Электроснабжение участка гидрозакладки // Молодежная наука в развитии регионов. – Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Березники, 2020. С. 123–124.

2. Назаренко Н.О., Беккер В.Ф. Исследование переходных процессов тиристорного пуска асинхронного электродвигателя // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2021. (в настоящем сборнике).

Поступила 15.03.2021

УДК 621.313.3

Н.О. Назаренко, В.Ф. Беккер

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ТИРИСТОРНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Приведены результаты исследования на модели в пакете SimPowerSystems динамики устройства плавного пуска и высоковольтного взрывозащищенного электродвигателя. Проведены проверка работы и настройка отдельных модулей.

Для сравнения разницы пусковых токов при прямом и тиристорном пуске построена модель в инструменте моделирования динамических систем *Matlab*, а именно в подсистеме *Simulink*, который позволяет строить модели в широком диапазоне различных настроек из уже готовых блоков. В данную модель входят устройства плавного пуска высоковольтных двигателей типа ПАД-В и высоковольтный взрывозащищенный электродвигатель типа 1BAO-560LB-4У 2,5.

Модель включает источник питания, группу из трех вольтметров *Voltage measurement*, источник заданного сигнала *Signal builder*, а именно три блока источников переменного напряжения AC *Voltage Source* и блока заземления *Ground* ().

Первая подсистема *UprThyr* включает в себя математическое описание управляющего сигнала на тиристор, вторая подсистема *Thyr* содержит по два включенных встречно параллельно тиристора на каждую фазу, а также трехфазный выключатель *Three-phase breaker*, трехфазный преобразователь сигнала *Gain* и асинхронный двигатель *Asynchronous Machine SI Units* [1].

По такому принципу работает управление тиристором №1, управление тиристором №2, включенным встречно параллельно, осуществляется подобным образом, но отбор идет не по положительной ветви синусоиды напряжения, а по отрицательной.

Подсистема *Thyr* содержит блоки *Thyristor*, включенные встречно-параллельно (рис. 1).

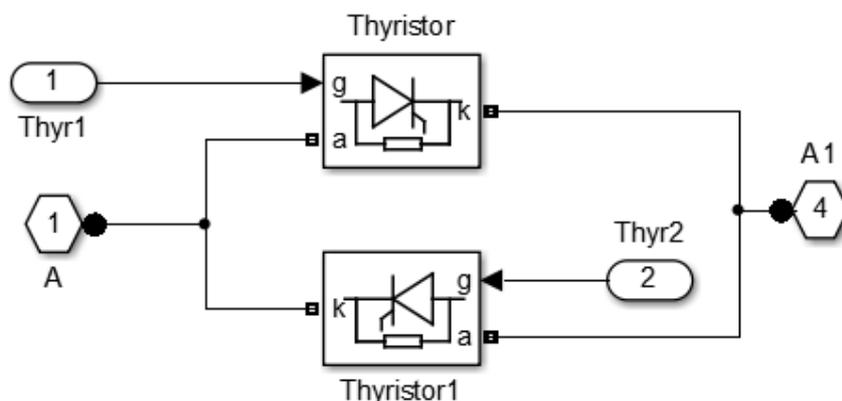


Рис. 1. Встречно-параллельно включенные тиристоры

По каналу *Thy1* приходит сигнал на управление тиристором, по каналу *A* приходит напряжение с фазы «А» по каналу *A1* выходит напряжение, измененное тиристором. С другими тиристорами – по аналогии. На тиристоре *a* – это анод, *k* – катод, *g* – управляющий контакт. Круглые каналы – каналы связи и управления, шестигранные силовые каналы.

На рис. 2 приведен график зависимости тока трех фаз на статоре и напряжения трех фаз от времени. На верхнем графике ток плавно нарастает во времени до 4,5 с. Он приходит к установившемуся состоянию на 5,5 с.

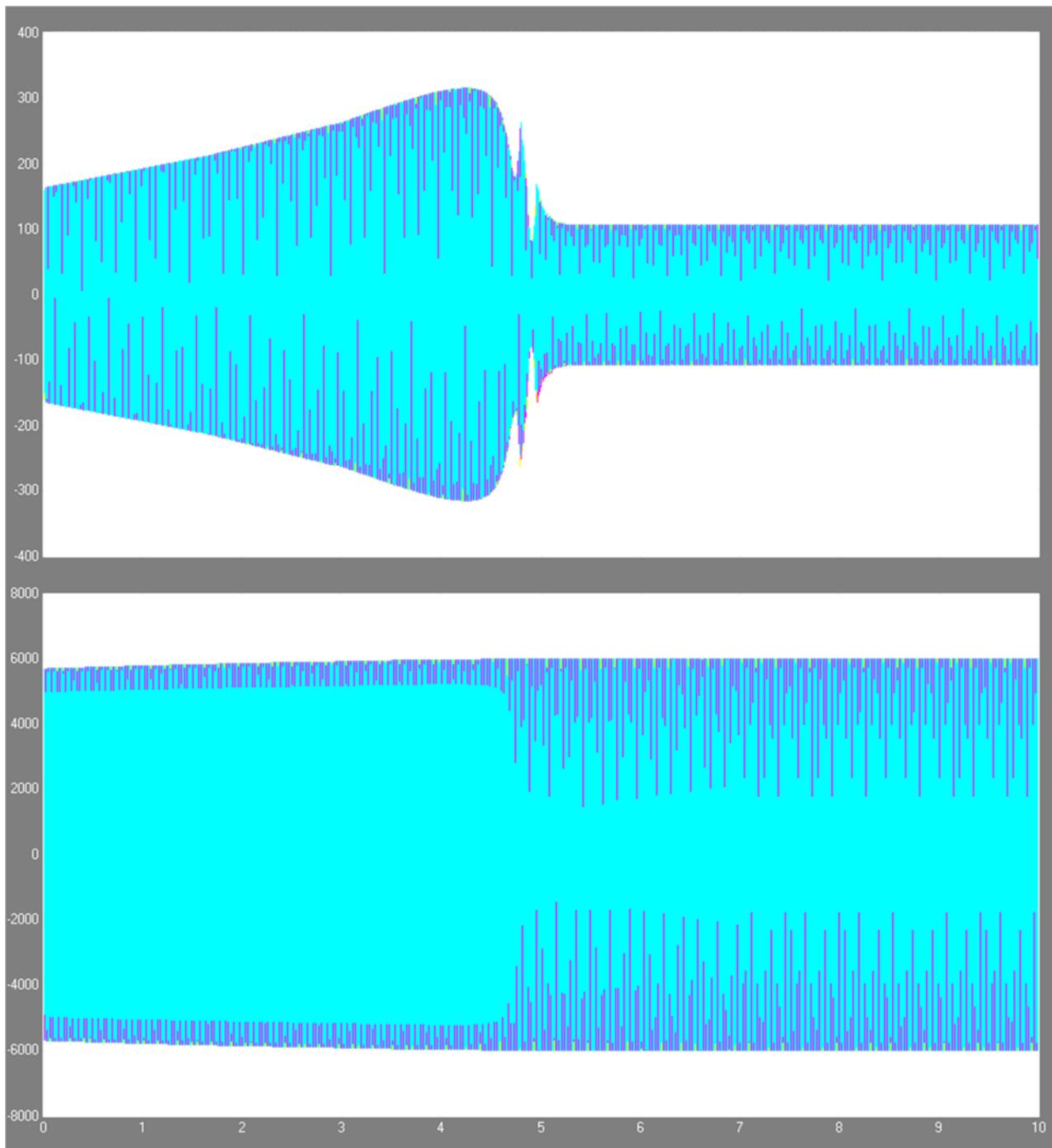


Рис. 2. Графики зависимости тока (верхний) и напряжения (нижний) от времени

Для более детального изучения процесса масштаб времени увеличен до 0,1 с. Полученный график представлен на рис. 3. Видно, что вершины синусоид срезаны вследствие запоздалого открытия ключа (тиристора). Кроме того, заметно уменьшена

синусоида тока. При детальном рассмотрении графика видно, что максимальный ток составил 313 А на 4,4 с. На установившийся режим работы двигатель вышел на 5,4 с.

На рис. 4 замечаем, что ток, набрав свое максимальное значение, резко снижается и даже падает ниже номинального, а затем выравнивается.

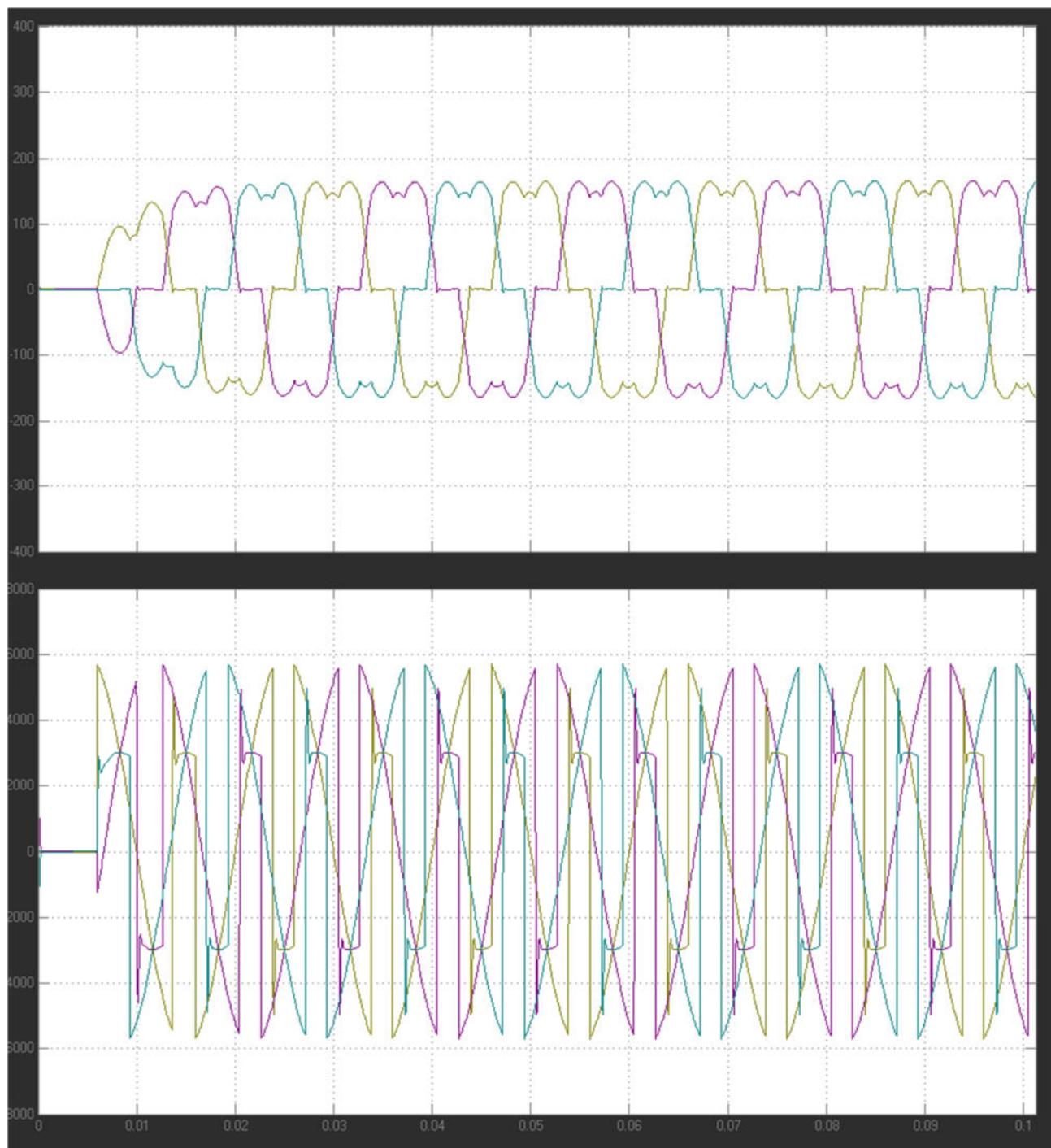


Рис. 3. Детальное рассмотрение зависимостей тока и напряжения от времени

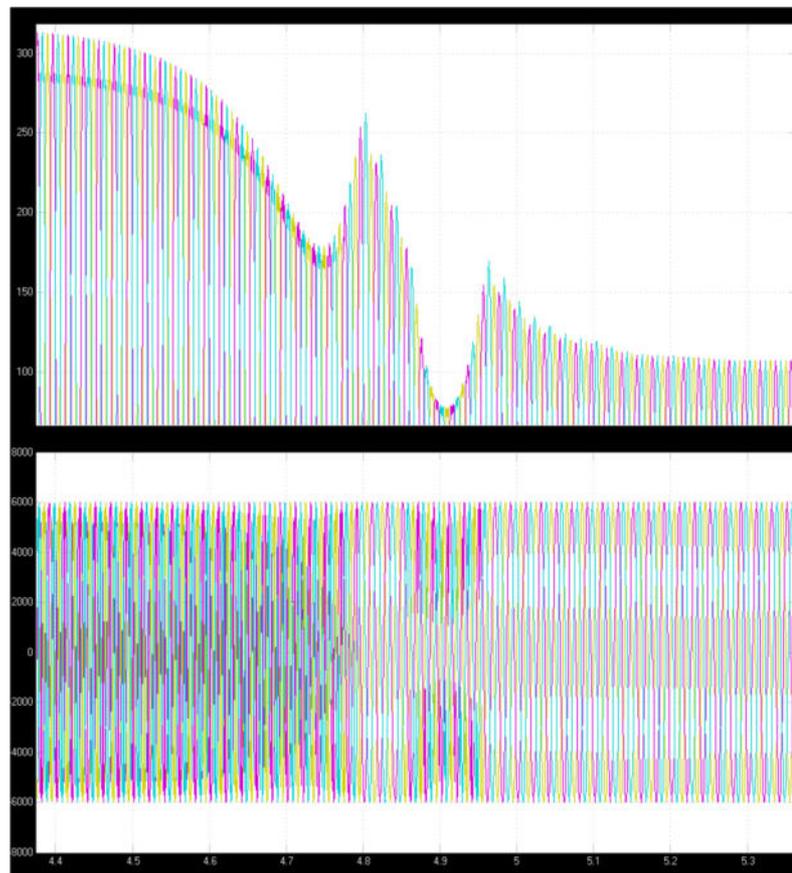


Рис. 4. Пиковое значение тока

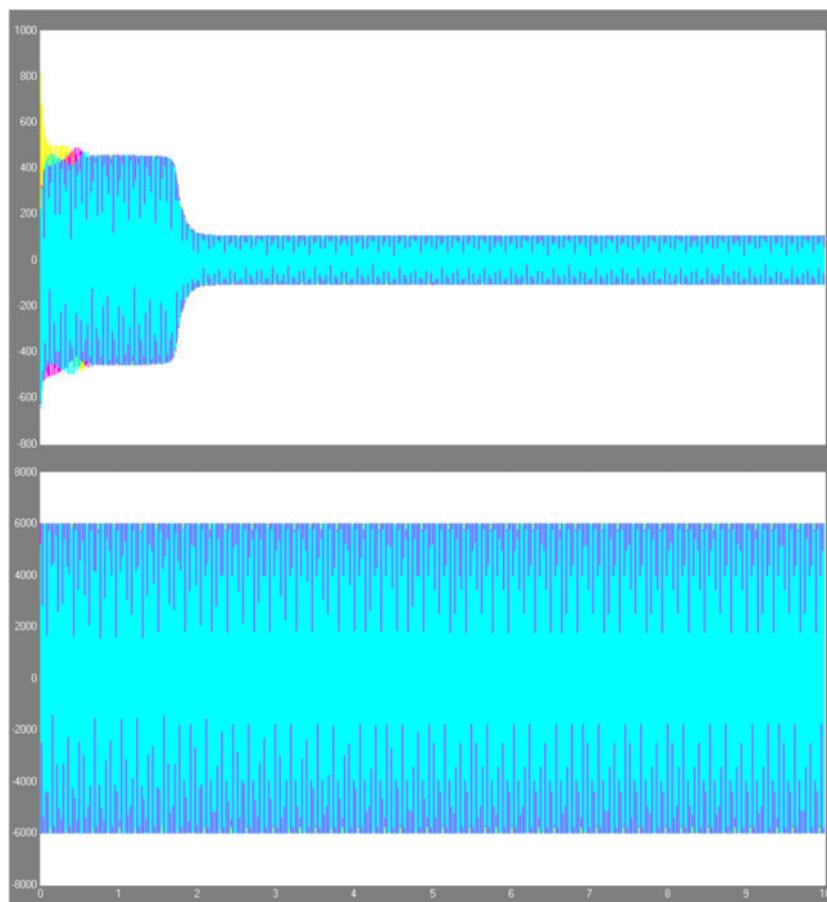


Рис. 5. Прямой пуск электродвигателя

Для сравнения с номинальным пуском без тиристора запустим систему с полностью открытым тиристором. Для этого установим блок *Constant* и зададим значение 100, т.е. тиристор открыт постоянно. Полученный график пуска приведен на рис. 6.

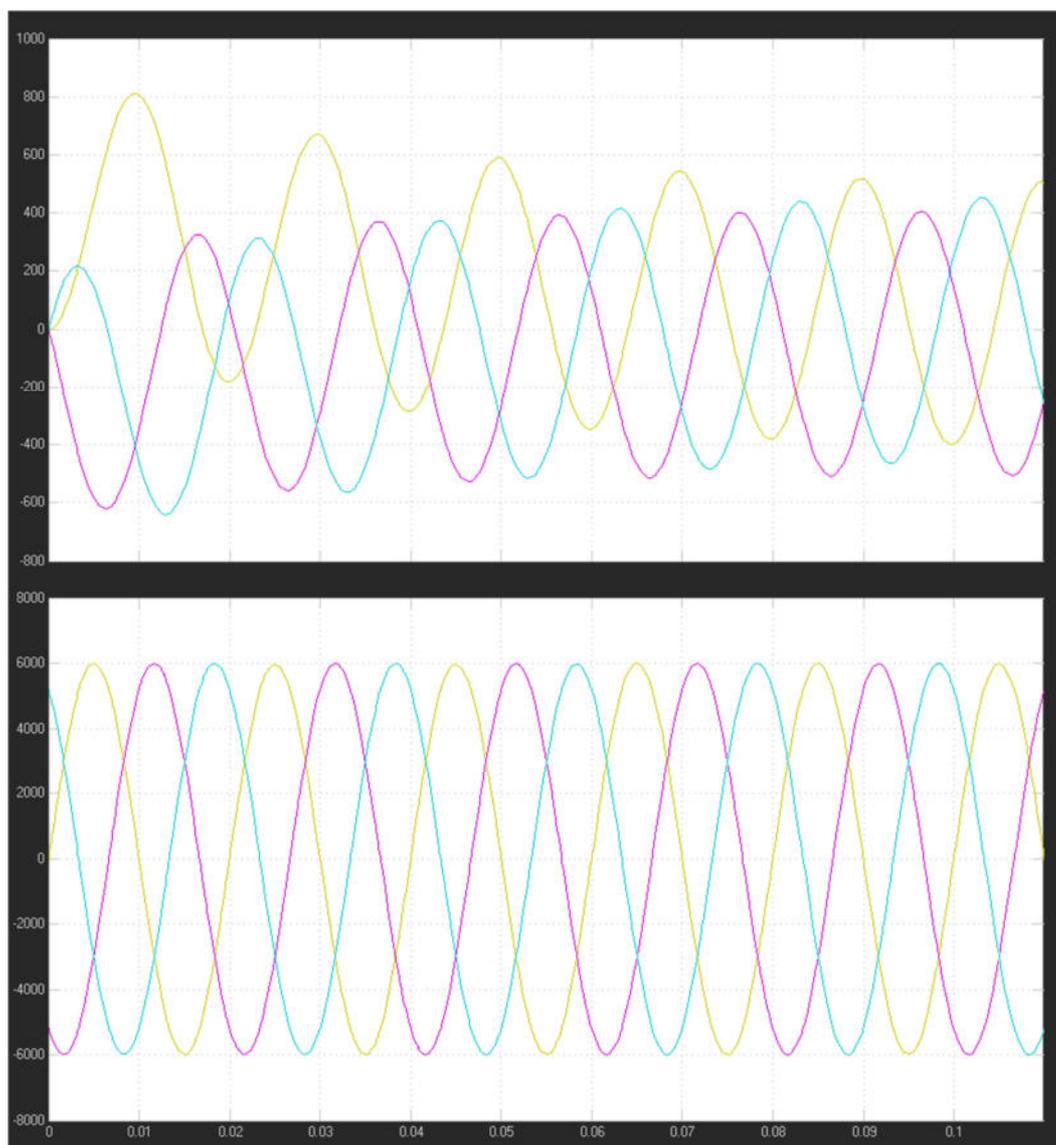


Рис. 6. Детальное исследование зависимостей тока и напряжения от времени при прямом пуске электродвигателя

Выводы. В данной работе приведены результаты исследования динамики на модели устройства плавного пуска и высоковольтного взрывозащищенного электродвигателя. Показаны проверка работы и настройка отдельных модулей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко Н.О. Электроснабжение участка гидрозакладки // Молодежная наука в развитии регионов. – Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Березники, 2021. С. 123–124.
2. Назаренко Н.О., Беккер В.Ф. Моделирование динамических режимов тиристорного пуска асинхронного электродвигателя // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2021. (в настоящем сборнике).

Поступила 15.03.2021

К.Е. Прилепский, В.Ф. Беккер

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДЕАЭРАЦИИ ВОДЫ В ДЕАЭРАТОРЕ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Даны формулировка задачи оптимального управления процессом деаэрации, выбор метода и решение в ходе вычислительного эксперимента на математической модели кинетики процессов химического превращения в рабочем объеме аппарата.

На основе предварительного обстоятельного изучения процесса термической атмосферной деаэрации в качестве объекта управления и его аппаратурной реализации [1, 2, 3, 4], появилась задача оптимального управления технологическим процессом деаэрации воды в деаэраторе повышенного давления ДП-225/65.

Необходимые условия для определения критерия оптимальности [5]:

- имеет обобщенную количественную оценку;
- является единственным показателем;
- является самым важным параметром;
- понятен и легко рассчитываем.

Все эти условия позволяют сравнить все состояния объекта между собой.

В случае с процессом деаэрации воды на ТЭЦ оптимизация деаэратора позволит найти наилучшие показатели входных характеристик (химически очищенная вода, пар, выпар, конденсат), регулируя которые, производство получит выход итогового продукта максимального качества (деаэрированная вода), таким образом мы будем иметь оптимальное управление.

Оптимальным управлением будет являться такое управление, которое позволяет достигать цель максимального или минимального значения показателя качества продукта. В ходе деаэрации воды, основным аппаратом, осуществляющим это, является деаэратор, где происходит процесс термического разложения инертных газов, таких как кислород и диоксид углерода поступающих из химически очищенной воды и конденсата.

Главным итогом оптимизации деаэрации воды должна быть минимальная концентрация кислорода на выходе деаэрированной воды из бака. Таким образом, критерий оптимальности деаэрации принимает следующий вид отношения: концентрация кислорода на выходе стремится к нулю

$$C_{O_2} \xrightarrow{\min} 0 \text{ и } C_{CO_2} \xrightarrow{\min} 0.$$

При наличии других инертных газов, их отслеживание не является обязательным, при растворении кислорода они практически сводятся к нулю.

$$f = f(C_{O_2}) \rightarrow \min$$

$$f = f(C_{CO_2}) \rightarrow \min$$

$$430,15K < T < 432,15K$$

$$0 \text{ мг / кг} < C_{O_2} < 20 \text{ мг / кг}$$

$$9310,6 \text{ м}^3 / \text{ч} < Q_{Г.П} < 9320,6 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$13912,34774 \text{ м}^3 / \text{ч} < Q_{Г.П.Б} < 13923,4774 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$524,41562 \text{ м}^3 / \text{ч} < Q_{Х.О.В} < 548,1562 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

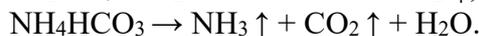
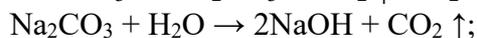
$$150,04026 \text{ м}^3 / \text{с} < Q_K < 158,04026 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (1)$$

$$2,75 \text{ м} < H_D < 2,81 \text{ м}$$

$$0,55 \text{ МПа} < H_D < 0,65 \text{ МПа}$$

Сформулирована задача оптимального управления деаэрационной установкой (1) при заданных условиях протекания процесса, включая концентрацию кислорода на выходе, а именно: в указанных пределах изменения параметров процесса следует найти значения регулируемых параметров, обеспечивающих минимальное значение технологических критериев C_{O_2} , C_{CO_2} .

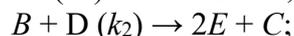
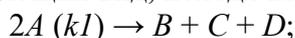
Процесс деаэрации происходит по трем реакциями:



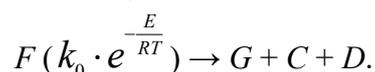
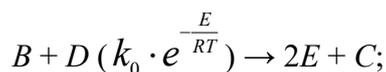
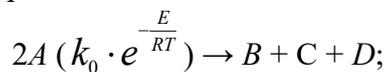
Введем для них буквенное обозначение веществ, участвующих в реакциях:



Теперь реакция примет следующий вид, исходя из буквенного обозначения:



Для начала процесса реакции разложения одних частиц на другие, молекулам необходимо преодолеть энергию активации для заданной химической реакции при определенной температуре. Таким образом, k_{1-3} отвечают за скорость химической реакции. Для того чтобы вывести зависимость температуры и энергии, воспользуемся уравнением Аррениуса. Таким образом изменяемая температура в баке деаэратора будет влиять на качество и скорость химической реакции.



где: k_{1-3} – константа скорости химической реакции;

k_0 – предэкспоненциальный множитель c^{-1} ;

E – энергия активации Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная Дж/(моль · К);

T – температура К.

Уравнение материального баланса по каждому компоненту:

$$\frac{dc_A}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{A0} - c_A) - R_a;$$

$$\frac{dc_B}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{B0} - c_B) - R_b;$$

$$\frac{dc_C}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{C0} - c_C) - R_c;$$

$$\frac{dc_D}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{D0} - c_D) - R_d;$$

$$\frac{dc_E}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{E0} - c_E) - R_e;$$

$$\frac{dc_F}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{F0} - c_F) - R_f;$$

$$\frac{dc_G}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot (c_{G0} - c_G) - R_g.$$

Распишем процесс реакции для уравнений:

$$Ra = -2 \cdot k_1 \cdot A^2;$$

$$Rb = +k_1 \cdot A^2 - k_2 \cdot B \cdot D;$$

$$Rc = +k_1 \cdot A^2 + k_2 \cdot B \cdot D + k_3 \cdot F;$$

$$Rd = +k_1 \cdot A^2 - k_2 \cdot B \cdot D + k_3 \cdot F;$$

$$Re = +2 \cdot k_2 \cdot B \cdot D;$$

$$Rf = -k_3 \cdot F;$$

$$Rg = +k_3 \cdot F.$$

Реализуем полученную модель в программном обеспечении Mathcad (рис. 2).

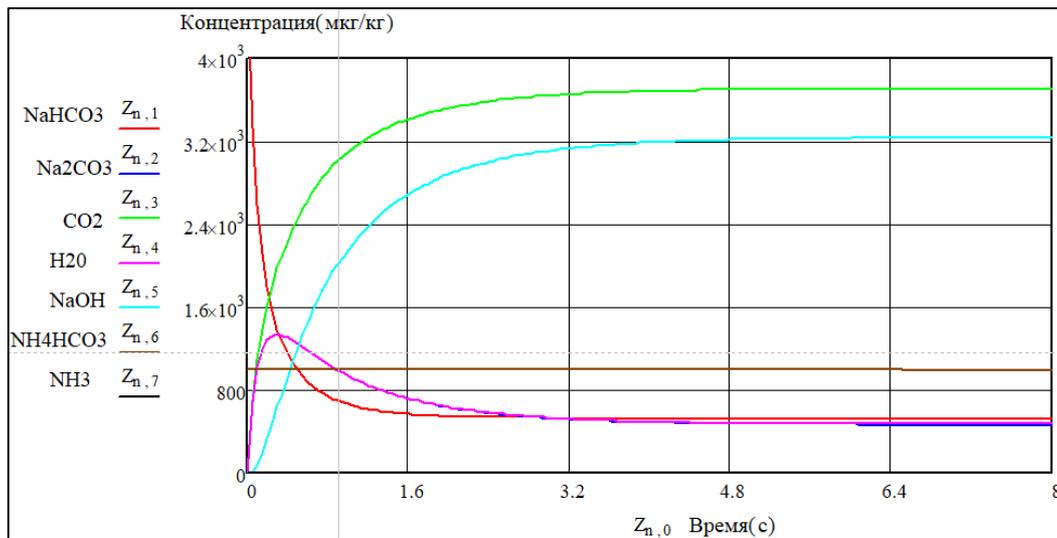


Рис. 1. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония при температуре $T = 431,15K$

На рис. 1 изображено:

- $Z_{n,1}$ (красный) – концентрация по гидрокарбонату натрия ($NaHCO_3$), изменяемая от времени;
- $Z_{n,2}$ (синий) – концентрация по карбонату натрия (Na_2CO_3), изменяемая от времени;
- $Z_{n,3}$ (зеленый) – концентрация по диоксиду углерода (CO_2), изменяемая по времени;
- $Z_{n,4}$ (фиолетовый) – концентрация по воде (H_2O), изменяемая от времени;
- $Z_{n,5}$ (голубой) – концентрация по гидроксиду натрия ($NaOH$), изменяемая от времени;

- $Z_{n,6}$ (коричневый) – концентрация по гидрокарбоната аммония (NH_4HCO_3), изменяемая от времени;
- $Z_{n,7}$ (черный) – концентрация аммиака (NH_3), изменяемая от времени.

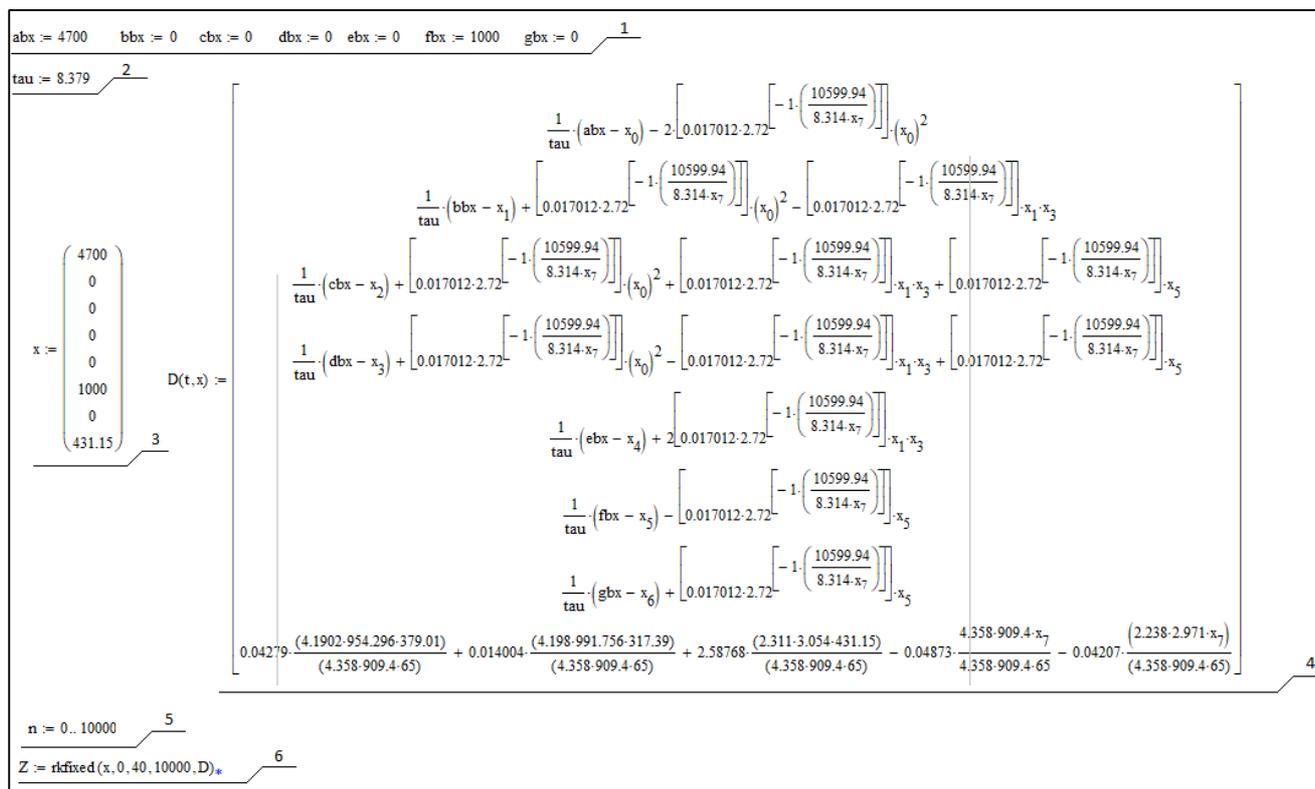


Рис. 2. Модель деаэрации в MathCAD:

- 1 – концентрация компонентов на выходе (конечная) мг/кг; 2 – время разложения с;
- 3 – концентрация компонентов на входе (изначальная) мг/кг и температуры К;
- 4 – уравнения разложения и образования компонентов, плюс тепловой баланс;
- 5 – количество точек; 6 – метод решения

По полученному графику модели (см. рис. 1), можно сделать следующие выводы: поступающие компоненты с водой, а именно гидрокарбонат натрия и гидрокарбонат аммония, со временем начинают изменять концентрацию в сторону уменьшения, в то время как в процессе разложения их на компоненты карбоната натрия, диоксида углерода, воды, гидроксида натрия и аммиака, изменяется их начальная (нулевая) концентрация в сторону увеличения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прилепский К.Е., Симанова Н.А. Проблемы кибернетики и искусственного интеллекта в современной деятельности / Молодежная наука в развитии регионов, Березники, 25 апреля 2018 г / Березник. филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь. С. 278–281.
2. Прилепский К.Е. Вакуумно-термическая деаэрация воды в котельных / Решение: материалы Седьмой всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 19 октября 2018 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 366–367.
3. Прилепский К.Е. Процесс автоматизации атмосферно-термической деаэрации воды в котельной / Молодежная наука в развитии регионов (г. Березники, 29 апреля 2020 г.) / Березник. филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь. С. 158–162.

4. Прилепский К.Е. Обоснование параметров регулирования деаэрата / Решение: материалы Девятой всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 17 октября 2020 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 211–213.

5. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии: учеб. пособие для вузов. М.: Химия, 1975. 564 с.

6. Прилепский К.Е., Беккер В.Ф. Исследование на математической модели ресурсов оптимизации деаэрата повышенного давления / Молодежная наука в развитии регионов, Березники, 28 апреля 2021 г. (в настоящем сборнике).

7. ДА-200М/50 и ДА-300М/75 // Теплокомплект. URL: https://teplocomplekt.ru/da200m-50_da300m-75 (дата обращения: 30.07.2020).

Поступила 15.03.2021

УДК 66-5(628.168.3)

К.Е. Прилепский, В.Ф. Беккер

ИССЛЕДОВАНИЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕСУРСОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕАЭРАТОРА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

На математической модели процесса деаэрации в результате вычислительного эксперимента определена рабочая область эффективной работы оборудования.

По полученному графику модели [1] можно сделать следующие выводы: поступающие компоненты с водой, а именно гидрокарбонат натрия и гидрокарбонат аммония, со временем начинают изменять концентрацию в сторону уменьшения, в то время, как в процессе разложения их на компоненты карбоната натрия, диоксида углерода, воды, гидроксида натрия и аммиака, изменяется их начальная (нулевая) концентрация в сторону увеличения.

На модели процесса, представленной в работе [1], проведем ряд вычислительных экспериментов с целью изучения работы деаэрата при различных материальных и энергетических нагрузках (рис. 1–7).

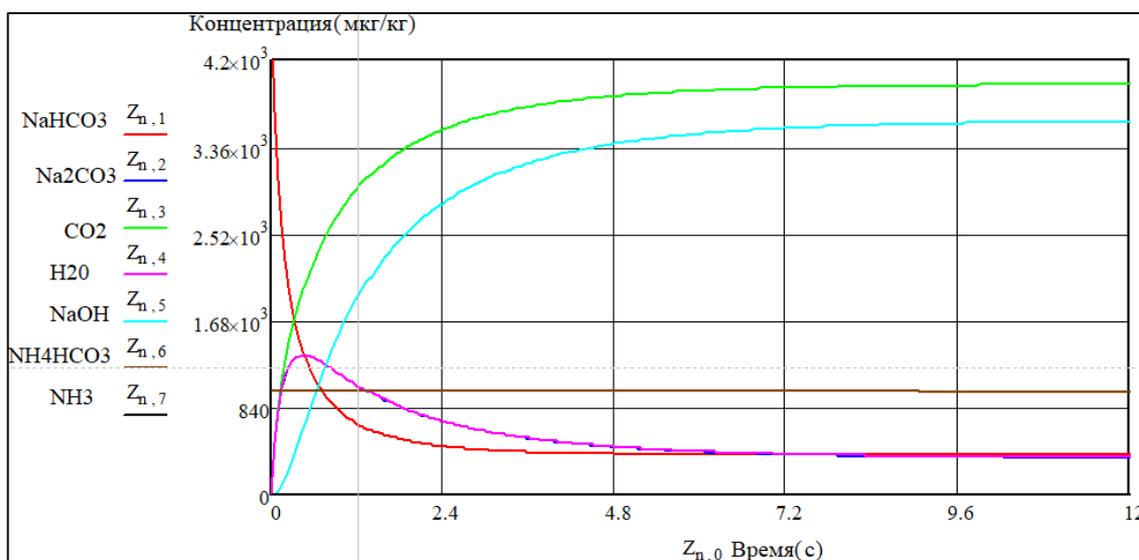


Рис. 1. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №1

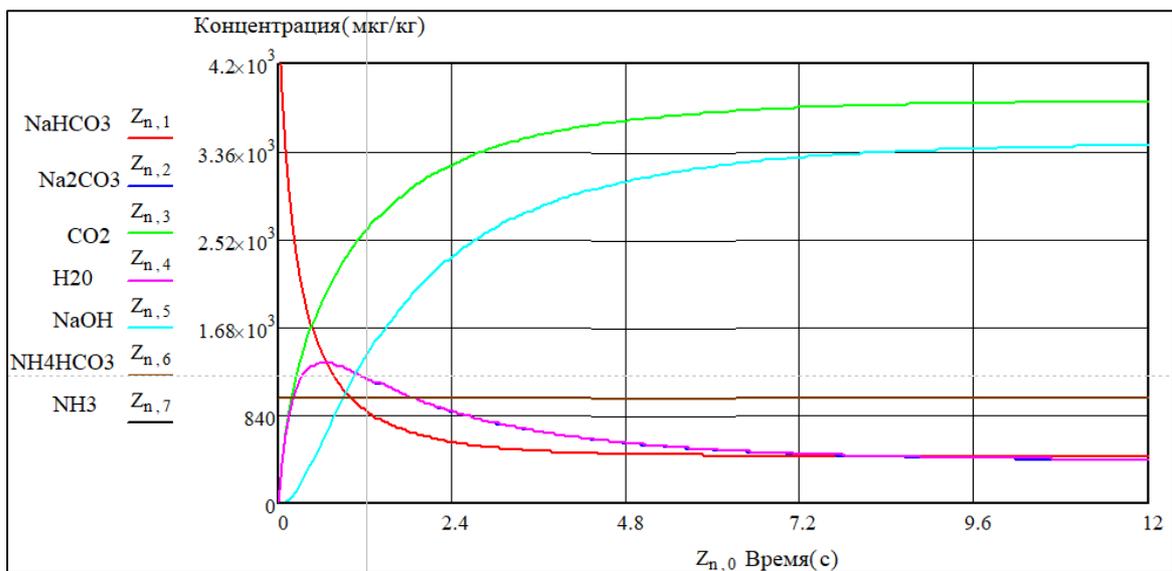


Рис. 2. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №2

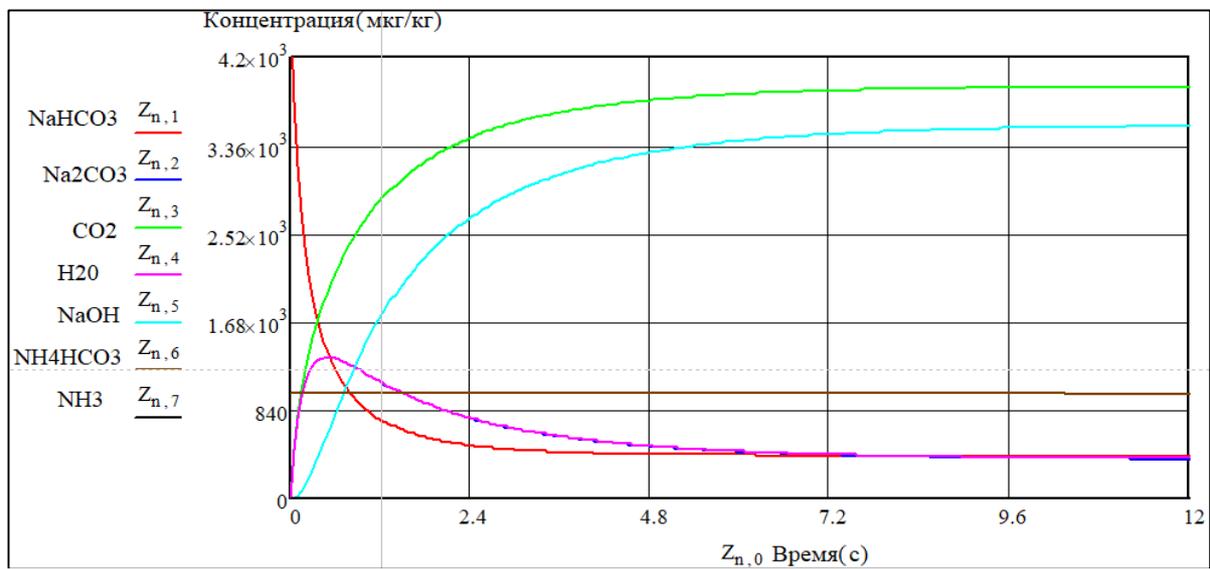


Рис. 3. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №3

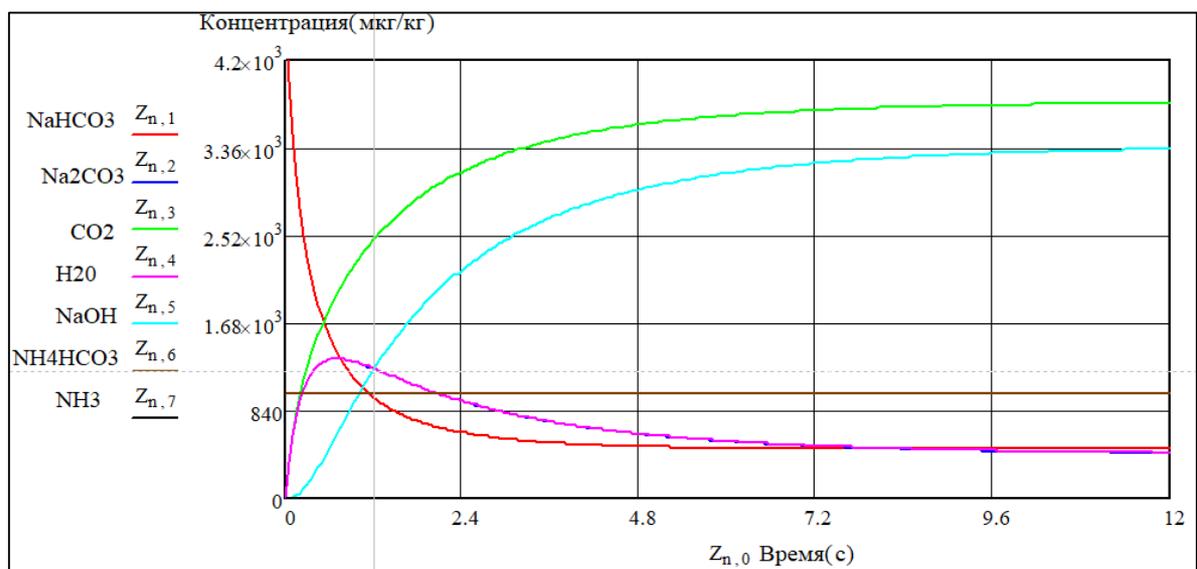


Рис. 4. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №4

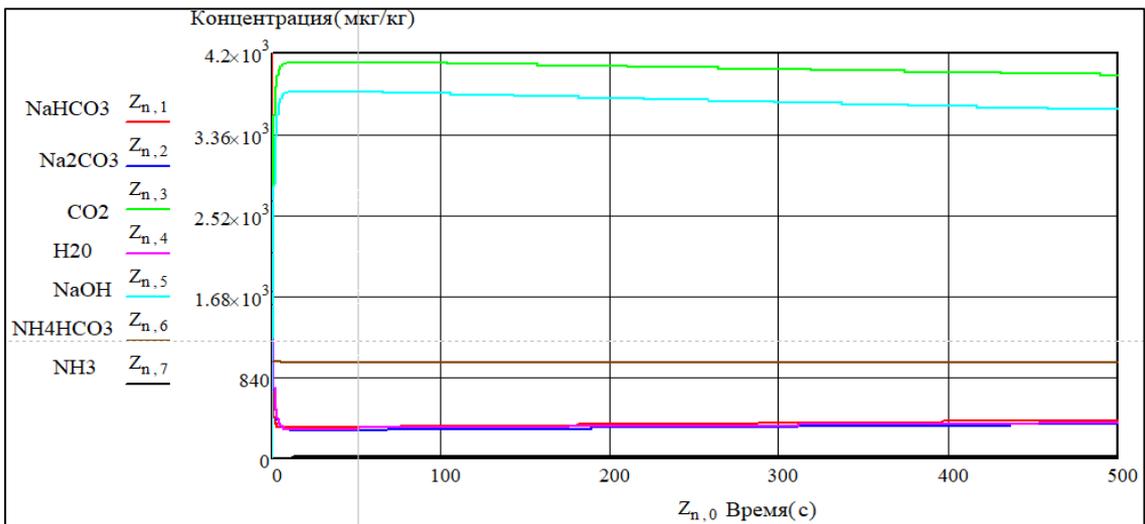


Рис. 5. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №5

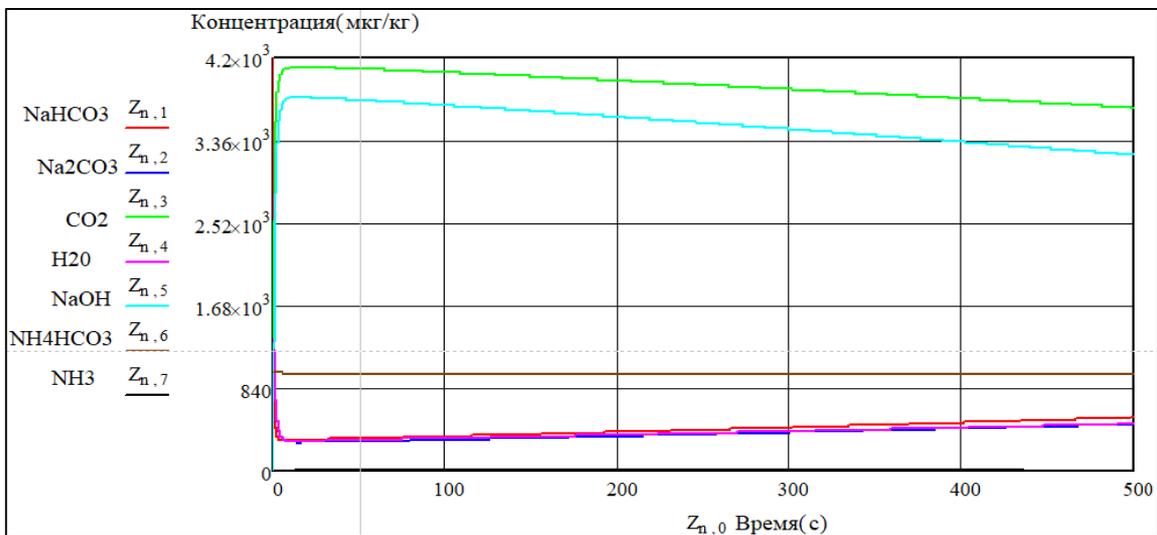


Рис. 6. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №6

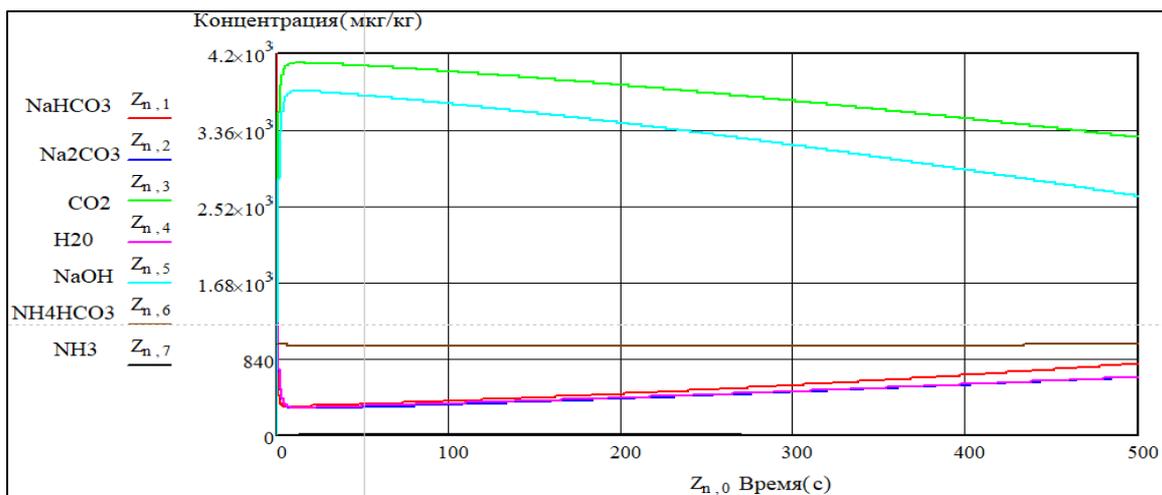


Рис. 7. Разложение гидрокарбоната натрия и гидрокарбоната аммония опыт №7

Запишем результаты проведенных опытов в таблицу. При этом напрямую выявить кислород невозможно, но известно, что концентрация диоксида углерода связана с кислородом. Таким образом, чем больше образуется и удаляется диоксида углерода, тем меньше концентрация кислорода в воде.

Концентрация компонентов при различных температуре и расходе
Концентрация компонента (мг/кг)

№	NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	CO ₂	H ₂ O	NaOH	NH ₄ HCO ₃	NH ₃	Расход деаэрир. воды, м ³ /ч	Температура деаэрир. воды, К	Скорость реакции, с ⁻¹
Опыты на изменение температуры										
1	0.6976	0.5847	3.499	0.588	2.833	0.9959	0.0041	247.4	377.35	5.787·10 ⁻⁴
2	0.7682	0.6312	3.323	0.634	2.669	0.9967	0.0032	247.4	343.15	4.132·10 ⁻⁴
3	0.7211	0.6006	3.442	0.604	2.778	0.9962	0.0038	247.4	365.13	5.168·10 ⁻⁴
4	0.7917	0.6462	3.262	0.649	2.616	0.9969	0.0031	247.4	333.15	3.696·10 ⁻⁴
Опыт на изменение расхода деаэрированной воды из бака										
5	0.6572	0.5568	3.689	0.561	2.929	0.9953	0.0047	274.9	431.15	8.825·10 ⁻⁴
6	0.7665	0.6296	3.673	0.632	2.674	0.9966	0.0037	329.8	431.15	8.825·10 ⁻⁴
7	1.072	0.7983	3.641	0.799	2.032	0.9984	0.0016	439.8	431.15	8.825·10 ⁻⁴
Основные параметры										
8	0.6108	0.5239	3.697	0.529	3.041	0.9945	0.0054	247.4	431.15	8.825·10 ⁻⁴

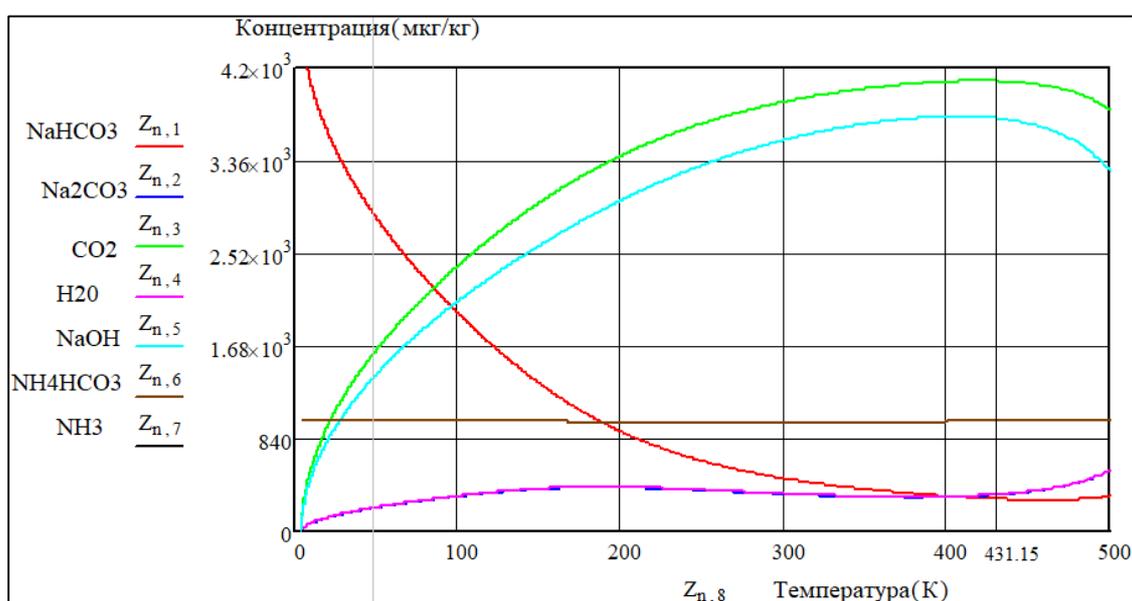


Рис. 8. Изменение концентрация в зависимости от температуры процесса

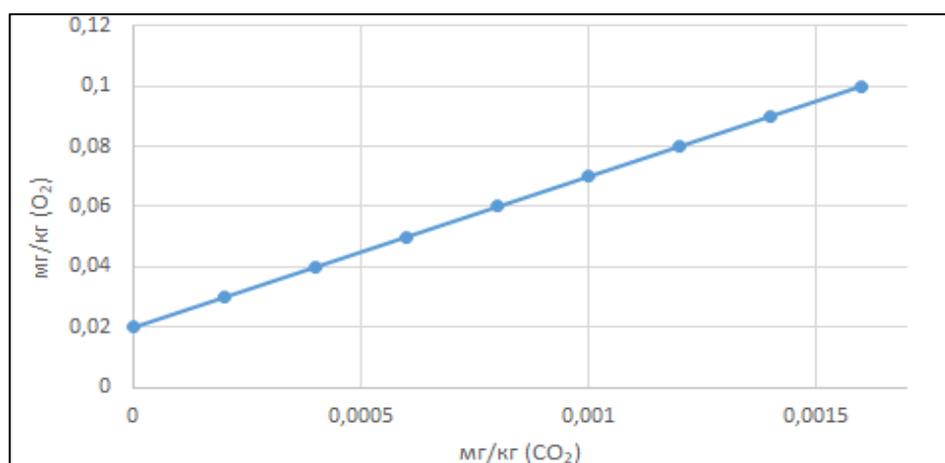


Рис. 9. Соотношение концентрации диоксида углерода и кислорода

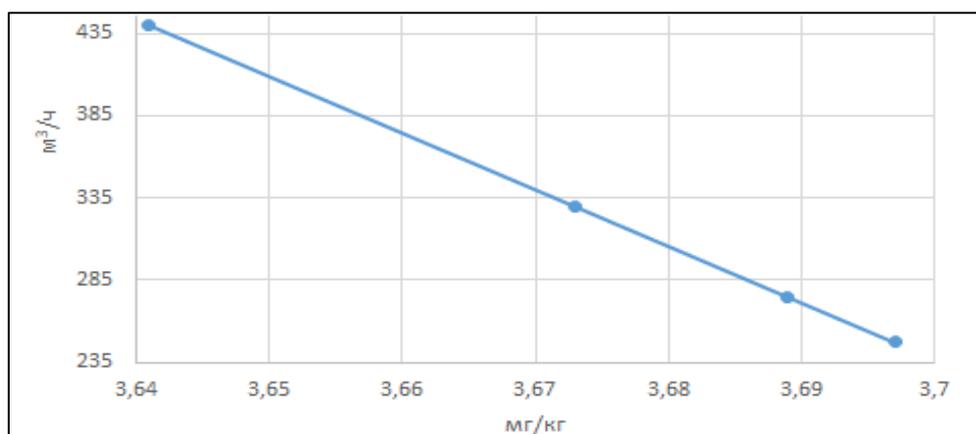


Рис. 10. Связь концентрации с изменением расхода

Из полученных графиков (см. рис. 1–10) и таблицы можно сделать следующие выводы: самое наилучшее растворение кислорода зависит от температуры реакции, равной $T = 431,15 \text{ K}$, при которой скорость реакции составляет $k_{1-3} = 8,825 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, расход воды в объеме $Q_{д.в} = 247,41588 \text{ м}^3/\text{ч}$, а концентрация выведенного диоксида углерода равной $Z_{n,3} = 3,697 \text{ мг/кг}$.

При понижении температуры ниже указанной нормы замечается замедление реакции деаэрации воды, т.е. процесс разложения не успевает пройти в полную силу, в итоге на выходе получается готовый продукт с содержанием параметра диоксида углерода выше заданной нормы, так же, как и повышение, приведет к этому результату.

Повышение расхода воды на деаэрацию или вывод приводит к большому количеству входных исходных компонентов, которые не успевают разложиться при заданной температуре, и выходная концентрация кислорода в готовом продукте будет превышать заданные нормы.

Таким образом, чтобы получить необходимое оптимальное условие, а именно максимальное значение разложения: к минимальному соотношению диоксида углерода к кислороду необходимо выполнять регулирование греющим паром, давлением и расходом воды для ускорения разложения и максимального эффекта от него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прилепский К.Е., Беккер В.Ф. Оптимальное управление процессом деаэрации воды в деаэраторе повышенного давления // Молодежная наука в развитии регионов, Березники, 28 апреля 2021 г. (в настоящем сборнике).
2. Прилепский К.Е., Н.А. Симанова. Проблемы кибернетики и искусственного интеллекта в современной деятельности // Молодежная наука в развитии регионов, Березники, 25 апреля 2018 г / Березник. филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь. С. 278–281.
3. Прилепский К.Е. Вакуумно-термическая деаэрация воды в котельных / Решение: материалы Седьмой всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 19 октября 2018 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 366–367.
4. Прилепский К.Е. Процесс автоматизации атмосферно-термической деаэрации воды в котельной // Молодежная наука в развитии регионов, Березники, 29 апреля 2020 г / Березник. филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь. 158–162 с.
5. Прилепский К.Е. Обоснование параметров регулирования деаэратора // Решение: материалы Девятой всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 17 октября 2020 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 211–213.
6. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии: учеб. пособие для вузов. М.: Химия, 1975. 564 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 62-5

А.А. Серебряков
**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕЧИСТНОЙ
ФЛОТАЦИИ ХЛОРИДА КАЛИЯ В ПНЕВМОЭЖЕКТОРНОЙ
ФЛОТОМАШИНЕ**

В статье рассматривается принцип работы флотационного метода обесшламливания компонентов руды, описание технологического аппарата, оптимальные значения технологических параметров, выбраны оптимальные средства измерения и регулирования.

Наиболее эффективным методом обесшламливания минеральных удобрений является флотационный метод. При оптимальном расходе реагентов флотационный метод позволяет получать продукт с высокой массовой долей КСl в продукте (95–96%).

Технологический процесс обесшламливания сильвинитовой руды флотационным методом заключается в разделении предварительно измельченных до нужных размеров компонентов, основанном на различной способности компонентов удерживаться на границе раздела фаз в жидкой среде. Использование определенных флотационных реагентов позволяет изменить смачиваемость поверхности компонентов руды. Чтобы частицы всплывали на поверхность, необходимо подавать достаточное количество воздуха. Гидрофобные частицы прилипают к пузырькам воздуха и всплывают на поверхность пульпы, затем образуют минерализованную пену, гидрофильные частицы при этом остаются в объеме суспензии [1].

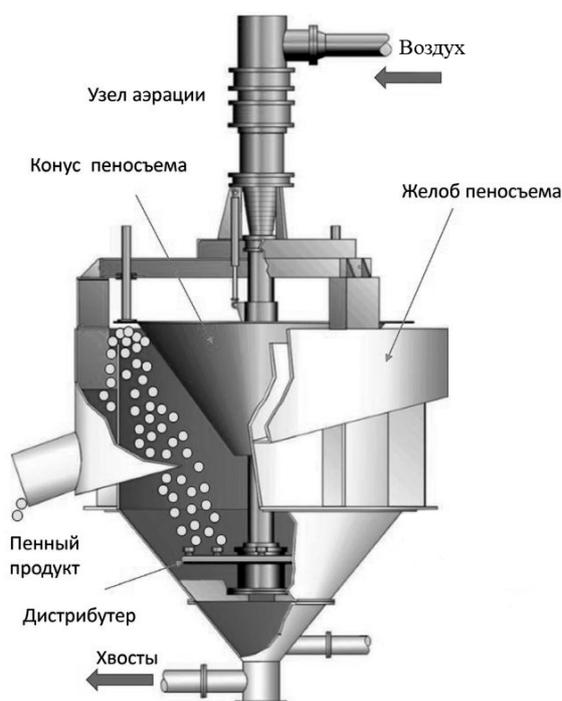


Рис. 1. Конструкция пневмоэжекторной флотомашины

Перечистная флотация используется для дополнительного обогащения концентрата, после основной флотации. Часто процесс перечистой флотации проводится в пневмоэжекторной флотомашине. Пневмоэжекторная флотомашина обладает высокой технической эффективностью, экономным расходом энергоресурсов, низкими затратами на внедрение и эксплуатацию.

Для наиболее эффективного извлечения хлорида калия необходимо использовать такую технологическую схему, чтобы основная и перечистная флотация сильвина проводилась из промпродуктов перечистой сильвиновой флотации [2].



Флотационная переработка калийной руды с возвратом промпродукта перечистой сильвиновой флотации в питание основной флотации сильвина

Рис. 2. Технологическая схема

Для максимально эффективного извлечения хлорида калия в ходе флотационного процесса необходимо поддерживать точные значения расхода реагента и воздуха, а также значения расхода маточного раствора и суспензии.

Для достижения 95%-ного извлечения хлорида калия необходимо использовать: измельченную руду до крупности 1,2 мм и реагент (амины) с массовой долей фракций С18:С16 в соотношении 2,7:1. Расход реагента-собирателя необходимо поддерживать в значении 60 г/т руды (2,23 м³/ч). Также важным параметром является расход воздуха – необходимо подавать 1073 м³/ч. Расход маточного раствора – 3,47 м³/ч. Плотность суспензии – 1,457 кг/м³, а расход – 128,79 м³/ч [3].

Процесс флотации функционирует в условиях, в которых необходимо учитывать множество технологических параметров. Постоянное изменение качества питания, гранулометрического состава усложняет управление технологией флотации и мешает обеспечению стабильности технологического процесса, что в конечном итоге влияет на такие показатели как извлечение полезных частиц, качество концентрата и хвостов. Как следствие, процесс флотации не может проводиться в соответствии с требуемыми показателями. Поэтому для обеспечения постоянной рентабельности и стабильности процесса необходимо получать качественные технологические данные [4].

Наиболее важными параметрами регулирования являются расходы реагента-собиранителя и расход воздуха. Расход воздуха влияет на скорость схода пены. Поддержка точного значения расхода реагента собирателя позволяет добиться высокой степени извлечения хлорида калия из сильвинитовой руды, поэтому необходимо использовать точные средства измерения и исполнительные устройства в комплекте с позиционером.

Для измерения расхода реагента-собиранителя предлагается использовать кориолисовый расходомер Endress+Hauser Promass H 300. Такой расходомер имеет следующие характеристики:

- 1) максимальная погрешность измерений $\pm 0,1\%$;
- 2) диапазон измерений от 0 до 70 000 кг/ч;
- 3) выходной сигнал 4...20 мА.

Принцип действия кориолисового расходомера основан на формировании сил Кориолиса. Силы Кориолиса возникают в системах, в которых одновременно присутствуют поступательное и вращательное движения. В трубке датчика создается колебательное движение, что приводит к фазовому сдвигу в ее колебаниях.

В датчике внутри измерительной трубки создается колебательное движение. Возникающие в измерительной трубке силы Кориолиса приводят к фазовому сдвигу в колебаниях трубки. При нулевом расходе колебания в трубке двигаются в одной фазе, при возникновении расхода – колебания на входе в трубку замедляются, а на выходе ускоряются. Сдвиг фаз пропорционален величине расхода [5].

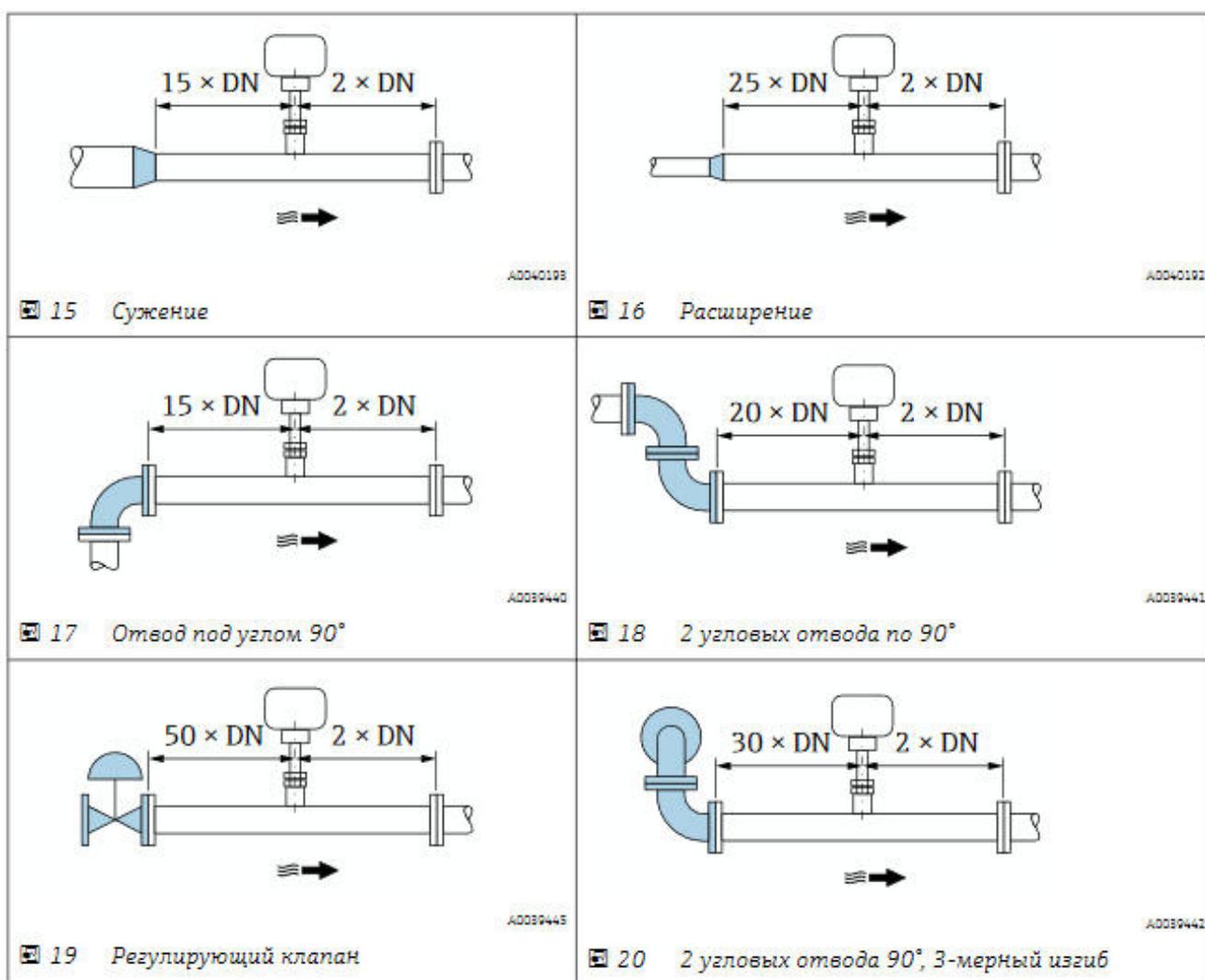


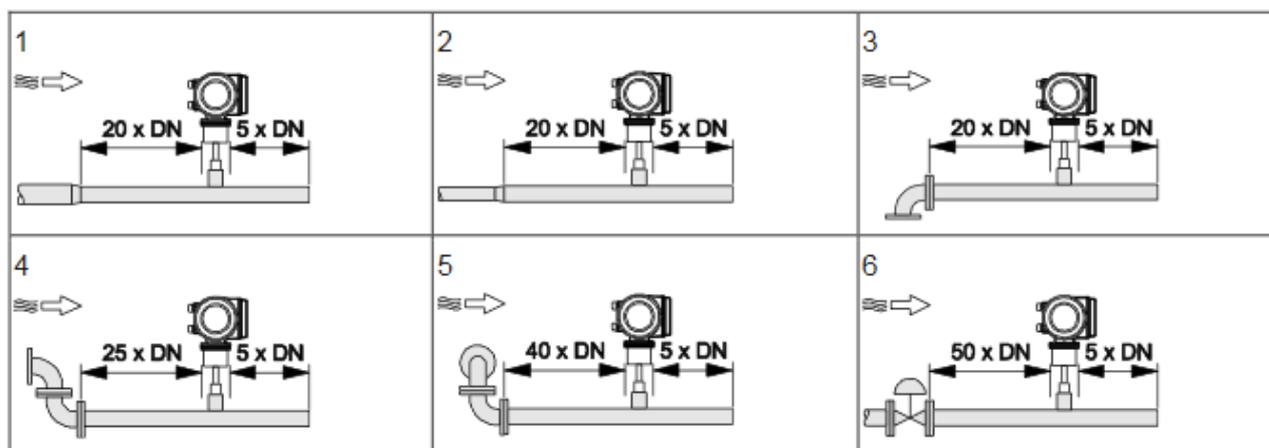
Рис. 3. Монтаж расходомера Promass H 300

Для измерения расхода воздуха предлагается использовать тепловой расходомер Endress+Hauser T-mass 65 F. Такой расходомер имеет следующие характеристики:

- 1) максимальная погрешность измерений $\pm 0,15\%$;
- 2) диапазон измерений от 0,5 до 3750 кг/ч;
- 3) выходной сигнал 4...20 мА.

Принцип действия термической дисперсии, используемой в расходомере *T-mass* реализуется путем отслеживания охлаждающего эффекта потока газа по мере его прохождения через нагретый трансмиттер – терморезистивный датчик *Pt100*.

Газ, пропускаемый через секцию измерения, проходит через два трансмиттера *Pt100*, один из которых выполняет функции датчика температуры, а другой выполняет роль нагревателя. Датчик температуры контролирует фактические параметры процесса, а нагреватель поддерживает постоянную разность температур путем изменения объема потребления энергии. Чем выше расход, тем больше эффект охлаждения и объем энергии, необходимый для поддержания разности температур. Следовательно, на основе вычисленного объема потребляемой нагревателем энергии можно определить расход газа [6].



1 = сужение, 2 = расширение, 3 = колено 90° или тройник, 4 = 2 колена 90°, 5 = 2 колена 90° (в разных плоскостях), 6 = регулирующий клапан или регулятор давления

Рис. 4. Монтаж расходомера *T-mass 65F*

В качестве исполнительного механизма предлагается использовать пневматический поршневой привод *Bray 92* с дисковым поворотным затвором [7]. Такой привод имеет следующие характеристики:

- 1) имеет двустороннее действие;
- 2) крутящий момент 3295 Нм;
- 3) угол поворота вала 90°/135°/180°;
- 4) температура окружающей среды $-25...+95^{\circ}\text{C}$.

Для улучшения характеристик регулирования (повышения мощности и быстродействия исполнительного механизма, уменьшения гистерезиса) используются позиционеры. В данном проекте предлагается использовать электропневмопозиционер *Samozzi YT-3350* [8]. *Samozzi YT-3350* имеет следующие характеристики:

- 1) сигнал обратной связи 4...20 мА;
- 2) ПИД-регулирование;
- 3) имеет датчики конечных положений;
- 4) чувствительность 0,2%;
- 5) HART-протокол;
- 6) способен к автокалибровке.

Принцип работы позиционеров основан на уравнивании сил, путем введения обратной связи. Управляющий сигнал, поступающий в позиционер от регулирующего устройства, сравнивается с ходом исполнительного механизма, и выдается исполнительный импульс в виде пневматического давления.

Позиционер состоит из электропневмопреобразователя и пневматического узла, состоящего из рычага, вала, измерительной пружины, а также регулирующего узла, состоящего из сопла, отражательной пластины и усилителя. Поступающий от регулирующего устройства сигнал в виде тока 4...20 мА подается на электропневмопреобразователь и преобразуется в пропорциональный сигнал давления. При изменении сигнала тока пропорционально изменяется также подводимое в регулирующий пневмоузел давление воздуха. Вследствие воздействия давления воздуха на измерительной мембране создается перемещающее усилие, которое сравнивается с усилием пружины. Перемещение измерительной мембраны передается на заслонку, регулируя сопло. Изменение командного сигнала либо положения исполнительного механизма вызывает изменение давления в усилителе, и отрегулированное в нем давление исполнительного импульса вызывает перемещение штока клапана в положение, соответствующее задающему воздействию [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серебряков А.А. Модернизация схемы автоматизации процесса обесшламливания сальвинитовой руды флотационным методом // Решение: тезисы доклада всероссийской научно-практической конф. Березники, 2020. С. 228–230.
2. Способ флотационного обогащения руд // Патент РФ № 2005101542/03, 24.01.2005. Бюл. № 27 / Титков С.Н., Новоселов В.А., Сабиров Р.Х. [и др.].
3. Способ флотационного обогащения калийных руд // Патент РФ № 2006142108/03, 28.11.2006. Бюл. № 18 / Титков С.Н., Сабиров Р.Х., Пантелеева Н.Н. [и др.].
4. Ари Рантала. Как оптимизировать управление флотационным процессом // Автоматизация производственных процессов Outotec. URL: <https://www.outotec.ru/products-and-services/newsletters/minerva/minerva-vypusk-3--2019/kak-optimizirovat-upravlenie-flotacionnym-processom/>.
5. Руководство по эксплуатации расходомера Endress+Hauser Promass H 300 // Контрольно-измерительные приборы Endress+Hauser. URL: https://portal.endress.com/wa001/dla/5001074/4663/000/00/TI01273DRU_0116.pdf.
6. Руководство по эксплуатации расходомера Endress+Hauser T-Mass 65F // Контрольно-измерительные приборы Endress+Hauser. URL: <https://endress-nt-rt.ru/images/manuals/Proline%20T-mass%2065FI.pdf>.
7. Описание приводов Bray серии 92/93 // Исполнительные механизмы Bray. URL: <http://bray.ru/products/series-20-2124/>.
8. Позиционеры и принадлежности Camozzi // Контрольно-измерительные приборы и средства промышленной автоматизации Camozzi. URL: https://www.camozzi.ru/netcat_files/563/707/YTC_смык.pdf.
9. Описание и принцип работы электропневмопозиционеров // Контрольно-измерительные приборы и средства промышленной автоматизации Samson. URL: <https://www.samsongroup.com/document/e83592ru.pdf>.

Поступила 15.03.2021

А.В. Собянин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Приведено математическое описание турбогенератора, а также осуществлено моделирование турбогенератора на основе указанных дифференциальных уравнений.

Переход энергии из механической в электрическую происходит посредством действия вращающегося магнитного поля. Магнитное поле в свою очередь создается током постоянного напряжения в медной обмотке ротора [1].

Моделью является объект, на котором можно исследовать свойства оригинала. Свойства модели должны соответствовать свойствам оригинала. Основное преимущество моделирования – это более наглядная и простая структура для изучения объекта. Математическая же модель должна иметь полностью схожее математическое описание с оригиналом.

Модель синхронного генератора обычно реализуют в двух системах координат: в двухфазной или в dq -системе координат. В нашем случае реализуем модель в фазных координатах. Учтем также некоторые допущения: в целях упрощения модели не будем учитывать демпферные обмотки, т.е. упраздним ось d и заменим все демпферные обмотки на ней одной аналогичной демпферной обмоткой по оси q , а также не будем брать во внимание потери при перемагничивании и изменение скорости вращения генератора при переходных электромагнитных процессах [2].

Тогда уравнения статора и ротора будут иметь вид (1–4):

$$U_A = -\frac{d\psi_A}{dt} - r_A \cdot i_A, \quad (1)$$

$$U_B = -\frac{d\psi_B}{dt} - r_B \cdot i_B, \quad (2)$$

$$U_C = -\frac{d\psi_C}{dt} - r_C \cdot i_C, \quad (3)$$

$$U_f = -\frac{d\psi_f}{dt} - r_f \cdot i_f, \quad (4)$$

где: U_A, U_B, U_C, U_f – мгновенные значения напряжений обмоток статора и ротора;
 $\psi_A, \psi_B, \psi_C, \psi_f$ – потокосцепления, связанные с соответствующими обмотками;
 r_A, r_B, r_C, r_f – мгновенные значения токов фаз статора в обмотке возбуждения ротора;
 i_A, i_B, i_C, i_f – мгновенные токи, протекающие в свободных обмотках.

Уравнения потокосцепления в синхронном генераторе (5–8):

$$\psi_A = L_A \cdot i_A + M_{AB} \cdot i_B + M_{AC} \cdot i_C + M_{Af} \cdot i_f, \quad (5)$$

$$\psi_B = M_{BA} \cdot i_A + L_B \cdot i_B + M_{BC} \cdot i_C + M_{Bf} \cdot i_f, \quad (6)$$

$$\psi_C = M_{CA} \cdot i_A + M_{CB} \cdot i_B + L_C \cdot i_C + M_{Cf} \cdot i_f, \quad (7)$$

$$\psi_f = M_{fA} \cdot i_A + M_{fB} \cdot i_B + M_{fC} \cdot i_C + L_f \cdot i_f, \quad (8)$$

где: L и M – индуктивности и взаимоиנדуктивности соответствующих обмоток.

Распишем индуктивности в обмотках фаз:

$$L_A = l_0 + l_2 \cdot \cos 2\gamma, \quad (9)$$

$$L_B = l_0 + l_2 \cdot \cos 2\left(\gamma + \frac{4\pi}{3}\right), \quad (10)$$

$$L_C = l_0 + l_2 \cdot \cos 2\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right). \quad (11)$$

Уравнения взаимоиндуктивностей между фазами:

$$M_{AB} = m_0 + m_2 \cdot \cos 2\left(\gamma - \frac{\pi}{3}\right), \quad (12)$$

$$M_{AC} = m_0 + m_2 \cdot \cos 2\left(\gamma + \frac{\pi}{3}\right), \quad (13)$$

$$M_{BC} = m_0 + m_2 \cdot \cos 2\gamma. \quad (14)$$

Уравнения взаимоиндуктивностей между двумя обмотками: обмоткой возбуждения и фазными обмотками:

$$M_{Af} = M_d \cdot \cos \gamma, \quad (15)$$

$$M_{Bf} = M_d \cdot \cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right), \quad (16)$$

$$M_{Cf} = M_d \cdot \cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right). \quad (17)$$

Система уравнений (1–4) и система уравнений (5–8) вместе составляют математическую модель турбогенератора, представленную в фазных координатах.

Реализация и тестирование модели турбогенератора в среде MATLAB

Модель состоит из нескольких суперблоков. Первый суперблок состоит из нескольких подблоков, цель которых реализовать следующие коэффициенты:

$$l_0 = \frac{1}{3}(L_d + L_q + L_0), \quad (18)$$

$$m_0 = \frac{1}{3}\left(L_0 - \frac{L_d + L_q}{2}\right), \quad (19)$$

$$l_2 = m_2 = \frac{1}{3}(L_d - L_q). \quad (20)$$

Моделируем постоянные коэффициенты l_2, l_0, m_0, m_2 :

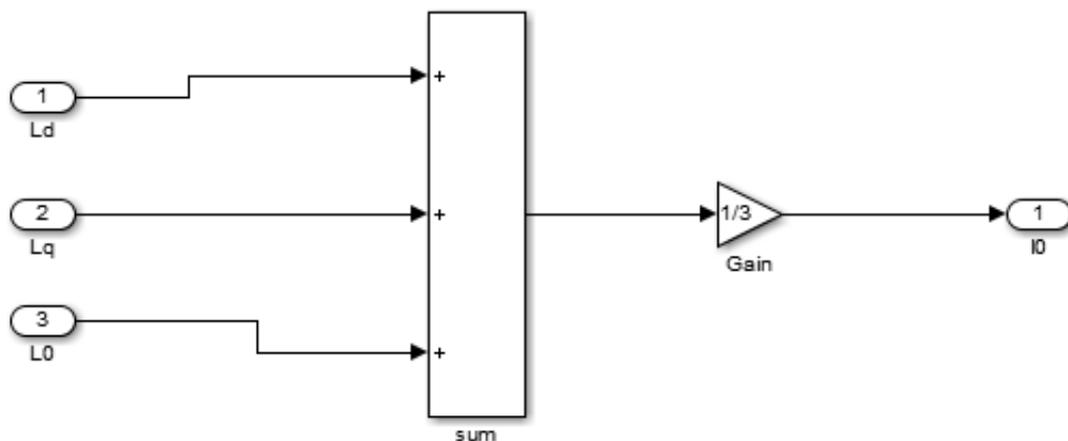


Рис. 1. Реализация коэффициента l_0

Остальные коэффициенты реализуются аналогично.

Моделирование индуктивностей L_A, L_B, L_C :

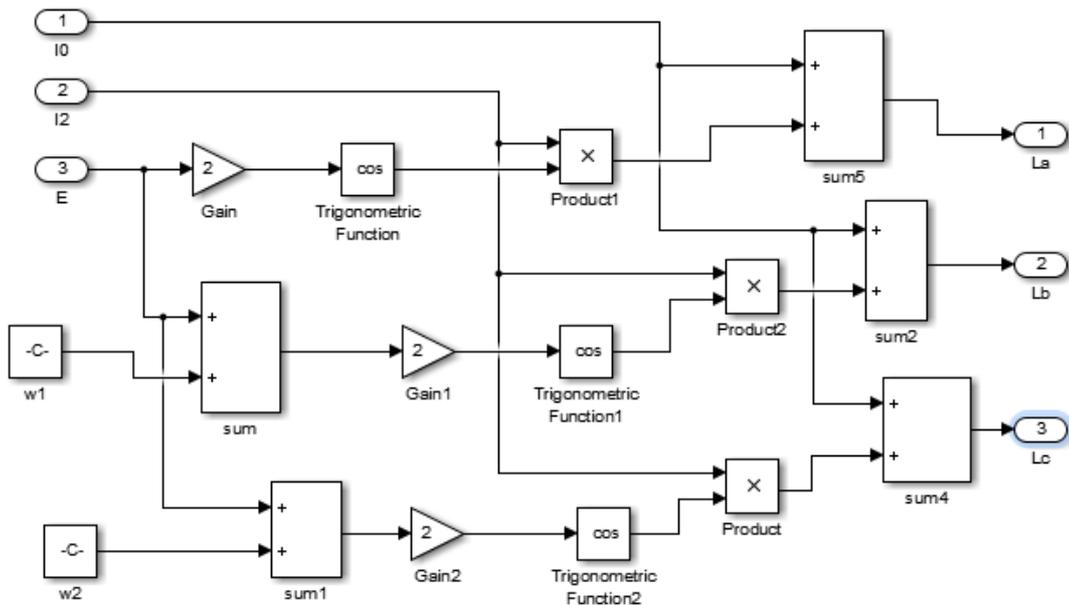


Рис. 2. Реализация индуктивностей L_A, L_B, L_C

Аналогично моделируем взаимоиндуктивности.

Моделирование потокосцепления:

все уравнения потокосцепления реализуются аналогично.

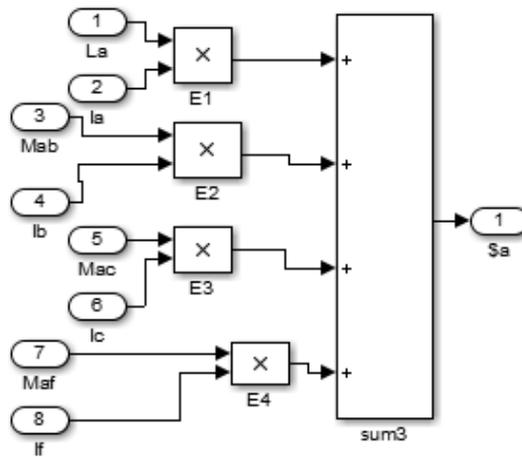


Рис. 3. Реализация потокосцепления

Моделирование фазных напряжений в обмотках статора:

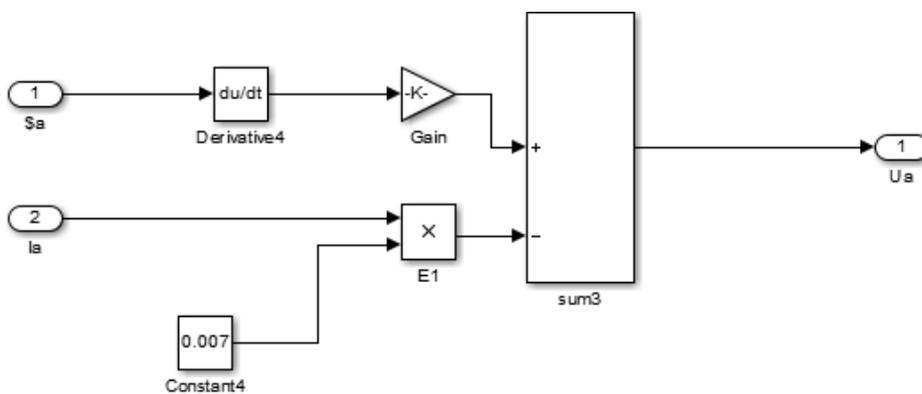


Рис. 4. Реализация фазных напряжений в обмотках статора

Реализация остальных фазных напряжений аналогично.

Теперь, когда мы реализовали все составляющие нашей модели, реализуем модель целиком, а также выведем график нашей модели [3].

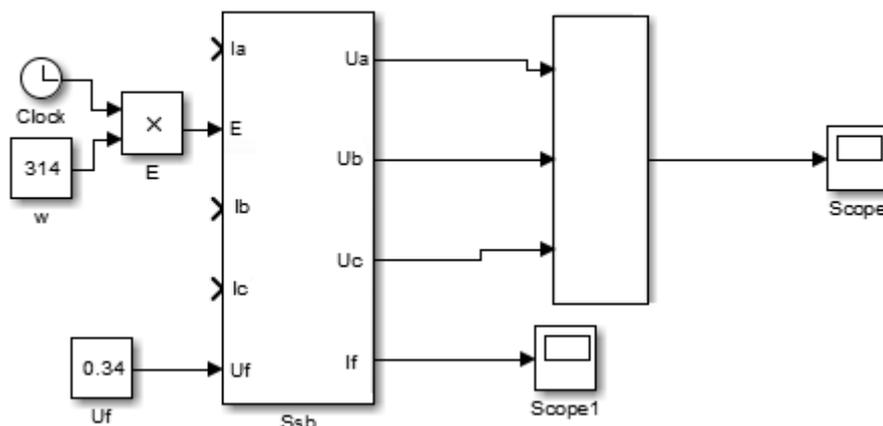


Рис. 5. Модель турбогенератора в MATLAB

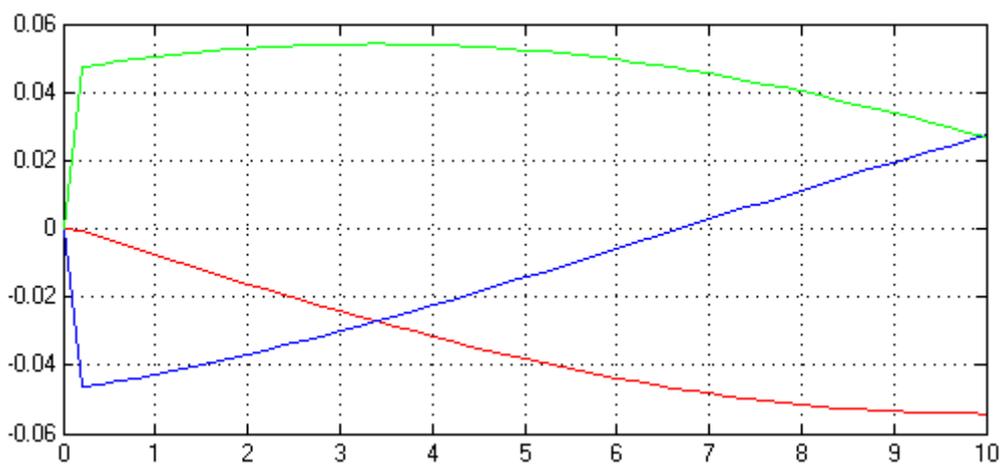


Рис. 6. График модели

На графике мы можем наблюдать изменение фазных напряжений U_B (верхняя линия), U_A (средняя линия), U_C (нижняя линия) в зависимости от времени. Напряжения U_B и U_C со временем уменьшаются в отличие от напряжения U_A . Также выведем график тока в обмотке возбуждения (рис. 7).

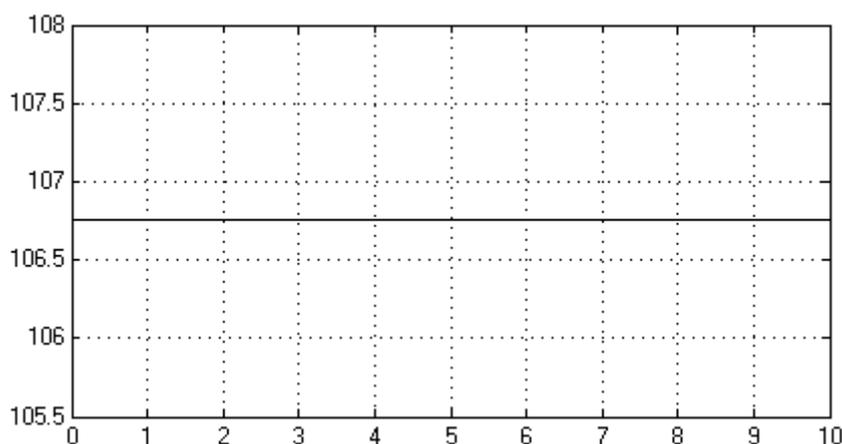


Рис. 7. Ток в обмотке возбуждения

Заметим, что величина тока в обмотке со временем не изменяется, но при увеличении подаваемого напряжения U_f ток увеличится пропорционально напряжению, что может свидетельствовать о том, что модель реагирует на подаваемые сигналы.

Вывод. Сделано математическое описание турбогенератора, составлены системы уравнений различных его составляющих, на основе которых была построена математическая модель в среде MATLAB, в которой отражены основные настройки и функции турбогенератора. Проверено: модель работает и откликается на сигналы. Данная модель может служить средством изучения работы турбогенератора в упрощенном виде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Собянин А.В. Автоматизация турбогенератора // Решение – материалы Восьмой Всерос. науч.-техн. конф. Березники 2019. С. 168–170.
2. Патентное исследование автоматизации турбогенератора // Решение – материалы Девятой Всерос. науч.-техн. конф. Березники. 2020. С. 233–235.
3. Разработка технологии адаптивной идентификации сигналов для оценки технического состояния турбогенераторов. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/28054> (дата обращения: 26.02.2021).

Поступила 15.03.2021

УДК 621.31

А.А. Суханов, В.Ф. Беккер

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКТНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Приведены общие данные о комплектной подстанции КП-28 РУ-6кВ, после анализа схемы электроснабжения и сведений о потребителях дано обоснование для модернизации. Выявлены недостатки и предложен ряд технических решений. Произведен анализ преимуществ, получаемых в результате модернизации.

В 1958 году началось строительство комплекса титаномагниевого производства, которое дало толчок развитию энергетического хозяйства. В 1960-х годах были смонтированы, прошли наладку и включены в работу комплектные подстанции: КП-5, КП-6, КП-4, КП-21, КП-10. Проложены десятки километров высоковольтных кабелей.

1964–1965 годы – время строительства главной понизительной подстанции №1 (далее – ГПП), установлены два силовых трансформатора ТДНПВ-25000/110/10 МВА.

Одновременно с ГПП-1 строилась ГПП-2 с двумя трансформаторами полной мощностью 80МВА по упрощенной схеме без выключателей на стороне высокого напряжения.

В 1972 году была произведена реконструкция ГПП-2, где были заменены старые силовые трансформаторы, а также включен в схему третий трансформатор, все типа ТДЦН–80000/110/10.

В 70-е годы проводились работы по переводу рудно-термических печей на использование графитных электродов. Мощности трансформаторов печей с 10500 кВА возросли за два этапа до 16000 кВА. Была изменена схема подстанции КП-8, усилена ошиновка, усилены кабельные вводы и т.д.

В 1994 году была реконструирована система коммерческого учета электроэнергии комбината, что позволило значительно снизить расходы.

В 2006 году проводилась работа по замене трансформаторов на рудно-термических печах на более мощные с 16000 на 22000 кВА, что позволило увеличить выпуск продукции.

Также была реконструирована подстанция (далее – ТП) ТП 1-4, во многих подстанциях заменили масляные выключатели на вакуумные.

В 2008 году запущены реконструированные трансформаторные подстанции ТП 2-3, ТП 22-5.

В 2007–2011 гг. построили и запустили подстанцию ПС 220кВ «Космос». Это позволило производить закупки электрической энергии по более выгодным федеральным тарифам и значительно увеличить надежность энергоснабжения комбината.

Также в 2011 году введена в эксплуатацию кремниевая преобразовательная подстанция №3 КПП-3.

В 2012–2015 гг. – произведена реконструкция подстанции КП-19 и КП-15.

Рассмотрим общие сведения о КП-28 и потребителях. Комплектная подстанция №28 – распределительное устройство ~6кВ (далее – РУ) встроена в здание насосной станции оборотного водоснабжения цеха №40 и служит для питания трансформаторных подстанций ТП-28-1, ТП-28-2 (~6/0,4кВ), которые в свою очередь питают насосную станцию оборотного водоснабжения комбината АВИСМА. Насосная станция технологически связана с основными узлами и системами водоснабжения предприятия.

В состав насосной станции входят: насосы нагретой, охлажденной и технической воды, а также насосы системы канализации.

Также от ТП-28-1, ТП-28-2 осуществляется электроснабжение собственных нужд, рабочего и аварийного освещения, отопления и приборов КИП насосной станции.

Дополнительным потребителем КП-28 является трансформатор ТП-6/0,4кВ фирмы ООО «ЭЙЛАТ» (подрядная организация, осуществляющая ремонтные и строительные работы на комбинате).

Рассмотрим систему электроснабжения КП-28. КП-28 РУ-6кВ состоит из двух секций, соединенных между собой секционным выключателем со схемой автоматического включения резерва (далее – АВР) двустороннего действия, и укомплектована 16 ячейками с комплектными распределительными устройствами (далее – КРУ) типа 2-6Э.

Электроснабжение КП-28 осуществляется с тепловой электростанции №2 (далее – ТЭЦ) транзитом через КП-23 РУ-6кВ по двум вводам:

- 1 секция яч. 5 КП-28 с КП-23 яч. 13 РУ-6кВ;
- 2 секция яч. 12 КП-28 с КП-23 яч. 25 РУ-6кВ.

На всех фидерах выполнена релейная защита (далее – РЗА):

- максимальная токовая защита (далее – МТЗ);
- токовая отсечка (далее – ТО);
- защита минимального напряжения (далее – ЗМН);
- защита от однофазного замыкания на землю (далее – ОЗЗ).

Цепи аварийной и предупредительной сигнализации выполнены на оперативном постоянном токе –220В с щита постоянного тока (далее – ЩПТ). При срабатывании одной из защит работает сигнализация, и сигнал выдается на панель сигнализации пульта управления старшего мастера ГПП-2. Также подстанция КП-28 снабжена местной сигнализацией насосной станции. Она предназначена для информирования технологического персонала цеха №40 о состоянии оборудования насосной станции, неисправностях и аварийных режимах КП-28. Местная сигнализация запитана со щита 0,4кВ ТП 28-1.

Цепи управления защит вводов, приводов масляных выключателей (далее – МВ) и отходящих фидеров выполнены на оперативном постоянном токе. Постоянный ток напряжением 220В подается с ЩПТ.

ЩПТ питается напряжением 220В от двух выпрямительных устройств типа «Thyrotronic» TDGI. Выпрямительные устройства «Thyrotronic» TDGI разделены на 2 секционированные группы. Каждая группа питается от отдельного ввода щита собственных нужд (далее – ЩСН) ~220В, чем обеспечивается взаимное резервирование. При отсутствии напряжения на выпрямительных устройствах по обоим вводам постоянный ток для РУ-6кВ

берется от аккумуляторных батарей (далее – АКБ) десяти аккумуляторов Classic OPzS 12V 10PzS 50 LA.

Освещение РУ-6кВ напряжением ~220В запитано со щитка освещения щитовой. Для переносного освещения напряжением ~36В установлены трансформаторы ~220/36 В на торцевых стенах помещения.

Описание схемы распределительного устройства КП-28.

Однолинейная схема КП-28 РУ-6 кВ включает:

Секцию №1:

яч. №1 – ввод на ТП ООО «ЭЙЛАТ»;

яч. №2 – резерв;

яч. №3 – ввод на ТП-28-1, Т-1;

яч. №4 – ТСН-1;

яч. №5 – ввод №1 с КП-23;

яч. №6 – ввод на ТП-28-2, Т-1;

яч. №7 – ТН-1-6;

яч. №8 – СР 6;

Секцию №2:

яч. №9 – СВ-6 Секционный выключатель (далее – СВ) (тележка КРУ в рабочем положении, выключатель отключен, АВР введено);

яч. №10 – ТН-2-6;

яч. №11 – ввод на ТП-28-1, Т-2;

яч. №12 – ввод №2 с КП-23;

яч. №13 – ТСН-2;

яч. №14 – ввод на ТП-28-2, Т-2;

яч. №15 – резерв;

яч. №16 – резерв.

Проведено обоснование необходимости модернизации подстанции.

Насосная станция является потребителем 1-й категории согласно правилам устройства электроустановок (далее – ПУЭ) [1] п. 1.2.18. «Электроприемники первой категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения».

В основном к потребителям 1-й категории относятся:

- горнодобывающая, химическая промышленность и другие опасные производства;
- важные объекты здравоохранения
- котельные, насосные станции первой категории, перерыв в электроснабжении которых приводит к выходу из строя систем жизнеобеспечения;
- тяговые подстанции городского электрифицированного транспорта;
- установки связи, диспетчерские пункты городских систем, серверные помещения; лифты, устройства пожарной сигнализации.

Электроснабжение КП-28 осуществляется с ТЭЦ-2 транзитом через КП-23, то есть от одного источника питания классом напряжения ~6кВ. Согласно техническому заданию на проектирование №43/105 от 09.06.2020г (Приложение А) и ПУЭ необходим резервный источник питания.

Релейная защита распределительного устройства, выполненная на основе электромеханических реле РТ-80, РТ-40, сильно устарела. Это объясняется тем, что нет необходимого резерва при замене неисправного реле, а также происходят относительно большие погрешности срабатывания и чувствительности в сравнении с современными защитами на основе микропроцессорных устройств.

Ячейки типа КРУ 2-6Э двухстороннего обслуживания модификации 1970-х годов. За время эксплуатации на поверхности ячеек образовалась коррозия, двери некоторых отсеков открываются с трудом или запрокидываются, что указывает на износ механических узлов, это может привести к поломке или созданию аварийной ситуации на соседней ячейке. При обслуживании втычные контакты выкатных выключателей с трудом попадают в отверстия.

В ячейках типа КРУ 2-6Э установлены старые масляные выключатели типа ВМП-10, которые не отвечают требованиям пожарной безопасности (при коротком замыкании масло выбрасывается из выключателя). Приводы выключателей – электромагнитные типа ПЭ-11. Основными недостатками данных устройств являются низкая ремонтпригодность в связи с отсутствием запчастей, относительно низкий уровень производительности, частые простои из-за выхода из строя отдельных узлов оборудования, большие затраты времени на поиск и устранение неисправностей.

В совокупности данных факторов увеличивается вероятность внеплановых и аварийных отключений оборудования, что может привести к сбою технологического процесса насосной станции узла оборотного водоснабжения цеха №40.

В ходе модернизации предложено техническое решение по подключению КП-23 от резервного источника ГПП-2 ~10кВ с транзитом через КП-14 и установкой понижающего разделительного трансформатора ~10/6кВ на КП-28 для потребителя 1-й категории согласно техническому заданию № 43/105 и ПУЭ.

Также рассматривается замена устаревших ячеек типа КРУ 2-6Э на более новые КРУ «Классика» D12-PL производства «Таврида электрик» [2]. Замена масляных выключателей ВМП-10 на вакуумные выключатели (далее – ВВ) ВВ/TEL-10 [3]. Установка новых терминалов релейной защиты типа TOP-200 производства ИЦ «Бреслер» на всех присоединениях РУ. Замена трансформаторов собственных нужд (далее – ТСН) 1-й и 2-й секции.

Модернизация подстанции позволит обеспечить:

- надежное и качественное электроснабжение потребителей;
- дополнительные возможности для технологического присоединения к электрическим сетям новых потребителей электроэнергии;
- высокий уровень технологических процессов, обеспечиваемый комплексной автоматизацией путем создания интегрированной системы релейной защиты и автоматики, коммерческого учета электроэнергии, мониторинга состояния оборудования, диагностики и управления оборудованием;
- экономическую эффективность, обусловленную снижением ремонтных и эксплуатационных затрат, а также снижением простоев технологического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

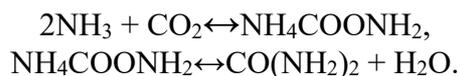
1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Издание седьмое. М.: ЗАО Энергосервис, 2008. 704 с.
2. Сведения о КРУ «Классика» D12-P. URL: <https://www.tavrida.com/ter/support/documents/3/>.
3. Сведения о вакуумных выключателях ВВ/TEL. URL: <http://www.konstalin.ru/Default.aspx?sid=3&ID=174>.

Поступила 15.03.2021

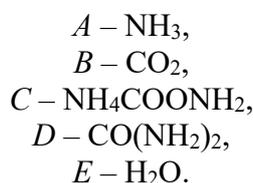
А.С. Сырчиков
УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КИНЕТИКУ СИНТЕЗА
КАРБАМИДА

Рассматривается кинетика синтеза карбамида. На основе технологических данных при помощи дифференциальных уравнений, а также уравнения Аррениуса моделируется процесс. Вычисляется энергия активации. Получены переходные процессы для анализа динамики объекта управления.

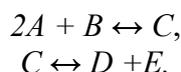
Химизм процесса синтеза карбамида осуществляется по двум реакциям [1]:



Обозначим все исходные вещества и продукты химических реакций:



Тогда реакции будут выглядеть следующим образом:



В работе [2] предложен способ моделирования процесса синтеза карбамида с использованием теоретических сведений о численной величине константы скорости реакции без учета зависимости ее от температуры [3]. Этот недостаток модели может быть устранен введением зависимости константы скорости реакции от температуры по уравнению С. Аррениуса в следующем виде:

$$k_i = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_i}{R \cdot T}\right), \quad (1)$$

где: k_i – константа скорости реакции, $л^2 / (\text{моль}^2 \cdot \text{с})$;

k_0 – постоянный множитель (пред экспонента);

E_i – энергия активации, $R = \text{Дж} / \text{моль}$; $i = 1, 2, \dots 4$;

R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$;

T – абсолютная температура, К .

Для определения K_{0i} и E_i в соответствии с [4] составляется система уравнений для двух известных температур T_1, T_2 :

$$\begin{cases} K_1 = K_{0i} e^{\left(-\frac{E_i}{R T_1}\right)}, \\ K_2 = K_{0i} e^{\left(-\frac{E_i}{R T_2}\right)}. \end{cases} \quad (2)$$

Прологарифмировав левые и правые части уравнений системы (2), получим

$$\begin{cases} \ln(K_1) = \ln(K_{0i}) - \frac{E_i}{R} \cdot \frac{1}{T_1}, \\ \ln(K_2) = \ln(K_{0i}) - \frac{E_i}{R} \cdot \frac{1}{T_2}. \end{cases} \quad (3)$$

Вычитая из первого уравнения системы (3) второе, получим

$$\ln\left(\frac{K_1}{K_2}\right) = \frac{E_i}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right). \quad (4)$$

Из (4) находим

$$\frac{E_i}{R} = \frac{\ln\left(\frac{K_1}{K_2}\right)}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}. \quad (5)$$

K_{0i} выражается, например, из первого уравнения (5):

$$K_{0i} = \frac{K_i}{e^{\left(-\frac{E_i}{R} \cdot \frac{1}{T_1}\right)}}. \quad (6)$$

Подставив значения для модели в уравнение (6) получим значения постоянного множителя. Значения K_1, K_2, K_3, K_4 приведены в регламенте [1]:

$$K_{01} = e^{\frac{K_1}{\left(-\frac{E_1}{R} \cdot \frac{1}{T}\right)}} = 2.7^{\frac{1}{\left(-\frac{1013}{8.3} \cdot \frac{1}{443}\right)}} = 1,315, \quad (7)$$

$$K_{02} = e^{\frac{K_2}{\left(-\frac{E_2}{R} \cdot \frac{1}{T}\right)}} = 2.7^{\frac{0.01}{\left(-\frac{1181}{8.3} \cdot \frac{1}{443}\right)}} = 0,014, \quad (8)$$

$$K_{03} = e^{\frac{K_3}{\left(-\frac{E_3}{R} \cdot \frac{1}{T}\right)}} = 2.7^{\frac{0.5}{\left(-\frac{3151}{8.3} \cdot \frac{1}{443}\right)}} = 1,171, \quad (9)$$

$$K_{04} = e^{\frac{K_4}{\left(-\frac{E_4}{R} \cdot \frac{1}{T}\right)}} = 2.7^{\frac{0.4}{\left(-\frac{3521}{8.3} \cdot \frac{1}{443}\right)}} = 1,035. \quad (10)$$

Уравнение кинетики имеет следующий вид:

$$R_1 = k_1 \cdot C_A^2 \cdot C_B, \quad (11)$$

$$R_2 = k_2 \cdot C_C, \quad (12)$$

$$R_3 = k_3 \cdot C_C, \quad (13)$$

$$R_4 = k_4 \cdot C_D \cdot C_E. \quad (14)$$

где: C_A, C_B, C_C, C_D, C_E – мольные концентрации компонентов реакции;

C_A – концентрация жидкого аммиака NH_3 ;

C_B – концентрация газообразного диоксида углерода CO_2 ;

C_C – концентрация карбамата аммония;

C_D – концентрация карбамида в плаве синтеза;

C_E – концентрация воды в плаве синтеза карбамида;

R – скорость протекания реакции.

Материальный баланс по каждому веществу (изменение концентрации компонентов во времени):

$$\frac{d(V C_A)}{dt} = C_{A_0} - 2 \cdot k_1 C_A^2 C_B + k_2 C_C;$$

$$\frac{d(V C_B)}{dt} = C_{B_0} - k_1 C_A^2 C_B + k_2 C_C;$$

$$\frac{d(V C_C)}{dt} = C_{C_0} + k_1 C_A^2 C_B - k_2 C_C - k_3 C_C + k_4 C_D C_E;$$

$$\frac{d(V C_D)}{dt} = k_3 C_C - k_4 C_D C_E;$$

$$\frac{d(V C_E)}{dt} = k_3 C_C - k_4 C_D C_E.$$

На основе всех данных смоделируем процесс абсорбции в среде MathCAD:

$$\begin{aligned} \text{ORIGIN} &:= 1 & e &:= 2.7 & R &:= 8.3 & T_c &:= 295 & E_1 &:= 1013 & E_3 &:= 3151 \\ & & & & & & T &:= 443 & E_2 &:= 1181 & E_4 &:= 3521 \\ C_a &:= 5.75 & C_b &:= 2.25 & C_c &:= 1.25 & \tau &:= 10000 \\ k_{01} &:= 1.315 & k_{03} &:= 1.171 \\ k_{02} &:= 0.014 & k_{04} &:= 1.035 \\ k_1 &:= k_{01} \cdot e^{\left(-\frac{E_1}{T_c \cdot R}\right)} & k_2 &:= k_{02} \cdot e^{\left(-\frac{E_2}{T_c \cdot R}\right)} & x &:= \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ k_3 &:= k_{03} \cdot e^{\left(-\frac{E_3}{T_c \cdot R}\right)} & k_4 &:= k_{04} \cdot e^{\left(-\frac{E_4}{T_c \cdot R}\right)} \end{aligned}$$

Рис. 1. Задание начальных условий

$$D(n, x) := \begin{bmatrix} \frac{C_a - x_1}{\tau} - 2 \cdot k_1 \cdot (x_1)^2 \cdot x_2 + k_2 \cdot x_3 \\ \frac{C_b - x_2}{\tau} - k_1 \cdot (x_1)^2 \cdot x_2 + k_2 \cdot x_3 \\ \frac{C_c - x_3}{\tau} + k_1 \cdot (x_1)^2 \cdot x_2 - k_2 \cdot x_3 - k_3 \cdot x_3 + k_4 \cdot x_4 \cdot x_5 \\ k_3 \cdot x_3 - k_4 \cdot x_4 \cdot x_5 \\ k_3 \cdot x_3 - k_4 \cdot x_4 \cdot x_5 \end{bmatrix}$$

Рис. 2. Программа расчета математической модели

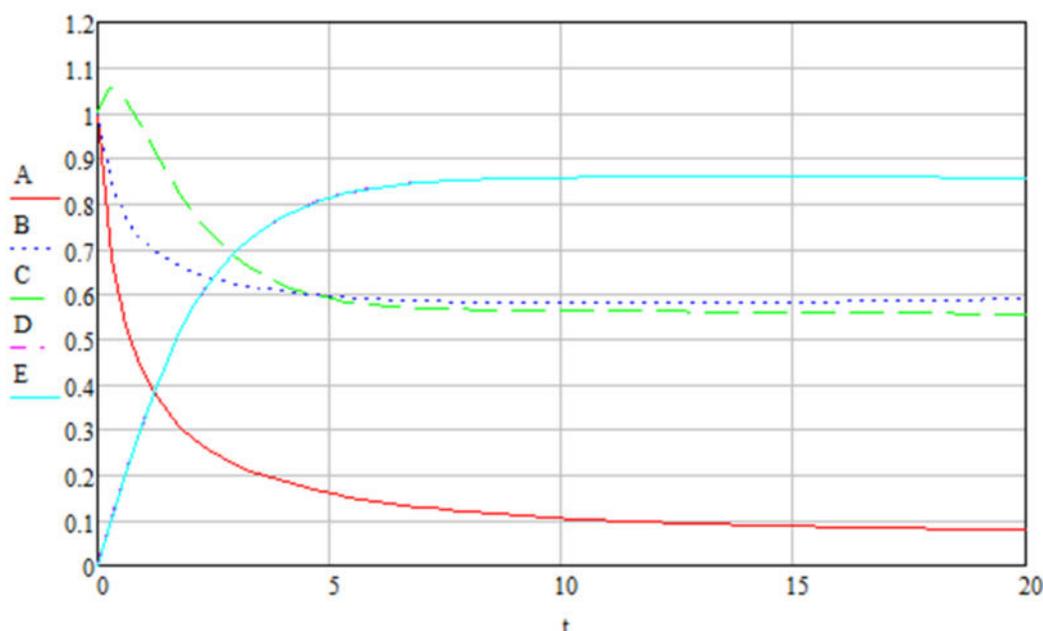


Рис. 3. Моделирование процесса абсорбции оксидов азота содовым раствором:
 A – NH₃; B – CO₂; C – NH₄COONH₂; D – CO(NH₂)₂; E – H₂O

С целью изучения влияния температуры на концентрацию взаимодействующих веществ был проведен вычислительный эксперимент при различных значениях температуры. Все параметры по истечении 20 с пришли к установившимся значениям, приведенным в табл.

Таблица

Установившиеся концентрации веществ,
 участвующих в реакции

NH ₃	0,079
CO ₂	0,59
NH ₄ COONH ₂	0,557
CO(NH ₂) ₂	0,857
H ₂ O	0,857

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологический регламент отделения синтеза на «Азот».
2. Сырчиков А.С., Беккер В.Ф. Моделирование процесса синтеза карбамида в среде MathCAD // Решение: материалы Девятой Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, г. Березники, 17 октября 2020 г. / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь, 2020. С. 237–239.
3. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в MathCAD и Excel: учебное пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
4. Островский А.С., Шумихин А.Г. Моделирование химико-технологических процессов как объектов управления: учебно-исследовательский практикум: уч.-метод. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. 47 с.

Поступила 15.03.2021

А.О. Тищенко
**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО УЧАСТКА**

Рассматриваются варианты усовершенствования системы электроснабжения производства пентаоксида ванадия, которое предложено выполнить из двух секций, с двумя вводными и одним секционным автоматическими выключателями, с устройством автоматического включения резерва.

Пентаоксид ванадия является побочным продуктом, получаемым в производстве титана. Основным технологическим оборудованием в цепочке производства ОПУ-1 ХМУ цеха №32 АВИСМА филиал ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» является: фильтр-пресс, прокалочная печь, реактор, барабанный фильтр [1]. Самым требовательным электрооборудованием к качеству подводимой электроэнергии из приведенного списка является прокалочная печь. Она состоит из футеровки, электронагревателей, вращающейся трубы, шнека загрузки и выгрузки материала. Температура внутри вращающейся трубы составляет около 650 °С. При внезапном прекращении подачи электроэнергии на участок, происходит остановка всего электрооборудования. Это, в свою очередь, приводит к необратимым последствиям в металлоконструкции прокалочной печи. А именно под действием температуры и остановки вращения трубы на длительное время происходит ее деформация, что влечет за собой капитальный ремонт прокалочной печи и простой всего производственного участка.

Электроснабжение участка ХМУ осуществляется от распределительного устройства 0,4 кВ (РУ-0,4 кВ). Оно получает питание от понижающего силового трансформатора 2–10 №1 (ТП 2-10 №1) 10/0,4 кВ, а тот в свою очередь получает питание с кремниевой подстанции №2 (КП №2), а далее с главной понизительной подстанции №2 (ГПП №2).

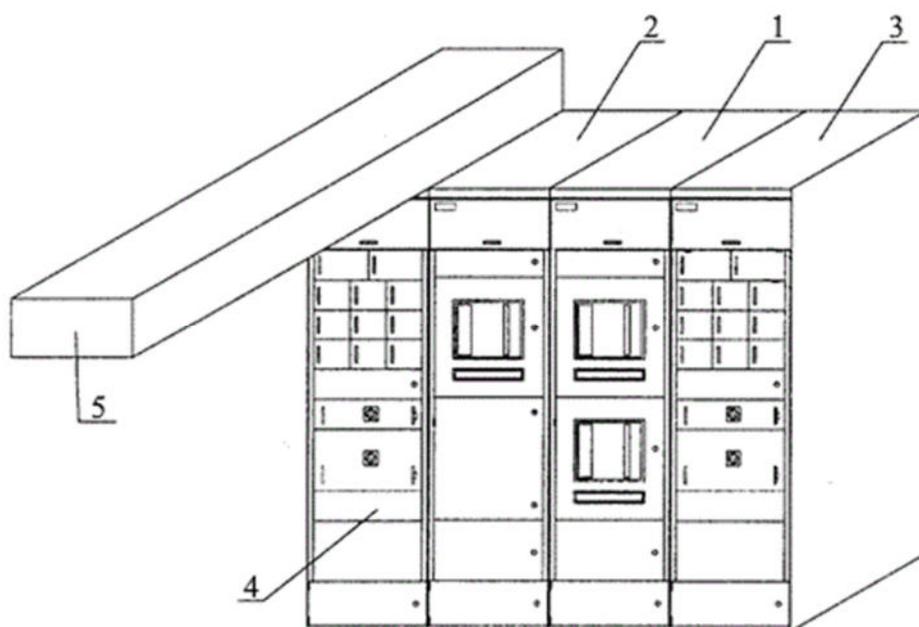
РУ-0,4кВ выполнено односекционным, имеет систему сборных шин без секционного выключателя и состоит из восьми ячеек. Подвод электроэнергии на систему сборных шин РУ 0,4 кВ выполнен через трехполюсный разъединитель марки РНДЗ-2-11-/1000 с рычажным приводом типа ПР-90. Дополнительные резервные источники питания не предусмотрены. Вывод в ремонт любого узла в цепочке электроснабжения участка ХМУ приводит к полной остановке и простою всего технологического оборудования.

В связи с перечисленными выше недостатками в электроснабжении предлагаются следующие этапы модернизации:

1. Реконструировать РУ-0,4 кВ. РУ выполнить из двух секций, с двумя вводными и одним секционным автоматическими выключателями, с устройством автоматического включения резерва (далее АВР). Электроснабжение секций произвести от разных силовых трансформаторов. Для удобства монтажа секции изготовить из шкафов низковольтных комплектных устройств (далее НКУ).

2. Установить второй силовой трансформатор. Подключение трансформатора выполнить от КП №13, которая получает питание от ГПП №1.

РУ-0,4 кВ. Каждая секция будет состоять из четырех шкафов двухстороннего обслуживания с конкретным назначением каждого силового шкафа, а именно шкафы 1 и 2 ввода электроэнергии, шкафы 3 и 4 распределения электроэнергии и управления механизмами, шинная перемычка 5 предназначена для соединения сборных шин двух секций (рис. 1).



*Рис. 1. Секция распределительного устройства
1, 2 – шкафы ввода электроэнергии; 3, 4 – шкафы распределения электроэнергии;
5 – шинная перемычка*

Все силовые шкафы, входящие в низковольтное комплектное устройство, содержат функциональный отсек 6 (рис. 2), в состав которого входят выдвижные модульные блоки (тележки) 7 или выдвижные автоматические выключатели разъема силовой цепи [2]. В каждом модульном блоке предусмотрена система механических и электрических блокировок, препятствующих извлечению блока под нагрузкой и обеспечивающих безопасную эксплуатацию распределительного устройства.

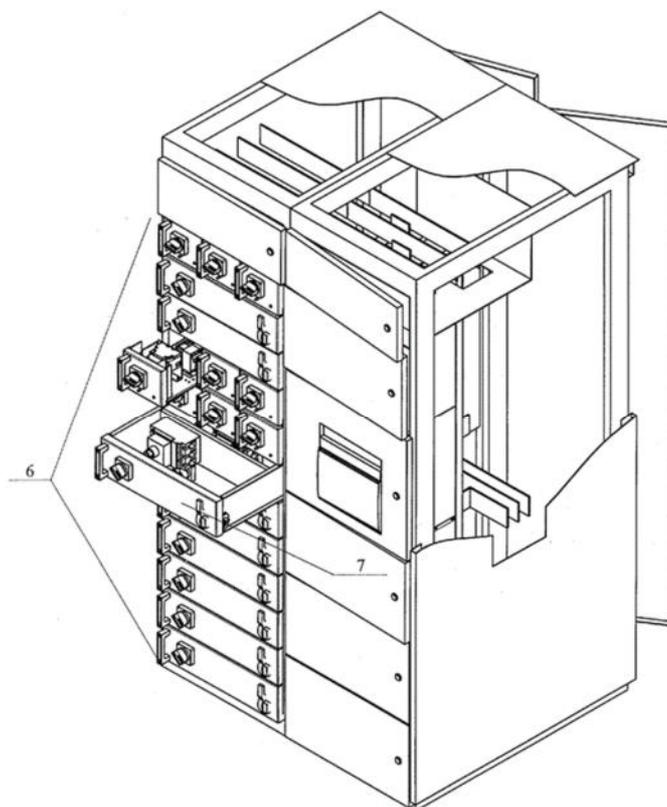


Рис. 2. Функциональный отсек

Модульный блок (далее блок) может быть укомплектован автоматическим выключателем любого номинала, габариты которого, вписываются во внутреннее пространство модульного блока (рис. 3).

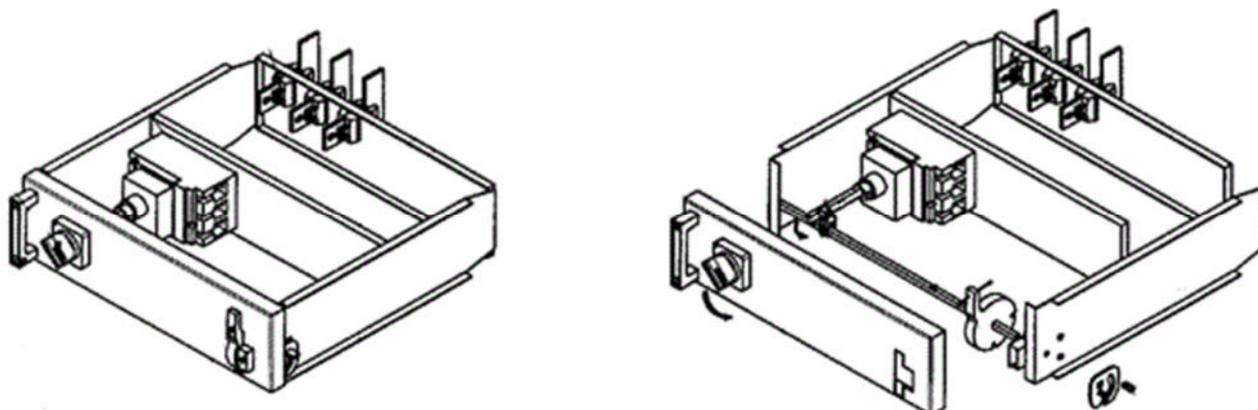


Рис. 3. Модульные блоки

Блоки являются взаимозаменяемыми. При выходе из строя или необходимости проведения технического обслуживания любого из блоков, он может быть заменен аналогичным блоком с автоматическим выключателем необходимого номинала. Извлечение блока осуществляется без отключения всего шкафа НКУ, что позволяет минимизировать время простоя оборудования, на котором установлен данный блок. В дальнейшем демонтированный блок может быть транспортирован в любое удобное для ремонтного персонала место для проведения дальнейшего обслуживания и ремонта.

Преимущество рассмотренной выше модульной системы заключается в универсальности и простоте обслуживания шкафов НКУ.

Система АВР. Используемая система АВР не совершенна. Среднее время срабатывания большинства систем АВР при отключении одного из вводов электроснабжения составляет от 0,3 до 0,8 с.

Этого времени достаточно для отключения всего технологического оборудования. Для запуска в работу отключившегося оборудования обслуживающим персоналом затрачивается в среднем около 5 мин. Этого времени достаточно для начала процесса деформации вращающейся трубы прокаточной печи. Вращение трубы осуществляется асинхронным трехфазным электродвигателем мощностью 3 кВт через цилиндрический редуктор. Электродвигатель управляется частотно-регулируемым приводом. Для исключения ситуации с остановкой электродвигателя вращения трубы в момент срабатывания системы АВР предлагается установка частотно-регулируемого привода (далее ЧРП) с возможностью питания не только от стандартной электрической сети, но и от низковольтного источника постоянного напряжения [3]. Его особенность заключается в том, что в преобразователь частоты, включающий входные выводы для подключения питания переменного напряжения, выходные выводы для подключения трехфазного асинхронного двигателя, трех блоков однофазных силовых ключей с блоком управления ими и трехфазного выпрямителя с емкостным фильтром введены входные выводы для подключения низковольтного источника постоянного напряжения, соединенные с входом инвертора, состоящего из блока генератора импульсов управления силовыми ключами, блока силовых ключей на основе MOSFET-транзисторов, импульсного трансформатора, мостового выпрямителя с $L-C$ фильтром, а также реле контроля фаз, подключенное к входным выводам источника питания переменного напряжения, осуществляющее запуск генератора импульсов инвертора в случае пропадания основного источника питания переменного напряжения (рис.4).

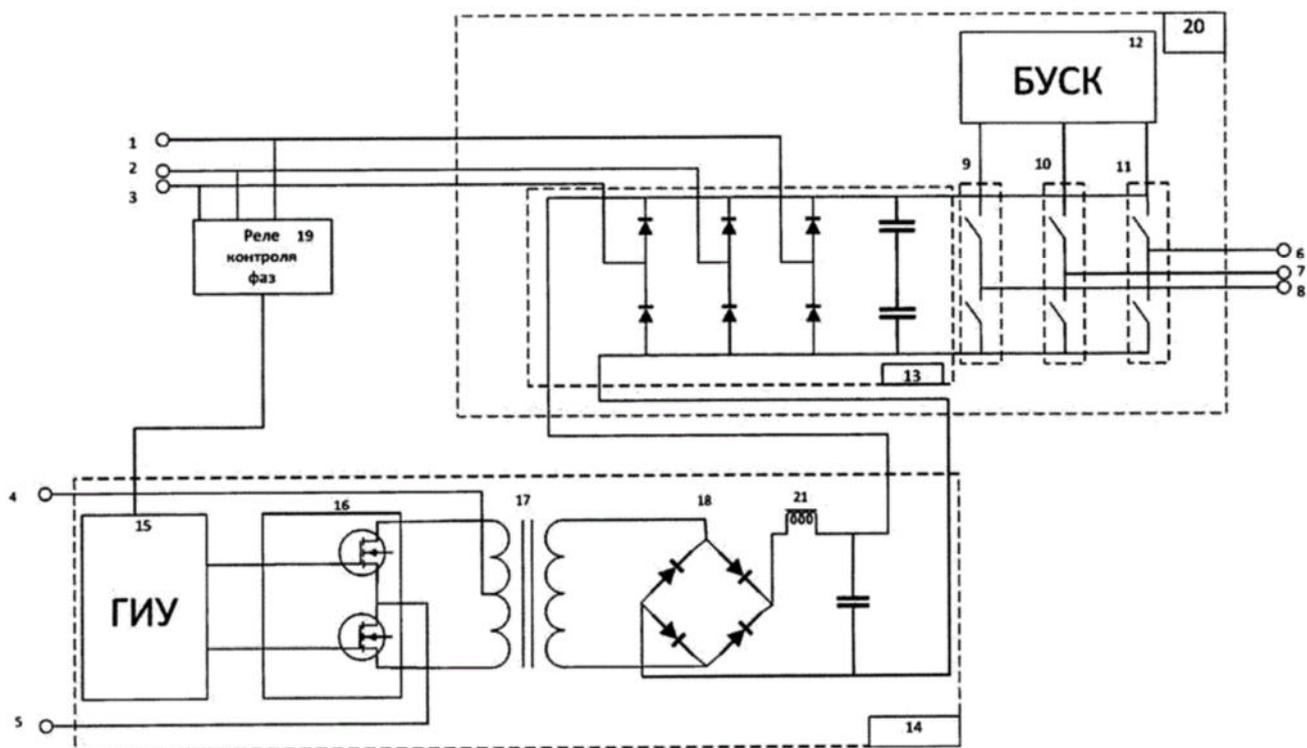


Рис. 4. Схема частотно-регулируемого привода

В результате некорректного основного питания (пропадания одной или всех фаз) или понижения напряжения ниже допустимого уровня срабатывает реле контроля фаз, которое запускает работу ЧРП от низковольтного источника постоянного напряжения.

При возобновлении основного питания от входных выводов реле контроля фаз запретит работу генераторов импульсов управления, в результате чего инвертор прекратит работу, и ЧРП продолжит работу от основного источника питания.

Модернизация действующей схемы электроснабжения участка ХМУ позволяет значительно повысить надежность электроснабжения. Усовершенствованная схема дает возможность сократить время простоя основного технологического оборудования при проведении технического обслуживания или аварийной ситуации на любом звене электроснабжения действующего производства, что составит значительную экономию средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тищенко А.О. Модернизация электроснабжения химико-металлургического участка // Решение: Материалы Девятой всерос. науч.-практ. конф. (г. Березники, 17 октября 2020 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 142–143.
2. Низковольтное комплектное устройство для ввода, распределения электроэнергии и управления: Пат. RU 2321122 С1 Рос. Федерация МПК H02B 11/173 / Закрытое Акционерное Общество «Прогресс, ЗАО»; №2006146861/09; заявл. 28.12.2006; опубл. 11.07.2018, Бюл. №20.
3. Частотный преобразователь для трехфазных асинхронных электродвигателей с возможностью питания от низковольтного источника постоянного напряжения: Пат. RU 194 734U1 Рос. Федерация СПК H02M 5/458 / В.В. Слепцов, С.Б. Савилкин, В.В. Осипов, С.В. Мацыкин; № 2019116436; заявл. 28.05.2019; опубл. 20.12.2019, Бюл. №35.

Поступила 15.03.2021

Д.В. Толстиков
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕЧИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ХЛОРИДА КАЛИЯ

Рассматривается задача усовершенствовать автоматизацию сушки хлорида калия в печах кипящего слоя. В существующей технологической схеме заменить ряд приборов КИПиА: при этом модернизировать АСУТП печи кипящего слоя, улучшив управление технологическим процессом и сделав его более информативным.

В производстве хлорида калия в промышленности применяются два метода: флотационный и галлургический. На начальных стадиях эти методы отличаются своими процессами, но завершающим этапом производства является общий процесс – сушка конечного продукта, которая происходит в различных промышленных аппаратах: труба-сушилка, барабанные сушилки или печи кипящего слоя. В сушильном отделении БКПРУ-4 ПАО «Уралкалий» размещены три печи кипящего слоя КС-1, КС-2 и КС-R, в которых происходит сушка хлорида калия с исходной влажностью не более 7 % с получением высушенного продукта влажностью не более 0,1 %. Система управления печью КС реализована на базе контроллера фирмы Siemens SIMATIC S7-300CPU 315-2DP. Основная задача системы управления заключается в поддержании на постоянном уровне температуры слоя и разрежения верхней части купола печи, т.к. именно они являются одними из главных параметров, которые отражают соответствие расхода и прихода тепла в тепловом балансе и поддержании уровня слоя продукта в печи. Для этого используется система регулирования, построенная на основе дифференциального уравнения теплового баланса:

$$d(V_{\text{KCl}} \cdot \rho_{\text{KCl}} \cdot c_{\text{KCl}}) / dt = Q_{\text{вход}}(t) + Q_{\text{вм}}(t) + Q_{\text{выход}}(t), \quad (1)$$

где: V_{KCl} – объем кипящего слоя, м³;
 ρ_{KCl} – плотность кипящего слоя, кг/м³;
 c_{KCl} – удельная теплоемкость в кипящем слое, Дж/кг · К;
 $Q_{\text{вход}}$ – объемный расход на входе;
 T – температура кипящего слоя;
 $Q_{\text{вм}}$ – объемный расход влажного материала;
 $Q_{\text{выход}}$ – объемный расход на выходе.

Хлорид калия с влажностью не более 7% из главного корпуса обогатительной фабрики поступает на ленточные конвейеры, далее – в накопительный бункер, из которого ленточным конвейером и забрасывателем продукт загружается в аппарат [1, 2].

Газ на газоструйную горелку подается из газораспределительной подстанции по кольцевой системе [3]. Давление газа перед горелкой должно составлять 0,36...0,6 МПа.

Для дистанционного розжига горелки применяется устройство запально-защитное (ЗЗУ) типа ЗЗУ-4. Подача природного газа к ЗЗУ осуществляется в объеме 1200 м³/ч. Подача газа осуществляется по автономному трубопроводу, на горизонтальном участке которого установлен запорный клапан.

Сгорание газа и достижение температуры теплоносителя под решеткой КС не более 670 °С обеспечивается подачей первичного и вторичного воздуха от вентиляторов. Схема материальных потоков представлена на рисунке 1.

Сушка флотоконцентрата в аппарате КС происходит при следующих основных параметрах [4]:

- температура в слое от 120 до 125 °С;
- давление в слое от 1 до 3,5 кПа;

- разрежение сверху печи КС от 0,4 до 0,1 кПа;
- расход воздуха общего от 26 до 60 тыс. м³/ч, в том числе первичного от 6 до 20 тыс. м³/ч, вторичного от 20 до 40 тыс. м³/ч;
- нагрузка по сухому готовому продукту (от 20 до 100) т/ч.

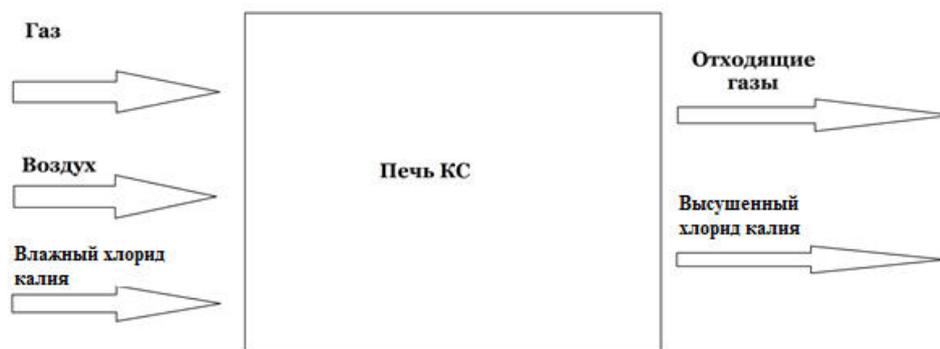


Рис. 1. Схема материальных потоков

Очищенные до санитарных норм дымовые газы дымососами выбрасываются в атмосферу.

Обработанный реагентами продукт конвейером транспортируется на склад готовой продукции или на участок грануляции. Подставив в формулу в соответствии с действующим регламентом производства ПАО «Уралкалий» числовые значения плотности $\rho_{KCl} = 1,424 \cdot 10^6$ кг/м³, удельной теплоемкости $c_{KCl} = 2 \cdot 10^3$ Дж/кг · К в формулу дифференциального уравнения получим.

$$\frac{1,424 \cdot 10^6 \cdot V_{KCl} \cdot T}{dt} = 96,975 \cdot Q_{ТГ}(t) + 28 \cdot 10^3 \cdot Q_{ВМ}(t) - 0,165 \cdot Q_{ВГ}(t) \cdot T \quad (2)$$

где: $Q_{ТГ}(t)$ – объемный расход топочных газов,

$Q_{ВМ}(t)$ – объемный расход влажного материала,

$Q_{ВГ}(t)$ – объемный расход смеси газ-воздух.

Получим такую информационную схему объекта регулирования (рис. 2).

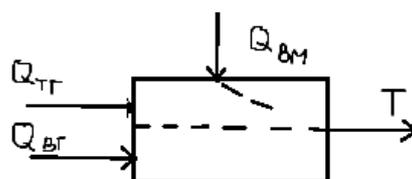


Рис. 2. Информационная схема объекта регулирования

Расход газа, подающего на горелку, измеряется дифманометрическим методом, т. е. сужающее устройство – дифманометр и т.д. Для увеличения информативности и быстродействия системы регулирования предлагают заменить метод измерения и поставить тепловые расходомеры. Тепловые расходомеры или термодифференциальные расходомеры или терморазностные или массовые термоанемометры – неполный перечень наименований данного класса измерительных приборов. Расходомеры воздуха данного принципа действия установлены на многих современных автомобилях, а в промышленности их применение гораздо скромнее. Пока применение воздуха и газов в других системах стоит не так дорого, как при эксплуатации автомашины и в скафандре космонавта, внимание к измерению расходов газов в системах вентиляции, заводских компрессорных, станциях очистки и других комплексах повышается такими же темпами. Тем не менее приборы отличаются простотой применения, сравнительно низкой ценой, особенно для газоходов больших

диаметров, развитой электронной поддержкой измерений, передачи данных и богатым человеко-машинным интерфейсом (рис. 3).

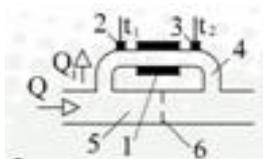


Рис. 3. Схема термоконвективного расходомера, где
1 – нагреватель; 2, 3 – датчики температуры; 4 – трубка;
5 – шунтируемый участок трубопровода; 6 – дроссель

Тепловые расходомеры относятся к классу прямых измерителей массовых расходов, жидкостей и газов, т.е. сред с изменяющейся плотностью при изменении температуры и/или давления. В отличие от не прямых (косвенных) способов измерения, предполагающих независимое измерение объемного расхода, вязкости, температуры и давления с последующей коррекцией (вычислением) плотности и, соответственно, массы истечения жидкости или газа, принцип измерения массовых расходов, опирающийся на измерение конвективного теплопереноса, известен с публикации закона Л. Кинга с начала 90-х годов XX века:

$$Y = A + B \times (\rho V_f) C, \quad (3)$$

где h – коэффициент теплопередачи нагреваемого тела, находящегося в термодинамическом равновесии с окружающей средой, Дж/(м² К);

A , B , C – константы, определяемые эмпирически (в процессе калибровки расходомера);

ρV_f – «массовая» скорость потока, кг/с.

Поскольку электрическая мощность, подводимая к нагреваемому телу, в равновесном состоянии равна потере тепловой энергии Q при охлаждении тела молекулами обтекающей его среды, то:

$$I^2 R = Q = h \times A (T - T_f), \quad (4)$$

где I – ток;

R – сопротивление нагреваемого тела;

Q – площадь поверхности нагрева;

T – температура нагреваемого тела;

T_f – температура потока.

Из приведенных соотношений (3) и (4) видно, что скорость массового потока ρV_f и потери тепловой энергии являются функцией двух переменных – температуры среды и температуры нагреваемого тела, т.е.

$$\rho V_f = F (T, T_f).$$

Однако только в 1959 г. компанией Thermal Instrument Company были созданы первые **промышленные приборы** теплового рассеивания для измерения расходов жидкостей и газов, после чего индустрия тепловых расходомеров начала интенсивно развиваться. Тепловые расходомеры построены на основе измерения «принудительных» конвективных потерь теплоты телом (термометром) при его обтекании набегающим потоком (термоанемометры) и на переносе теплоты (калориметрические расходомеры) между двумя телами.

В обоих случаях измерение потерь количества тепловой энергии сопоставимо в определенных условиях с измерением истечения непосредственно массы потока с достаточно высокой точностью. Такими условиями, прежде всего, являются конструктивные особенности датчиков, обеспечивающие пренебрежимо малые потери тепла, вызываемые другими видами переноса тепловой энергии, не участвующими в принудительном конвективном охлаждении термометров. Это – потери теплоты, вызванные естественной конвекцией при отсутствии движения потока (2), потери тепла из-за теплопроводности проводников, подключающих термометры к измерительному мостику, а также тепловое излучение, испускаемое нагретым телом. Другим условием обеспечения точности преобразования массового расхода в электрический сигнал является соответствие постоянной времени термометров динамике потока. Вышеприведенные уравнения являются крайне нелинейными. Получение линейного выходного сигнала в широком диапазоне расходов зависит также от эффективности используемого метода линеаризации уравнений и его физической реализации. Тепловые расходомеры в качестве чувствительного элемента используют в большинстве случаев платиновые термометры сопротивления, а также термопары, термисторы, а в микрорасходомерах широкого применения (калориметрических приборах) используются микропроцессорные датчики, использующие КМОП-технологии изготовления больших интегральных микросхем.

Один термометр является датчиком температуры потока, второй термометр – «датчиком скорости», т.к. служит рабочим телом для измерения тепловых потерь при охлаждении тела набегающим потоком (рис. 4).

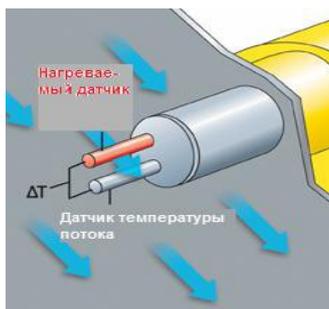


Рис. 4. Чувствительный элемент

Существуют два способа реализации измерения потерь теплоты чувствительным элементом тепловых расходомеров при его обтекании потоком жидкости или газа.

Один способ связан с поддержанием постоянного перепада температур между двумя термометрами.

Второй способ связан с поддержанием постоянной мощности на нагреваемом термометре (тока постоянного значения) и измерении разности температур между температурой потока и температурой датчика скорости. Поскольку температура потока измеряется независимо, то у датчика, нагреваемого током постоянного значения, изменяется только сопротивление, которое и требует измерения.

Тепловые расходомеры постоянного перепада температур поддерживают постоянную разность температур между охлаждаемым потоком термометром (датчиком скорости) и вторым термометром, который измеряет текущую температуру протекающей среды.

Скорость потока является функцией переменного значения тока и температуры среды:

$$\rho V f = F(I, T_f).$$

Электрическая мощность, необходимая для постоянного поддержания разности температур между нагреваемым термометром и «образцовым» термометром, связана нелинейной зависимостью с массовым объемом протекающей среды. Эффект колебаний плотности сжимаемых сред отражается в интенсивности потерь тепловой энергии на одном

из термометров и интенсивности охлаждения другого термометра, что виртуально автоматически учитывается при измерении электронным блоком расходомера электрической мощности, необходимой для поддержания разности температур.

Расходомеры постоянного перепада температур при отсутствии расхода могут показывать ненулевое значение расхода, т.к. $A > 0$ (см. (4)). Это означает отсутствие «отсечки нуля», упущенной при калибровке расходомера.

Постоянная времени расходомеров постоянного перепада температур составляет порядка 1–3 сек и достаточно мала, чтобы обеспечивать измерение быстроменяющихся процессов в динамическом диапазоне прибора 1 : 1000.

Тепловые расходомеры постоянной мощности используют три элемента, устанавливаемых в корпусе датчика.

К нагреваемому термометру подключается дополнительный элемент нагрева термометра током постоянного значения. С изменением скорости обтекания датчика сопротивление термометра изменяется, а подводимый ток сохраняется постоянным. Поскольку значение подводимого тока к датчику скорости всегда постоянно, изменение сопротивления термометра при его обтекании потоком является измеряемой величиной. Температура потока измеряется вторым независимым термометром, и измерение скорости потока сводится к измерению текущего сопротивления нагреваемого термометра.

$$\rho V f = F(R).$$

Ток постоянного значения, подводимый к нагреваемому термометру (датчику скорости), имеет большее значение, чем ток, необходимый для поддержания постоянной разности температур на термометрах. Поэтому нулевая скорость потока является, как правило, неприемлемой для калибровки расходомеров постоянной мощности рассеивания. Устойчивость «нуля» может быть нестабильной из-за постоянного подогрева термометра и конвекционных потерь, вызываемых малыми скоростями потока.

Из-за большего значения тока на термометре они обладают более высокой инерционностью, чем тепловые расходомеры постоянного перепада температур.

Области применения.

Расходомеры постоянной мощности отличаются устойчивым выходным сигналом, сравнительно легко выделяемым электронным блоком на фоне действующих помех.

Они могут измерять чрезвычайно низкие расходы, расходы грязных и увлажненных газов, жидкостей и даже сухих смесей. Основной областью применения являются АСУ ТП.

Вывод. **Расходомеры постоянного перепада температур** имеют высокое быстродействие и являются идеальными приборами для измерения чистых газов с высокими скоростями истечения, а также для мониторинга процессов транспортировки (выбросов) газов с малыми постоянными времени в широком диапазоне скоростей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Действующий регламент производства ПАО «Уралкалий». 2012. 670 с.
2. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1985. 352 с.
3. Шувалов В.В., Огаджанов Г.А., Голубятников В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1991. 480 с.
4. Шкатов Е.Ф. Технологические измерения и КИП на предприятиях химической промышленности. М.: Химия, 1986. 320 с.
5. Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 29 апреля 2015). Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2015. 515 с.
6. Тепловые расходомеры. URL: http://trimeter.spb.ru/ob_izmerenii_rashodov/Teplovie_rashodomeri.pdf.

Поступила 15.03.2021

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер
**ОЧИСТКА ТЕТРАХЛОРИДА ТИТАНА ТЕХНИЧЕСКИМИ
 СРЕДСТВАМИ МНОГОКРАТНОЙ ПЕРЕГОНКИ**

Изложены технологические основы применения массообменного процесса ректификации для разделения многокомпонентной технической смеси, поступающей на действующем производстве из отделения хлорирования титансодержащей шихты. Основное внимание уделено физическим состояниям перерабатываемых веществ, гидродинамическим режимам материальных и энергетических потоков, режимам и условиям обеспечения интенсивного массообмена.

Технологическая схема очистки поступающего из отделения хлорирования фильтрата технического тетрахлорида титана $TiCl_4$ реализует последовательную многократную перегонку сначала в ректификационной, а затем в дистилляционной колонне [1, 2]. Основное оборудование, материальные, энергетические потоки и объединяющая их технологическая схема представлена на рисунке. [3].

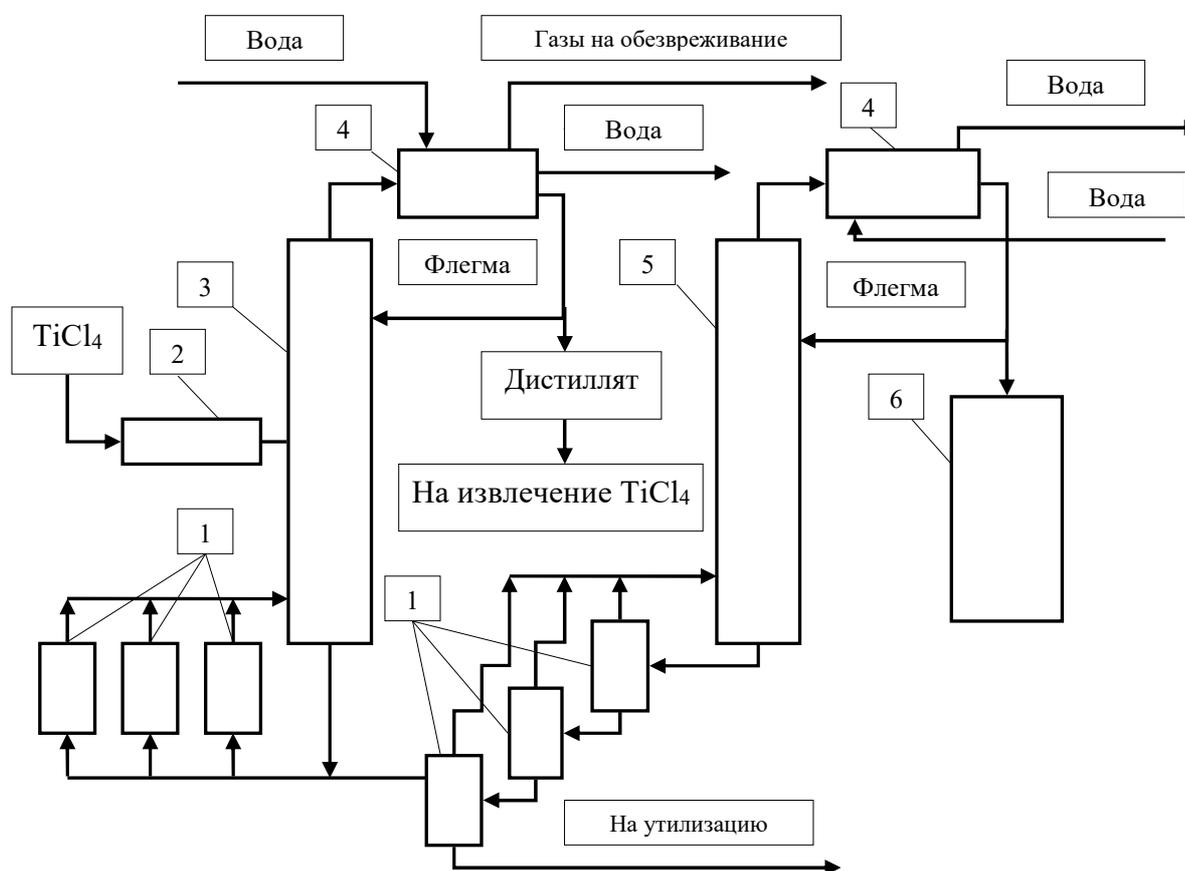


Рис. Технология очистки тетрахлорида титана:

1 – кубы-испарители; 2 – подогреватель питания; 3 – ректификационная колонна; 4 – дефлегматор; 5 – дистилляционная колонна; 6 – бак-сборник готового продукта

Организация интенсивного массообмена в колонных аппаратах базируется на использовании различий физических свойств очищаемого вещества и его примесей [4]. Молекула тетрахлорида титана имеет тетраэдрическую форму и вследствие симметричности формы неполярна. Дипольный момент равен 0Д. Диэлектрическая постоянная тетрахлорида титана при 24° равна 2,73, то есть тетрахлорид титана является достаточно электрически прочным диэлектриком. В нем растворяются лишь подобные ему вещества – легкоплавкие

хлориды с малыми диэлектрическими постоянными и малыми дипольными моментами, имеющие молекулярную кристаллическую решетку. Вещества с ионными решетками практически нерастворимы в $TiCl_4$ [5].

Примеси – это трихлорид железа $FeCl_3$ ($319^\circ C$), тетрахлорид ванадия VCl_4 ($164^\circ C$), окситрихлорид ванадия $VOCl_3$ ($127^\circ C$), тетрахлорметан CCl_4 ($76,6^\circ C$), тетрахлорсилан $SiCl_4$ ($59^\circ C$) 26,0 кПа, фосген $COCl_2$ ($8,2^\circ C$) и ряд других жидкостей и газов. Двухступенчатую очистку тетрахлорида титана проводят последовательно в двух ректификационных колоннах с 40...50-дырчатыми или щелевыми тарелками.

Ректификация – это многократное взаимодействие дистилляции и конденсации летучих компонентов смеси жидкостей. Предварительно подогретый до $60...135^\circ C$ технический тетрахлорид титана подают в среднюю часть первой ректификационной колонны, разделяя ее таким образом на нижнюю, исчерпывающую, и верхнюю, укрепляющую часть. Так как тетрахлорид титана не электропроводен, испарение жидкости в кубе-испарителе обеспечивают электрические нагреватели с открытыми спиралями. Захлаживание верха колонны обеспечивается подачей флегмы на орошение. Таким образом, по высоте колонны в пределах $60...130^\circ C$ формируется температурный профиль, изменяющийся от температуры кипения одного из компонентов (тетрахлорида титана) в нижней части до температуры кипения другого (тетрахлорсилана) в верхней части. Такому температурному профилю соответствует профиль давления, изменяющийся по высоте колонны от $100...120$ кПа ($800...900$ мм рт. ст.) в нижней части, до $2,7...3,3$ кПа ($20...25$ мм рт. ст.) в верхней части колонны.

Температурные условия внизу колонны создают условия интенсивного испарения тетрахлорида титана, с восходящими парами которого смешиваются пары низкокипящих (НК) компонентов исходной смеси: тетрахлорсилана $SiCl_4$, фосгена $COCl_2$ и других. Затем образовавшиеся пары поднимаются вверх, контактируя со стекающей вниз флегмой. В ходе такого массообмена из паров конденсируется тетрахлорид титана $TiCl_4$ и высококипящие (ВК) компоненты такие, как хлорид алюминия $AlCl_3$, который возгоняется, не плавясь при $192,6^\circ C$, и хорошо растворяющийся в тетрахлориде окситрихлорид ванадия $VOCl_3$. Таким образом, поднимающийся вверх пар обогащается НК-компонентами, а текущая вниз флегма – ВК-компонентами.

Из верха колонны пары, обогащенные тетрахлорсиланом $SiCl_4$, фосгеном $COCl_2$ и неконденсирующимися газами: диоксидом углерода CO_2 , хлороводородом HCl , азотом N_2 и другими НК-примесями – поступают в охлаждаемый водой трубчатый дефлегматор. Часть сконденсированных здесь паров тетрахлорсилана $SiCl_4$, тетрахлорида титана $TiCl_4$ и других соединений возвращаются в виде флегмы на орошение колонны. Другая часть сконденсированного НК-продукта выводится в виде дистиллята, из которого извлекают тетрахлорид титана для возврата обратно в цикл очистки. Скапливающиеся в дефлегматоре неконденсируемые газы CO_2 , N_2 , O_2 , $COCl_2$ поступают в печь сжигания фосгена и затем выбрасываются в атмосферу.

Все ВК-примеси, концентрирующиеся в кубах ректификации первой ступени, непрерывно поступают в кубы ректификации второй ступени, очищающей от ВК-соединений: дихлороксида титана, хлоридов железа и алюминия, хлорсилоксанов вида $Si_nO_n-1Cl_{2n+2}$, ароматических углеводородов. На второй ступени очистки тетрахлорид титана, непрерывно испаряемый в кубах-испарителях, подается в нижнюю часть второй колонны при температуре $139^\circ C$ и в виде пара поднимается вверх, омываясь стекающим навстречу потоком флегмы. Ректификационная колонна, представляя собой, таким образом, только укрепляющую часть, может рассматриваться как простая перегонка в дистилляционной колонне, в которой интенсивный тепломассообмен между поднимающимся потоком пара и стекающим сверху потоком жидкости обогащает пары НК (в данном случае компонентом – тетрахлоридом титана). Паровой поток из верха колонны подается в дефлегматор, в котором конденсируется чистый тетрахлорид титана. Часть его возвращают на орошение колонны в

качестве флегмы. Другая часть представляет собой очищенный продукт и направляется в баки-сборники готового продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев В.А., Рогожников Д.А. *Металлургия титана: учеб. пособие.* Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2015. 194 с.
2. Беккер В.Ф. *Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. Т.2. Производство губчатого титана: монография.* Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. 176 с.
3. Кучина А.С. *Очистка тетрахлорида титана методом ректификации // Решение: материалы Девятой Всерос. науч.-техн. конф.* Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 102–104.
4. Касаткин А.Г. *Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов.* М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 753 с.
5. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. *Свойства газов и жидкостей.* Л.: Химия, 1982. 592 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 669.295 66.048.3-932.2

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕКТИФИКАЦИИ ТЕТРАХЛОРИДА ТИТАНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗДЕЛЯЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ

На основе анализа информации о моделировании ректификации многокомпонентных смесей обоснован выбор математической модели. Обоснованием истинности принимаемого решения является критерий близости физических свойств разделяемых компонентов смеси. Предложено исследовать ректификацию тетрахлорида титана на модельных жидкостях, рабочие области температур кипения и равновесных давлений паров которых близки к режиму работы ректификационной колонны на действующем производстве губчатого титана.

Решение задачи математического моделирования процесса ректификационной очистки тетрахлорида титана [1, 2] начиналось с изучения оригинала будущей модели – непосредственно массообменного процесса многократной перегонки [3, 4] с учетом особенностей аппаратного оформления и свойств перерабатываемых технологических потоков.

Из множества математических моделей, с достаточной степенью адекватности описывающих поведение химико-технологических систем, представленных в многочисленных и многолетних трудах исследователей, например, школы академика В.В. Кафарова [5], следует обратить внимание на работы коллектива исследователей школы профессора В.А. Холодного [6].

Рассмотрим представленный в табл. 1 следующий ряд многокомпонентных физических систем, равноправных друг к другу в качестве объектов моделирования, вследствие явных аналогий своей физической природы, позволяющих на основании сходства рассматриваемых объектов в каком-либо отношении судить о сходстве их и в других отношениях. Другим условием включения в круг рассматриваемых систем является изоморфизм в отношении их математического описания, в соответствии с которым, как показывает практика научных исследований, правомерно представлять исследуемый объект

на модели, имеющей другую физическую природу, если их математические описания изоморфны. Следствием выявленных свойств аналогий и изоморфизма является возможность включить в качестве мощного инструмента исследований универсальность дифференциальных уравнений, описывающих различные по своей природе свойства оригинала и модели.

В постановке задачи выбора модели рассматриваемые системы получают соответствующий статус (оригинал или модель), в зависимости от роли, выполняемой в процессе моделирования.

Таблица 1

Физические системы, подвергаемые многократной перегонке

Состав многокомпонентной системы	Статус системы	Источник
Тетрахлорсилан-тетрахлорметан-тетрахлорид титана	Оригинал	[4]
Бензол-толуол-ксилол	Модель 1	[6]
Циклогексанон-циклогексанол-фенол	Модель 2	[8]

В основе выбора наиболее подходящей модели рассматривались самые важные в массообменных процессах многократной перегонки многокомпонентной смеси физические свойства разделяемых компонентов: температура кипения, летучесть, плотность, динамическая вязкость.

Для промышленной ректификационной колонны очистки тетрахлорида титана самое общее, хотя и достаточное для элементарного математического описания, представление о процессах массообмена приведено в работе [4]. Среди компонентов системы, образующейся на предыдущей стадии производства губчатого титана при хлорировании титаносодержащей шихты, рассматриваются в качестве основных компоненты, имеющие наибольшую массовую долю в смеси. В литературных источниках [9, 10, 11] найдены численные значения указанных выше физических характеристик основных компонентов системы. Эти данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Физические свойства тетрахлорида титана и основных загрязняющих его компонентов

Наименование	Формула	Плотность, кг/м ³	Динамическая вязкость, Па·с	Температура кипения, °С	Летучесть при 20°С, кПа
Тетрахлорид ванадия	VCl ₄	1820	0,000810	164	1,2
Тетрахлорид титана	TiCl ₄	1728	0,000831	135,9	1,3
Оксотрихлорид ванадия	VOCl ₃	1826	?	127	1,83
Тетрахлорметан	CCl ₄	1590	0,000969	76,6	11,9
Тетрахлорсилан	SiCl ₄	1480	?	59	26
Фосген	COCl ₂	1403	?	8,2	157 (экстраполируемое значение для 20°С)

Для удобного сравнения основных физических свойств модельных многокомпонентных смесей по всем рассматриваемым вариантам, свойства этих многокомпонентных смесей были сведены в одну табл. 3.

Таблица 3

Свойства оригиналов и модельных вещества для физического моделирования

Оригинальные вещества	Летучесть при 20°C, кПа	Модельные вещества (Модель 1)	Летучесть при 20°C, кПа	Модельные вещества (Модель 2)	Летучесть при 20°C, кПа
Тетрахлорид титана $TiCl_4$ 136,4°C	1,3	Ксилол (орто) $(CH_3)_2C_6H_4$ 144,4°C	0,93	Фенол C_6H_5OH 181,75 °C	0,0281
Оксотрихлорид ванадия $VOCl_3$ 126,7°C	1,83	Толуол $C_6H_5-CH_3$ 110,6°C	2,8	Циклогексанол $C_6H_{11}OH$ 161,1°C	0,133
Тетрахлорсилан $SiCl_4$ 59°C	26	Бензол C_6H_6 80,1°C	9,9	Циклогексанон $C_6H_{10}O$ 155,6°C	0,59 0,49

Более наглядно рассматриваемые свойства представлены на координатной плоскости зависимости летучести от температуры на рисунке. Каждое вещество представлено отдельной изображающей точкой. Совокупность этих точек формирует рабочую линию, определяющую рабочую область. Эта область ограничена, в свою очередь, точками фазовых переходов веществ, находящихся на границах этой рабочей области.

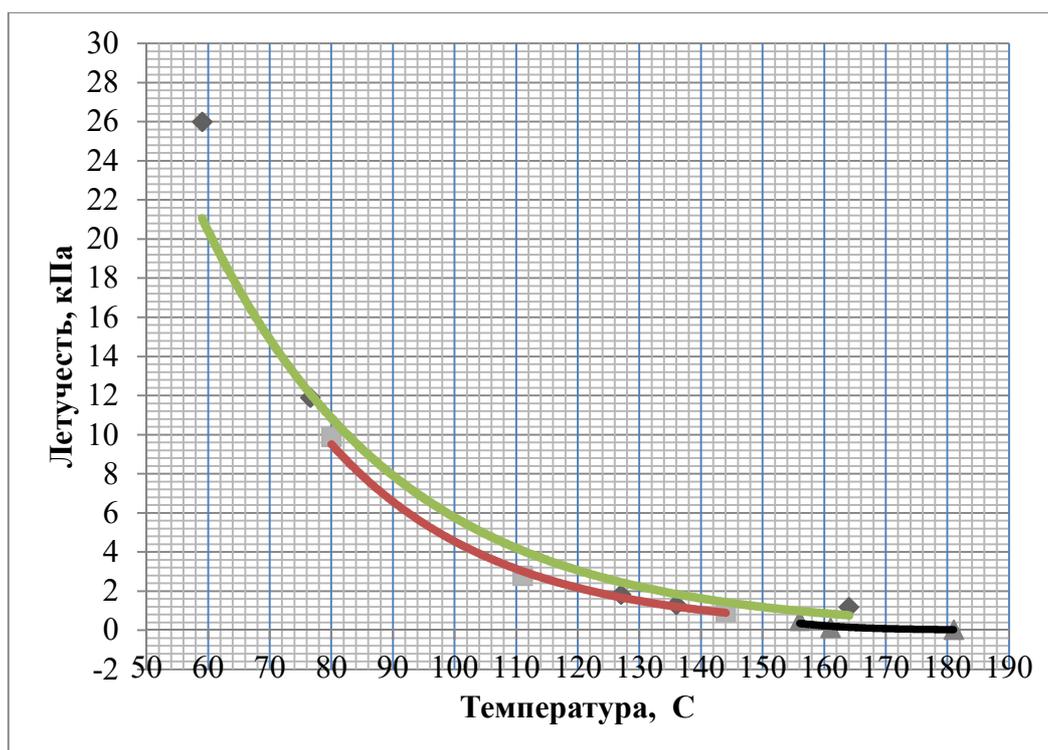


Рис. Области работы математических моделей:
зеленая линия – область оригинала; красная линия – область модели 1;
черная линия – область модели 2

Как следует из графиков, изображенных на рисунке, рабочие области Оригинал и Модели 1 неплохо накладываются в достаточно широком температурном диапазоне. Рабочие линии достаточно близки и по критерию летучести. Выход из рабочей области крайней левой точки (тетрахлорсилан) не критичен, так как обеспечивает условия его испарения и

при более высокой температуре, ограниченной началом разложения оксидхлорида титана (TiOCl_2) при 80°C .

Модель 2 не подходит для исследования Оригинала ни по температуре, ни по летучести исследуемой системы.

Таким образом правомерно сделать вывод о том, что исследование ректификации тетрахлорида титана возможно на модельных жидкостях: бензол $80,1^\circ\text{C}$, толуол $110,6^\circ\text{C}$, ксилол $144,4^\circ\text{C}$ – температура кипения которых близка к температуре кипения тетрахлорида титана $136,4^\circ\text{C}$ и его основных примесей: оксотрихлорида ванадия VOCl_3 $126,7^\circ\text{C}$, тетрахлорсилана SiCl_4 57°C .

Далее в соответствии с приведенными выше обоснованиями в среде MathCAD исследовался процесс разделения трехкомпонентной смеси бензол-толуол-ксилол в тарельчатой ректификационной колонне, полученные результаты интерпретировались как ректификация Оригинала.

Целью дальнейших исследований является исследование Оригинала как объекта управления: определение влияния возмущений по питанию, расходу флегмы, потоку пара из куба-испарителя на профили концентраций по высоте колонны и анализ полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.
2. Лебедев В.А. Рогожников Д.А. Металлургия титана: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2015. 194 с.
3. Кучина А.С. Очистка тетрахлорида титана методом ректификации // материалы конференции «Решение-2020». Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 102–104.
4. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Очистка тетрахлорида титана техническими средствами многократной перегонки (статья в настоящем сборнике).
5. Гариева Ф.Р., Караванов А.А., Снигирев С.В., Гаврилов В.И. Компьютерный расчет процесса ректификации / учеб. пособие. Казань: Изд-во: КГТУ, 2006. 83 с.
6. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учебное пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
7. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Математическое моделирование очистки тетрахлорида титана в ректификационной колонне (в настоящем сборнике).
8. Ermolaeva, V.A. Mathematical modeling of rectification of multi component mix. / V.A. Ermolaeva, D.M. Nikolaeva / International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol.2-2. P. 38–42.
9. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия, 1982. 592 с.
10. Морачевский А.Г., Смирнова Н.А., Пиотровская Е.М. [и др.]. Термодинамика равновесия жидкость-пар. Л.: Химия, 1989. 344 с.
11. Сытник А.А., Фурман А.А., Кулясова А.С. Равновесие жидкость–пар в системе $\text{VCl}_4\text{-VOCl}_3$ // Журнал неорган. химии, 1966, 9, №5. С. 1004–1008.

Поступила 15.03.2021

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер

ИСХОДНЫЕ ПОЗИЦИИ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ РЕКТИФИКАЦИИ ТЕТРАХЛОРИДА ТИТАНА

Изложены основные положения и принимаемые допущения, определяющие исходные позиции и базовые определения, необходимые для последующего математического описания процесса ректификации для разделения многокомпонентной смеси. Определены параметры процесса, исходные данные и начальные условия. Определено распределение идентификаторов в рамках системы программирования MathCAD для проведения общих математических расчетов. Приведена методика применения MathCAD для расчета процесса многокомпонентной ректификации.

Приступая к математическому описанию процесса ректификации, необходимо принять следующие допущения [1]:

- пар и жидкость в колонне находятся в состоянии равновесия;
- разделительная способность куба-испарителя эквивалентна отдельной тарелке;
- часть сконденсированной в дефлегматоре жидкости возвращается на орошение в качестве флегмы, а пар в дефлегматоре полностью конденсируется;
- отсутствует унос жидкости паром с тарелок;
- жидкость на тарелках, а также в кубе-испарителе и в дефлегматоре идеально перемешана;
- потоки жидкости и пара по высоте колонны не изменяются;
- питание и флегма находятся в жидкостном состоянии;
- относительное давление паров в равновесном состоянии – величина постоянная.

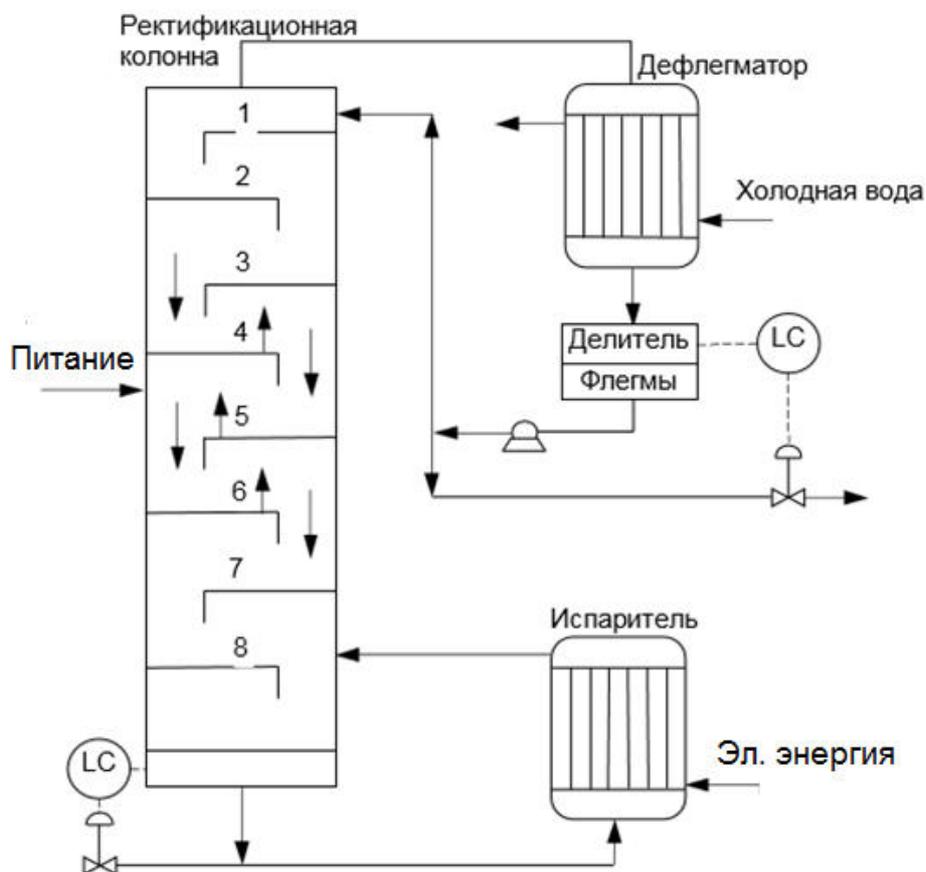


Рис. 1. Схема процесса ректификации

Ректификационная колонна представляет собой вертикальный цилиндр, внутри которого установлены тарелки с провальными отверстиями. Вверх вдоль по колонне движется паровой поток. В нижнюю часть аппарата этот поток поступает из куба-испарителя. Из верхней части колонны паровой поток поступает на вход дефлегматора. Куб-испаритель создает восходящий поток пара, который, проходя по тарелкам колонны, омывается потоком движущейся навстречу, сверху вниз, жидкости. Паровой поток на выходе из куба-испарителя представляет собой почти чистый ВК-компонент, и по мере движения вверх все более обогащается НК-компонентом. Пар покидает верхнюю тарелку колонны в виде почти чистого НК компонента, который практически полностью переходит в паровую фазу при движении от куба-испарителя до верха колонны. В конденсаторе-дефлегматоре, охлаждаемом водой, пары конденсируются. Получаемая жидкость разделяется на дистиллят и флегму, которые возвращаются на верхнюю тарелку колонны для орошения колонны. Таким образом, дефлегматор создает нисходящий поток жидкости. В результате такого разделения в качестве дистиллята получают практически чистый НК-компонент, а в качестве кубового остатка – смесь ВК-компонента с инертными, поступающими в колонну в составе потока питания [3].

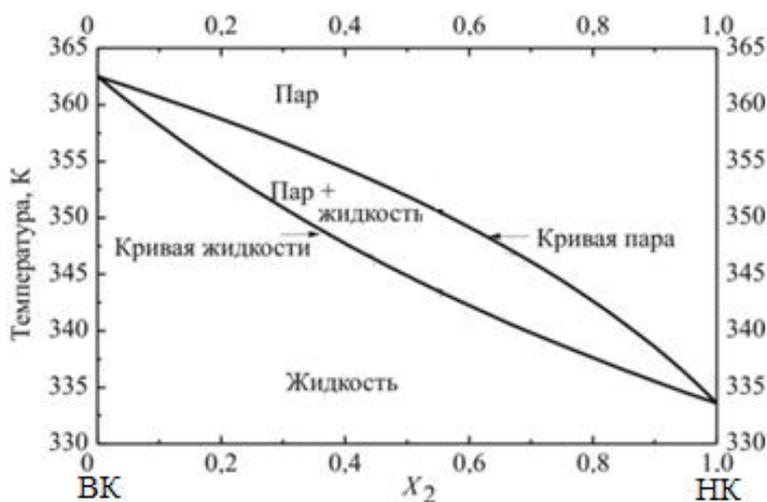


Рис. 2. Фазовая диаграмма $T - X$

При математическом описании процесса ректификации для каждого компонента смеси должно быть записано уравнение материального баланса. При выражении концентраций в массовых долях одно уравнение может быть опущено, при условии, что сумма мольных долей компонентов смеси равна единице [2]. Обозначения и размерности параметров процесса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры процесса		
Обозначение	Наименование	Размерность
I	2	3
M	Мольная доля	—
L	Расход жидкой фазы	кмоль/ч
X	Концентрация жидкой фазы	кмоль/ч
Y	Концентрация газовой фазы	кмоль/ч
V	Расход газовой фазы	кмоль/ч
R	Флегмовое число	—
α	Относительная летучесть	—
D	Расход дистиллята	кмоль/ч

1	2	3
1 8	Номера тарелок	–
<i>B</i>	Куб-испаритель	–
<i>O</i>	Делитель флегмы	–
НК	Низкокипящий компонент	–
ВК	Высококипящий компонент	–

Для любой тарелки колонны, находящейся выше тарелки питания, уравнение для *i*-того компонента имеет вид:

$$M_n \frac{dX_{in}}{dt} = L(X_{in-1} - X_{in}) + V(Y_{in-1} - Y_{in}).$$

Если тарелка находится ниже тарелки питания, то уравнение *i*-того компонента:

$$M_n \frac{dX_{in}}{dt} = Lf(X_{in-1} - X_{in}) + Vf(Y_{in-1} - Y_{in});$$

для куба-испарителя:

$$M_9 \frac{dX_9}{dt} = LI \cdot X_8 - VI \cdot Y_9 - W \cdot X_9,$$

где *i* = 1, 2 для бинарной ректификации.

Равновесное состояние в паровой фазе может быть выражено через относительную летучесть α :

$$Y_n = \frac{\alpha \cdot X_n}{1 + (\alpha - 1) \cdot X_n}.$$

Потоки в колонне: $V = V_1$; $D = \frac{V}{R+1}$; $L = V - D$; $LI = L + F$; $W = LI - VI$.

Исходные данные и начальные условия для контрольного примера приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Исходные данные [2]

Обозначение	Наименование
$F = 50$	Расход питающего потока колонны
$BF = 0.6, TF = 0.25$	Питающий состав
$R = 5$	Флегмовое число
$\alpha_1 = 2.75, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 0.4$	Относительные летучести
$M0 = 75, M9 = 75, M = 30$	Удерживающая способность
$VI = 150$	Расход пара

Начальные концентрации в дефлегматоре, на тарелках колонны и в кубе-испарителе [2]

Компонент	Место в аппарате	Обозначение	Переменная в программе
–	время	$t = 0$	
НК	в кубе-испарителе	$B_9 = 0.006$	y_1
ВК	в кубе-испарителе	$T_9 = 0.594$	y_2
НК	в дефлегматоре	$B_0 = 0.967$	y_3
ВК	в дефлегматоре	$T_0 = 0.0325$	y_4
НК	На 1-й тарелке колонны	$B_1 = 0.914$	y_5
НК	На 2-й тарелке колонны	$B_2 = 0.813$	y_6
НК	На 3-й тарелке колонны	$B_3 = 0.651$	y_7
НК	На 4-й тарелке колонны	$B_4 = 0.457$	y_8
НК	На 5-й тарелке колонны	$B_5 = 0.289$	y_9
НК	На 6-й тарелке колонны	$B_6 = 0.137$	y_{10}
НК	На 7-й тарелке колонны	$B_7 = 0.056$	y_{11}
НК	На 8-й тарелке колонны	$B_8 = 0.020$	y_{12}
ВК	На 1-й тарелке колонны	$T_1 = 0.0849$	y_{13}
ВК	На 2-й тарелке колонны	$T_2 = 0.185$	y_{14}
ВК	На 3-й тарелке колонны	$T_3 = 0.343$	y_{15}
ВК	На 4-й тарелке колонны	$T_4 = 0.522$	y_{16}
ВК	На 5-й тарелке колонны	$T_5 = 0.649$	y_{17}
ВК	На 6-й тарелке колонны	$T_6 = 0.781$	y_{18}
ВК	На 7-й тарелке колонны	$T_7 = 0.817$	y_{19}
ВК	На 8-й тарелке колонны	$T_8 = 0.755$	y_{20}

Выводы. В работе выполнена важная и ответственная часть математического моделирования – определены основные положения, необходимые для последующего математического описания процесса ректификации тетрахлорида титана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 753 с.
8. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
9. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации: монография. Т. 2. Производство губчатого титана. Пермь: ПНИПУ, 2015. 176 с.

Поступила 15.03.2021

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕДАЧИ В КУБЕ-ИСПАРИТЕЛЕ И ДЕФЛЕГМАТОРЕ

Приведен фрагмент MathCAD-программы расчета концентраций НК- и ВК-компонентов в кубе-испарителе и дефлегматоре колонны. Приведены необходимые для понимания обозначения переменных в уравнениях материального баланса.

В работе [1] выполнена важная и ответственная часть математического моделирования – определены основные положения, необходимые для последующего математического описания процесса ректификации тетрахлорида титана.

Одним их важных моментов в математическом описании колонны является описание низа и верха колонны, поскольку здесь формируются основные потоки, двигающиеся вдоль колонны: паровой поток, создаваемый кубом-испарителем, и поток орошающей жидкости, который движется сверху вниз [2, 3].

На рисунке приведен фрагмент программы расчета материальных балансов НК- и ВК-компонентов в кубе-испарителе и дефлегматоре ректификационной колонны.

Переменные, участвующие в расчетах, приведены в таблице.

$$\left[\begin{array}{c} \frac{L1(t) \cdot y_{12} - V1 \cdot v_b(y_1, y_2) - W(t) \cdot y_1}{M_9} \\ \frac{L1(t) \cdot y_{20} - V1 \cdot v_t(y_1, y_2) - W(t) \cdot y_2}{M_9} \\ \frac{V \cdot v_b(y_5, y_{13}) - (L + D) \cdot y_3}{M_0} \\ \frac{V \cdot v_t(y_5, y_{13}) - (L + D) \cdot y_4}{M_0} \end{array} \right]$$

Рис. Фрагмент программы расчета ректификации

Таблица

Переменные программы

Компонент	Место в аппарате	Переменная в программе
НК	в кубе-испарителе	y_1
ВК	в кубе-испарителе	y_2
НК	в дефлегматоре	y_3
ВК	в дефлегматоре	y_4
НК	На 1-й тарелке колонны	y_5
НК	На 8-й тарелке колонны	y_{12}
ВК	На 1-й тарелке колонны	y_{13}
ВК	На 8-й тарелке колонны	y_{20}

Математическое описание процессов массопередачи в кубе-испарителе
Материальный баланс по НК-компоненту в кубе-испарителе:

$$M_9 \frac{dy_1}{dt} = L1(t) \cdot y_{12} - V1 \cdot v_{\text{нк}}(y_1, y_2) - W(t) \cdot y_1,$$

где M_9 – удерживающая способность куба-испарителя;

y_1 – концентрация НК в кубе испарителя, моль/м³;

$L1(t) \cdot y_{12}$ – поток НК, стекающий с жидкостью с 8-й тарелки в куб-испаритель, моль/с;

$L1(t)$ – поток жидкости (жидкостный поток плюс флегма), поступающий с восьмой тарелки в куб-испаритель, м³/с;

y_{12} – концентрация НК на восьмой тарелке, моль/м³;

$V1 \cdot v_{\text{нк}}(y_1, y_2)$ – поток НК, уносимый потоком пара из куба-испарителя на 8-ю тарелку, моль/с;

$V1$ – поток пара, поступающий на восьмую тарелку из куба-испарителя, м³/с;

$v_{\text{нк}}(y_1, y_2)$ – концентрация НК в потоке пара, поступающем на восьмую тарелку из куба-испарителя, моль/м³;

$W(t) \cdot y_1$ – поток НК, уносимый с кубовой жидкостью, моль/с;

$W(t)$ – поток кубовой жидкости, моль/с;

Материальный баланс по ВК-компоненту в кубе-испарителе:

$$M_9 \frac{dy_2}{dt} = L1(t) \cdot y_{20} - V1 \cdot v_{\text{вк}}(y_1, y_2) - W(t) \cdot y_2,$$

где M_9 – удерживающая способность куба-испарителя;

y_2 – концентрация ВК в кубе испарителя, моль/м³;

$L1(t) \cdot y_{20}$ – поток ВК, стекающий с жидкостью с 8-й тарелки в куб-испаритель, моль/с;

$L1(t)$ – поток жидкости (жидкостный поток плюс флегма), поступающий с восьмой тарелки в куб-испаритель, м³/с;

y_{20} – концентрация ВК на восьмой тарелке, моль/м³;

$V1 \cdot v_{\text{вк}}(y_1, y_2)$ – поток ВК, уносимый потоком пара из куба-испарителя на 8-ю тарелку, моль/с;

$V1$ – поток пара, поступающий на восьмую тарелку из куба-испарителя, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_1, y_2)$ – концентрация ВК в потоке пара, поступающем на восьмую тарелку из куба-испарителя, моль/м³;

$W(t) \cdot y_1$ – поток ВК, уносимый с кубовой жидкостью, моль/с;

$W(t)$ – поток кубовой жидкости, моль/с;

y_2 – концентрация ВК в кубе испарителя, моль/м³.

Математическое описание процессов массопередачи в дефлегматоре

Материальный баланс по НК-компоненту в дефлегматоре:

$$M_0 \frac{dy_3}{dt} = V \cdot v_{\text{нк}}(y_5, y_{13}) - (L + D) \cdot y_3,$$

где M_0 – удерживающая способность дефлегматора;

y_3 – концентрация НК в дефлегматоре, моль/м³;

$V \cdot v_{\text{нк}}(y_5, y_{13})$ – поток НК, поступающий с первой тарелки в дефлегматор, моль/с;

V – поток паровой фазы, поступающий с первой тарелки в дефлегматор, м³/с;

$v_{\text{нк}}(y_5, y_{13})$ – концентрация НК в потоке пара, поступающем с первой тарелки в дефлегматор, моль/м³;

y_5 – концентрация НК на первой тарелке, моль/м³;

y_{13} – концентрация ВК на первой тарелке, моль/м³;

$(L + D) \cdot y_3$ – поток НК в жидкости, поступающей на 1-ю тарелку, моль/с;

L – поток жидкости, поступающей на первую тарелку, м³/с;

D – поток дистиллята, возвращаемого на 1-ю тарелку для орошения колонны, м³/с.

Материальный баланс по ВК-компоненту в дефлегматоре:

$$M_0 \frac{dy_4}{dt} = V \cdot v_{\text{вк}}(y_5, y_{13}) - (L + D) \cdot y_4,$$

где M_0 – удерживающая способность дефлегматора;

y_4 – концентрация ВК в дефлегматоре, моль/м³;

$V \cdot v_{\text{вк}}(y_5, y_{13})$ – поток ВК, поступающий с первой тарелки в дефлегматор, моль/с;

V – поток паровой фазы, поступающий с первой тарелки в дефлегматор, м³/с;

$v_{\text{нк}}(y_5, y_{13})$ – концентрация ВК в потоке пара, поступающем с первой тарелки в дефлегматор, моль/м³;

y_5 – концентрация НК на первой тарелке, моль/м³;

y_{13} – концентрация ВК на первой тарелке, моль/м³;

$(L + D) \cdot y_3$ – поток НК в жидкости, стекающей на 1-ю тарелку, моль/с;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

D – поток дистиллята, возвращаемый на 1-ю тарелку для орошения колонны, м³/с.

Выводы. Показано, что в основе математического описания процессов массопередачи в ректификационной колонне лежит взаимодействие двигающихся навстречу друг другу потоков жидкости и пара. Основная роль в формировании этих потоков выполняется кубом-испарителем и дефлегматором. Представляет интерес сравнение уравнений материальных балансов для НК и ВК в кубе-испарителе и в дефлегматоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Исходные позиции для математического описания ректификации тетрахлорида титана // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. (в настоящем сборнике).

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 753 с.

3. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учебное пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

4. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации: монография. Т.2. Производство губчатого титана. Пермь: ПНИПУ, 2015. 176 с.

Поступила 15.03.2021

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕДАЧИ НИЗКОКИПЯЩЕГО КОМПОНЕНТА НА ТАРЕЛКАХ КОЛОННЫ

Приведен фрагмент MathCAD-программы расчета концентраций НК- и ВК-компонентов на тарелках ректификационной колонны. Приведены необходимые для понимания математики обозначения переменных в уравнениях материального баланса.

В работе [1] выполнена важная и ответственная часть математического моделирования – определены основные положения, необходимые для последующего математического описания процесса ректификации тетраоксида титана.

Одним из важных моментов в математическом описании колонны является описание распределения компонентов по тарелкам ректификационной колонны. Особенностью работы среди других тарелок является пятая тарелка, на которую подается питание, поскольку отсюда начинают двигаться уже скорректированные по питанию потоки жидкой паровой фазы [2, 3].

На рисунке приведен фрагмент программы расчета материальных балансов НК- и ВК-компонентов в кубе-испарителе и дефлегматоре ректификационной колонны. Переменные, участвующие в расчетах, приведены в табл.

$$d(t, y) := \left(\begin{array}{c} \frac{L \cdot (y_3 - y_5) + V \cdot (vb(y_6, y_{14}) - vb(y_5, y_{13}))}{M} \\ \frac{L \cdot (y_5 - y_6) + V \cdot (vb(y_7, y_{15}) - vb(y_6, y_{14}))}{M} \\ \frac{L \cdot (y_6 - y_7) + V \cdot (vb(y_8, y_{16}) - vb(y_7, y_{15}))}{M} \\ \frac{L \cdot (y_7 - y_8) + V \cdot (vb(y_9, y_{17}) - vb(y_8, y_{16}))}{M} \\ \frac{f1(t) \cdot BF + L \cdot y_8 - L1(t) \cdot y_9 + V1 \cdot vb(y_{10}, y_{18}) - V \cdot vb(y_9, y_{17})}{M} \\ \frac{L1(t) \cdot (y_9 - y_{10}) + V1 \cdot (vb(y_{11}, y_{19}) - vb(y_{10}, y_{18}))}{M} \\ \frac{L1(t) \cdot (y_{10} - y_{11}) + V1 \cdot (vb(y_{12}, y_{20}) - vb(y_{11}, y_{19}))}{M} \\ \frac{L1(t) \cdot (y_{11} - y_{12}) + V1 \cdot (vb(y_1, y_2) - vb(y_{12}, y_{20}))}{M} \end{array} \right)$$

Рис. Фрагмент программы

Таблица
Переменные программы и их привязка к месту в ректификационной колонне [2]

Компонент	Место в аппарате	Переменная в программе
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
НК	в дефлегматоре	y_3
НК	На 1-й тарелке колонны	y_5
НК	На 2-й тарелке колонны	y_6
НК	На 3-й тарелке колонны	y_7
НК	На 4-й тарелке колонны	y_8
НК	На 5-й тарелке колонны	y_9

1	2	3
НК	На 6-й тарелке колонны	y_{10}
НК	На 7-й тарелке колонны	y_{11}
НК	На 8-й тарелке колонны	y_{12}
ВК	На 1-й тарелке колонны	y_{13}
ВК	На 2-й тарелке колонны	y_{14}
ВК	На 3-й тарелке колонны	y_{15}
ВК	На 4-й тарелке колонны	y_{16}
ВК	На 5-й тарелке колонны	y_{17}
ВК	На 6-й тарелке колонны	y_{18}
ВК	На 7-й тарелке колонны	y_{19}
ВК	На 8-й тарелке колонны	y_{20}

Математическое описание процессов массопередачи на первой тарелке
 Материальный баланс по НК-компоненту на первой тарелке:

$$M \frac{dy_5}{dt} = L(y_3 - y_5) + V \cdot [v_{\text{НК}}(y_6, y_{14}) - v_{\text{НК}}(y_5, y_{13})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_5 – концентрация НК на первой тарелке, моль/м³;

y_3 – концентрация НК в дефлегматоре, моль/м³;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

$L(y_3 - y_5)$ – поток НК, поступающий с жидкостью на первую тарелку, моль/с;

$V \cdot [v_{\text{НК}}(y_6, y_{14}) - v_{\text{НК}}(y_5, y_{13})]$ – поток НК, поступающий с паром на 1-ю тарелку, моль/с;

V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;

$v_{\text{НК}}(y_5, y_{13})$ – концентрация НК в паре на первой тарелке, моль/с;

$v_{\text{НК}}(y_6, y_{14})$ – концентрация НК в паре на второй тарелке, моль/с;

y_6 – концентрация НК на второй тарелке, моль/м³;

y_{14} – концентрация ВК на второй тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на второй тарелке:

$$M \frac{dy_6}{dt} = L(y_5 - y_6) + V \cdot [v_{\text{НК}}(y_7, y_{15}) - v_{\text{НК}}(y_6, y_{14})],$$

где M – удерживающая способность второй тарелки колонны;

y_6 – концентрация НК на второй тарелке, моль/м³;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

$L(y_5 - y_6)$ – поток НК, поступающий с жидкостью на вторую тарелку, моль/с;

$(y_5 - y_6)$ – разность концентраций НК на первой и на второй тарелке, моль/м³;

V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;
 $v_{\text{нк}}(y_6, y_{14})$ – концентрация НК в паре на второй тарелке, моль/с;
 $v_{\text{нк}}(y_7, y_{15})$ – концентрация НК в паре на третьей тарелке, моль/с;
 y_7 – концентрация НК на третьей тарелке, моль/м³;
 y_{15} – концентрация ВК на третьей тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на третьей тарелке:

$$M \frac{dy_7}{dt} = L(y_6 - y_7) + V \cdot [v_{\text{нк}}(y_8, y_{16}) - v_{\text{нк}}(y_7, y_{15})],$$

где M – удерживающая способность третьей тарелки колонны;
 y_7 – концентрация НК на третьей тарелке, моль/м³;
 L – поток жидкости, двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;
 $L(y_6 - y_7)$ – поток НК, поступающий с жидкостью на третью тарелку, моль/с;
 y_6 – концентраций НК на второй тарелке, моль/м³;
 y_7 – концентраций НК на третьей тарелке, моль/м³;
 V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;
 $v_{\text{нк}}(y_7, y_{15})$ – концентрация НК в паре на третьей тарелке, моль/с;
 $v_{\text{нк}}(y_8, y_{16})$ – концентрация НК в паре на четвертой тарелке, моль/с;
 y_8 – концентрация НК на четвертой тарелке, моль/м³;
 y_{16} – концентрация ВК на четвертой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на четвертой тарелке:

$$M \frac{dy_8}{dt} = L(y_7 - y_8) + V \cdot [v_{\text{нк}}(y_9, y_{17}) - v_{\text{нк}}(y_8, y_{16})],$$

где M – удерживающая способность четвертой тарелки колонны;
 y_8 – концентрация НК на четвертой тарелке, моль/м³;
 L – поток жидкости, двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;
 $L(y_7 - y_8)$ – поток НК, поступающий с жидкостью на четвертую тарелку, моль/с;
 y_7 – концентрация НК на третьей тарелке, моль/м³;
 y_8 – концентрация НК на четвертой тарелке, моль/м³;
 V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;
 $v_{\text{нк}}(y_8, y_{16})$ – концентрация НК в паре на четвертой тарелке, моль/с;
 $v_{\text{нк}}(y_9, y_{17})$ – концентрация НК в паре на пятой тарелке, моль/с;
 y_9 – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³;
 y_{17} – концентрация ВК на пятой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на пятой тарелке:

$$M \frac{dy_9}{dt} = f1(t) \cdot BF + L \cdot y_8 - L1(t) \cdot y_9 + V1 \cdot v_{\text{нк}}(y_{10}, y_{18}) - V \cdot v_{\text{нк}}(y_9, y_{17}),$$

где M – удерживающая способность пятой тарелки колонны;

y_9 – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³;

$f1(t)$ – поток питания, подаваемый на пятую тарелку, моль/м³;

BF – доля НК в потоке питания, подаваемом на пятую тарелку, доли ед.;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

y_8 – концентрация НК на четвертой тарелке, моль/с;

$L1(t)$ – поток жидкости, уходящий с пятой тарелки, м³/с;

y_9 – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³;

$V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;

$v_{нк}(y_{10}, y_{18})$ – концентрация НК в паре на шестой тарелке, моль/с;

V – поток паровой фазы, поднимающийся от пятой тарелки вверх вдоль колонны, м³/с;

$v_{нк}(y_9, y_{17})$ – концентрация НК в паре на пятой тарелке, моль/с;

y_9 – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³;

y_{17} – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на шестой тарелке:

$$M \frac{dy_{10}}{dt} = L1(t) \cdot (y_9 - y_{10}) + V1 \cdot [v_{нк}(y_{11}, y_{19}) - v_{нк}(y_{10}, y_{18})],$$

где M – удерживающая способность шестой тарелки колонны;

y_{10} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³;

$L1(t)$ – поток жидкости, уходящий с тарелки питания вниз вдоль колонны, м³/с;

y_9 – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³;

y_{10} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³;

$V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;

$v_{нк}(y_{11}, y_{19})$ – концентрация НК в паре на седьмой тарелке, моль/с;

y_{11} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³;

y_{19} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³;

$v_{нк}(y_{10}, y_{18})$ – концентрация НК в паре на шестой тарелке, моль/с;

y_{10} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³;

y_{18} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на седьмой тарелке:

$$M \frac{dy_{11}}{dt} = L1(t) \cdot (y_{10} - y_{11}) + V1 \cdot [v_{нк}(y_{12}, y_{20}) - v_{нк}(y_{11}, y_{19})],$$

где M – удерживающая способность седьмой тарелки колонны;

y_{11} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³;

$L1(t)$ – поток жидкости, уходящий с тарелки питания вниз вдоль колонны, м³/с;

y_{10} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³;

y_{11} – концентраций НК на седьмой тарелке, моль/м³;
 $V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;
 $v_{нк}(y_{12}, y_{20})$ – концентрация НК в паре на восьмой тарелке, моль/с;
 y_{12} – концентрация НК на восьмой тарелке, моль/м³;
 y_{20} – концентрация ВК на восьмой тарелке, моль/м³;
 $v_{нк}(y_{11}, y_{19})$ – концентрация НК в паре на седьмой тарелке, моль/с;
 y_{11} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³;
 y_{19} – концентрация ВК на седьмой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по НК-компоненту на восьмой тарелке:

$$M \frac{dy_{12}}{dt} = L1(t) \cdot (y_{11} - y_{12}) + V1 \cdot [v_{нк}(y_1, y_2) - v_{нк}(y_{12}, y_{20})],$$

где M – удерживающая способность восьмой тарелки колонны;
 y_{12} – концентрация НК на восьмой тарелке, моль/м³;
 $L1(t)$ – поток жидкости, уходящий с тарелки питания вниз вдоль колонны, м³/с;
 y_{11} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³;
 y_{12} – концентраций НК на восьмой тарелке, моль/м³;
 $V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;
 $v_{нк}(y_1, y_2)$ – концентрация НК в паре, уходящем из куба-испарителя, моль/с;
 y_1 – концентрация НК в кубе-испарителе, моль/м³;
 y_2 – концентрация ВК в кубе-испарителе, моль/м³;
 $v_{нк}(y_{12}, y_{20})$ – концентрация НК в паре на седьмой тарелке, моль/с;
 y_{12} – концентрация НК на восьмой тарелке, моль/м³;
 y_{20} – концентрация ВК на восьмой тарелке, моль/м³.

Выводы. Показано, что в основе математического описания процессов массопередачи в ректификационной колонне лежит описание материального баланса на тарелках колонны. Представляет интерес сравнение уравнений материальных балансов, показанных в этой работе НК-компонентов с аналогичными уравнениями для ВК-компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Исходные позиции для математического описания ректификации тетрахлорида титана // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021 (в настоящем сборнике).
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 753 с.
3. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

4. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации: монография. Т. 2. Производство губчатого титана. Пермь: ПНИПУ, 2015. 176 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 669.295 66.048.3-932.2

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОКИПЯЩЕГО КОМПОНЕНТА НА ТАРЕЛКАХ КОЛОННЫ

Приведен фрагмент MathCAD-программы расчета концентраций ВК-компонентов на тарелках ректификационной колонны. Приведены необходимые для понимания обозначения переменных в уравнениях материального баланса.

В работе [1] выполнена важная и ответственная часть математического моделирования – определены основные положения, необходимые для последующего математического описания процесса ректификации тетрахлорида титана.

Одним их важных моментов в математическом описании колонны является описание распределения компонентов по тарелкам ректификационной колонны [2, 3]. Особенностью работы среди других тарелок является пятая тарелка, на которую подается питание, поскольку отсюда начинают двигаться уже скорректированные по питанию потоки жидкой паровой фазы [4].

На рисунке приведен фрагмент программы расчета материальных балансов ВК-компонентов на тарелках ректификационной колонны.

Переменные, участвующие в расчетах, приведены в табл.

$$\left[\begin{array}{c}
 \frac{L1(t) \cdot (y_{11} - y_{12}) + V1 \cdot (vb(y_1, y_2) - vb(y_{12}, y_{20}))}{M} \\
 \frac{L \cdot (y_4 - y_{13}) + V \cdot (vt(y_6, y_{14}) - vt(y_5, y_{13}))}{M} \\
 \frac{L \cdot (y_{13} - y_{14}) + V \cdot (vt(y_7, y_{15}) - vt(y_6, y_{14}))}{M} \\
 \frac{L \cdot (y_{14} - y_{15}) + V \cdot (vt(y_8, y_{16}) - vt(y_7, y_{15}))}{M} \\
 \frac{L \cdot (y_{15} - y_{16}) + V \cdot (vt(y_9, y_{17}) - vt(y_8, y_{16}))}{M} \\
 \frac{f1(t) \cdot TF + L \cdot y_{16} - L1(t) \cdot y_{17} + V1 \cdot vt(y_{10}, y_{18}) - V \cdot vt(y_9, y_{17})}{M} \\
 \frac{L1(t) \cdot (y_{17} - y_{18}) + V1 \cdot (vt(y_{11}, y_{19}) - vt(y_{10}, y_{18}))}{M} \\
 \frac{L1(t) \cdot (y_{18} - y_{19}) + V1 \cdot (vt(y_{12}, y_{20}) - vt(y_{11}, y_{19}))}{M} \\
 \frac{L1(t) \cdot (y_{19} - y_{20}) + V1 \cdot (vt(y_1, y_2) - vt(y_{12}, y_{20}))}{M}
 \end{array} \right]$$

Рис. Фрагмент программы

Переменные программы и их привязка к месту в ректификационной колонне [2]

Компонент	Место в аппарате	Переменная в программе
НК	в кубе-испарителе	y_1
ВК	в кубе-испарителе	y_2
НК	в дефлегматоре	y_3
ВК	в дефлегматоре	y_4
НК	На 1-й тарелке колонны	y_5
НК	На 2-й тарелке колонны	y_6
НК	На 3-й тарелке колонны	y_7
НК	На 4-й тарелке колонны	y_8
НК	На 5-й тарелке колонны	y_9
НК	На 6-й тарелке колонны	y_{10}
НК	На 7-й тарелке колонны	y_{11}
НК	На 8-й тарелке колонны	y_{12}
ВК	На 1-й тарелке колонны	y_{13}
ВК	На 2-й тарелке колонны	y_{14}
ВК	На 3-й тарелке колонны	y_{15}
ВК	На 4-й тарелке колонны	y_{16}
ВК	На 5-й тарелке колонны	y_{17}
ВК	На 6-й тарелке колонны	y_{18}
ВК	На 7-й тарелке колонны	y_{19}
ВК	На 8-й тарелке колонны	y_{20}

Математическое описание процессов массопередачи на первой тарелке

Материальный баланс по ВК-компоненту на первой тарелке:

$$M \frac{dy_{13}}{dt} = L(y_4 - y_{13}) + V \cdot [v_{\text{вк}}(y_6, y_{14}) - v_{\text{вк}}(y_5, y_{13})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{13} – концентрация ВК на первой тарелке, моль/м³;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

$L(y_4 - y_{13})$ – поток ВК, поступающий с жидкостью на первую тарелку, моль/с;

y_4 – концентрация ВК в дефлегматоре, моль/м³;

$V \cdot [v_{\text{вк}}(y_6, y_{14}) - v_{\text{вк}}(y_5, y_{13})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 1-ю тарелку,

моль/с;

V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_6, y_{14})$ – концентрация ВК в паре на второй тарелке, моль/с;

y_6 – концентрация НК на второй тарелке, моль/м³;

y_{14} – концентрация ВК на второй тарелке, моль/м³;
 $v_{\text{вк}}(y_5, y_{13})$ – концентрация ВК в паре на первой тарелке, моль/с;
 y_5 – концентрация НК на первой тарелке, моль/м³;
 y_{13} – концентрация ВК на первой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на второй тарелке:

$$M \frac{dy_{14}}{dt} = L(y_{13} - y_{14}) + V \cdot [v_{\text{вк}}(y_7, y_{15}) - v_{\text{вк}}(y_6, y_{14})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{14} – концентрация ВК на второй тарелке, моль/м³;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

$L(y_{13} - y_{14})$ – поток ВК, поступающий с жидкостью на вторую тарелку, моль/с;

y_4 – концентрация ВК в дефлегматоре, моль/м³;

$V \cdot [v_{\text{вк}}(y_7, y_{15}) - v_{\text{вк}}(y_6, y_{14})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 2-ю тарелку,

моль/с;

V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_7, y_{15})$ – концентрация ВК в паре на третьей тарелке, моль/с;

y_7 – концентрация НК на третьей тарелке, моль/м³;

y_{15} – концентрация ВК на третьей тарелке, моль/м³;

$v_{\text{вк}}(y_6, y_{14})$ – концентрация ВК в паре на второй тарелке, моль/с;

y_6 – концентрация НК на второй тарелке, моль/м³;

y_{14} – концентрация ВК на второй тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на третьей тарелке:

$$M \frac{dy_{15}}{dt} = L(y_{14} - y_{15}) + V \cdot [v_{\text{вк}}(y_8, y_{16}) - v_{\text{вк}}(y_7, y_{15})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{15} – концентрация ВК на третьей тарелке, моль/м³;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

$L(y_{14} - y_{15})$ – поток ВК, поступающий с жидкостью на третью тарелку, моль/с;

y_{14} – концентрация ВК на второй тарелке, моль/м³;

$V \cdot [v_{\text{вк}}(y_8, y_{16}) - v_{\text{вк}}(y_7, y_{15})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 3-ю тарелку,

моль/с;

V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_8, y_{16})$ – концентрация ВК в паре на четвертой тарелке, моль/с;

y_8 – концентрация НК на четвертой тарелке, моль/м³;

y_{16} – концентрация ВК на четвертой тарелке, моль/м³;

$v_{\text{вк}}(y_7, y_{15})$ – концентрация ВК в паре на третьей тарелке, моль/с;

y_7 – концентрация НК на третьей тарелке, моль/м³;

y_{15} – концентрация ВК на третьей тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на четвертой тарелке:

$$M \frac{dy_{16}}{dt} = L(y_{15} - y_{16}) + V \cdot [v_{\text{ВК}}(y_9, y_{17}) - v_{\text{ВК}}(y_8, y_{16})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{16} – концентрация ВК на четвертой тарелке, моль/м³;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

$L(y_{15} - y_{16})$ – поток ВК, поступающий с жидкостью на четвертую тарелку, моль/с;

y_{15} – концентрация ВК на третьей тарелке, моль/м³;

$V \cdot [v_{\text{ВК}}(y_9, y_{17}) - v_{\text{ВК}}(y_8, y_{16})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 4-ю тарелку,

моль/с;

V – поток паровой фазы, поднимающийся снизу-вверх вдоль колонны, м³/с;

$v_{\text{ВК}}(y_9, y_{17})$ – концентрация ВК в паре на третьей тарелке, моль/с;

y_9 – концентрация НК на третьей тарелке, моль/м³.

y_{17} – концентрация ВК на третьей тарелке, моль/м³.

$v_{\text{ВК}}(y_8, y_{16})$ – концентрация ВК в паре на четвертой тарелке, моль/с;

y_8 – концентрация НК на четвертой тарелке, моль/м³.

y_{16} – концентрация ВК на четвертой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на пятой тарелке:

$$M \frac{dy_{17}}{dt} = f1(t) \cdot TF + L \cdot y_{16} - L1(t) \cdot y_{17} + V1 \cdot v_{\text{ВК}}(y_{10}, y_{18}) - V \cdot v_{\text{ВК}}(y_9, y_{17}),$$

где M – удерживающая способность пятой тарелки колонны;

y_{17} – концентрация ВК на пятой тарелке, моль/м³;

$f1(t)$ – поток питания, подаваемый на тарелку питания, моль/м³;

TF – доля ВК в потоке питания, подаваемом на тарелку питания, доли ед.;

L – поток жидкости,двигающийся сверху вниз вдоль колонны, м³/с;

y_{16} – концентрация ВК на четвертой тарелке, моль/с;

$L1(t)$ – поток жидкости $L + f1(t)$, уходящий вниз с пятой тарелки, м³/с;

y_{17} – концентрация ВК на пятой тарелке, моль/м³;

$V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;

$v_{\text{ВК}}(y_{10}, y_{18})$ – концентрация ВК в паре на шестой тарелке, моль/с;

y_{10} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³;

y_{18} – концентрация ВК на шестой тарелке, моль/м³.

V – поток паровой фазы, поднимающийся от тарелки питания вверх колонны, м³/с;

$v_{\text{ВК}}(y_9, y_{17})$ – концентрация ВК в паре на пятой тарелке, моль/с;

y_9 – концентрация НК на пятой тарелке, моль/м³;

y_{17} – концентрация ВК на пятой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на шестой тарелке:

$$M \frac{dy_{18}}{dt} = L1(t)(y_{17} - y_{18}) + V1 \cdot [v_{\text{вк}}(y_{11}, y_{19}) - v_{\text{вк}}(y_{10}, y_{18})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{18} – концентрация ВК на шестой тарелке, моль/м³;

$L1(t)$ – поток жидкости $L + f1(t)$, уходящий вниз с тарелки питания, м³/с;

y_{17} – концентрация ВК на пятой тарелке, моль/м³;

$V1 \cdot [v_{\text{вк}}(y_{11}, y_{19}) - v_{\text{вк}}(y_{10}, y_{18})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 6-ю тарелку,

моль/с;

$V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_{11}, y_{19})$ – концентрация ВК в паре на седьмой тарелке, моль/с;

y_{11} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³

y_{19} – концентрация ВК на седьмой тарелке, моль/м³;

$v_{\text{вк}}(y_{10}, y_{18})$ – концентрация ВК в паре на шестой тарелке, моль/с;

y_{10} – концентрация ВК на шестой тарелке, моль/м³;

y_{18} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на седьмой тарелке:

$$M \frac{dy_{19}}{dt} = L1(t)(y_{18} - y_{19}) + V1 \cdot [v_{\text{вк}}(y_{12}, y_{20}) - v_{\text{вк}}(y_{11}, y_{19})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{19} – концентрация ВК на седьмой тарелке, моль/м³;

$L1(t)$ – поток жидкости $L + f1(t)$, уходящий вниз с тарелки питания, м³/с;

y_{18} – концентрация ВК на шестой тарелке, моль/м³;

$V1 \cdot [v_{\text{вк}}(y_{11}, y_{19}) - v_{\text{вк}}(y_{10}, y_{18})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 7-ю тарелку,

моль/с;

$V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_{11}, y_{19})$ – концентрация ВК в паре на седьмой тарелке, моль/с;

y_{11} – концентрация НК на седьмой тарелке, моль/м³

y_{19} – концентрация ВК на седьмой тарелке, моль/м³;

$v_{\text{вк}}(y_{10}, y_{18})$ – концентрация ВК в паре на шестой тарелке, моль/с;

y_{10} – концентрация ВК на шестой тарелке, моль/м³;

y_{18} – концентрация НК на шестой тарелке, моль/м³.

Материальный баланс по ВК-компоненту на восьмой тарелке:

$$M \frac{dy_{20}}{dt} = L1(t)(y_{19} - y_{20}) + V1 \cdot [v_{\text{вк}}(y_1, y_2) - v_{\text{вк}}(y_{12}, y_{20})],$$

где M – удерживающая способность тарелки колонны;

y_{19} – концентрация ВК на седьмой тарелке, моль/м³;

$L1(t)$ – поток жидкости $L + f1(t)$, уходящий вниз с тарелки питания, м³/с;

y_{20} – концентрация ВК на восьмой тарелке, моль/м³;

$V1 \cdot [v_{\text{вк}}(y_1, y_2) - v_{\text{вк}}(y_{12}, y_{20})]$ – поток ВК, поступающий с паром на 8-ю тарелку,

моль/с;

$V1$ – поток паровой фазы, поднимающийся из куба-испарителя снизу-вверх вдоль колонны до тарелки питания, м³/с;

$v_{\text{вк}}(y_1, y_2)$ – концентрация ВК в паре на седьмой тарелке, моль/с;

y_1 – концентрация НК в кубе-испарителе, моль/м³;

y_2 – концентрация ВК в кубе-испарителе, моль/м³;

$v_{\text{вк}}(y_{12}, y_{20})$ – концентрация ВК в паре на шестой тарелке, моль/с;

y_{12} – концентрация ВК на восьмой тарелке, моль/м³;

y_{20} – концентрация НК на восьмой тарелке, моль/м³.

Выводы. Показано, что в основе математического описания процессов массопередачи в ректификационной колонне лежит описание материального баланса на тарелках колонны. Представляет интерес сравнение уравнений материального баланса, показанных в этой работе ВК-компонентов с аналогичными уравнениями для НК-компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Исходные позиции для математического описания ректификации тетраоксида титана // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021 (в настоящем сборнике).

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 753 с.

3. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учебное пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

4. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации: монография. Т. 2. Производство губчатого титана. Пермь: ПНИПУ, 2015. 176 с.

Поступила 15.03.2021

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер
**ДИНАМИКА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ
 ПРИ СКАЧКООБРАЗНОМ, ИМПУЛЬСНОМ
 И СИНУСОИДАЛЬНОМ ВОЗМУЩЕНИИ ПОТОКОВ ПИТАНИЯ**

Проведен ряд вычислительных экспериментов с целью исследования динамики ректификации тетраоксида титана как объекта управления на математической модели ректификационной колонны. Выполнен анализ полученных результатов.

Проведем исследование динамики процесса ректификации как объекта управления при постоянном питании, при синусоидальном изменении питания, при импульсном изменении расхода питания, а также исследование переходного процесса управления при постоянном питании и импульсном возмущении с целью получения откликов изменением концентрации НК в кубе. Исследование проведем с помощью программы MathCAD.

Результаты исследования процесса ректификации при постоянном питании приведены на рис. 1, 2.

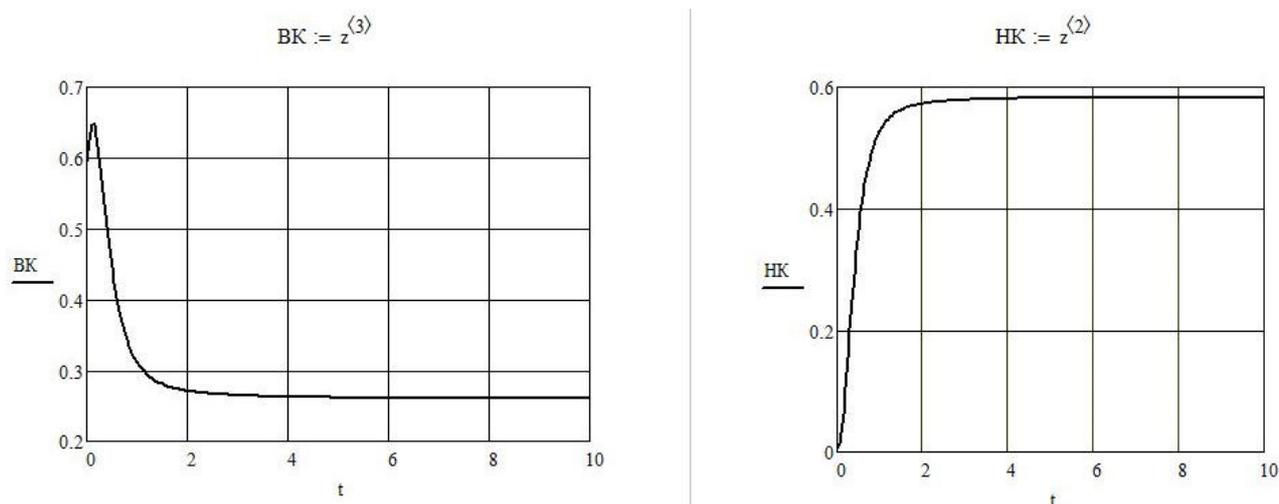


Рис. 1. Изменение концентраций ВК и НК в кубе-испарителе

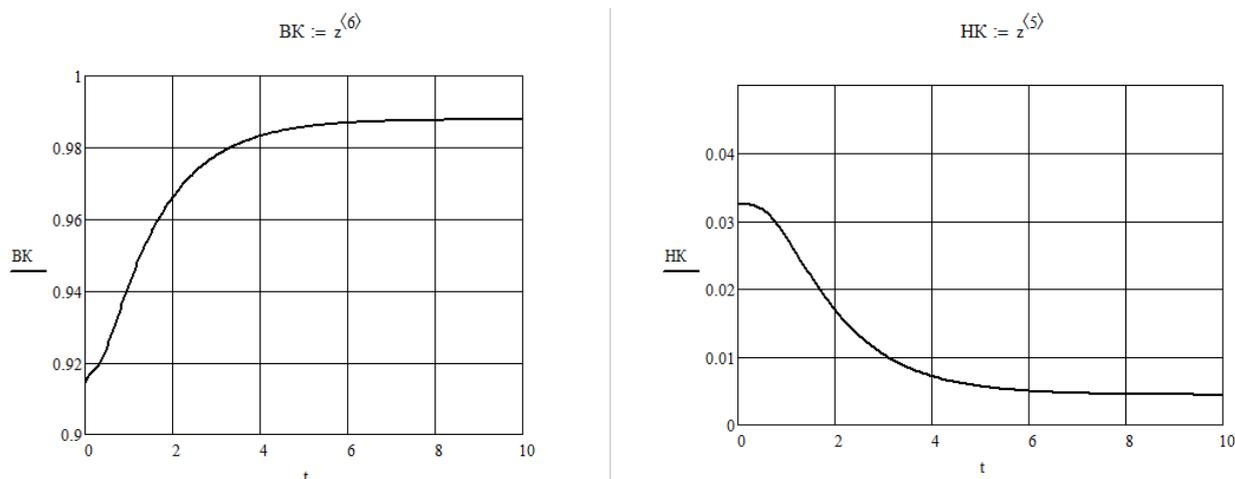
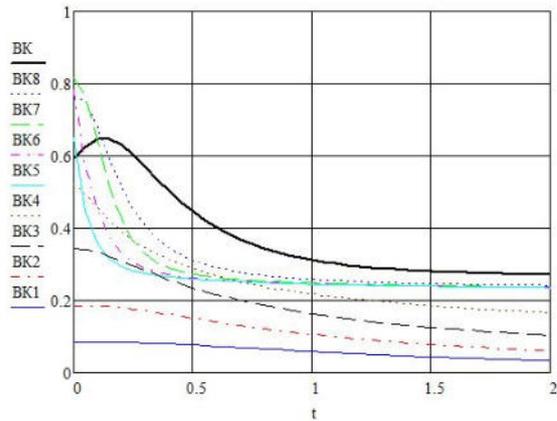


Рис. 2. Изменение концентраций ВК и НК в дефлегматоре

Изменение концентрации ВК и НК на каждой тарелке колонны приведено на рис. 3.

$BK := z^{(3)}$ $BK8 := z^{(21)}$ $BK7 := z^{(20)}$ $BK6 := z^{(19)}$ $BK5 := z^{(18)}$
 $BK4 := z^{(17)}$ $BK3 := z^{(16)}$ $BK2 := z^{(15)}$ $BK1 := z^{(14)}$



$HK := z^{(2)}$ $HK8 := z^{(13)}$ $HK7 := z^{(12)}$ $HK6 := z^{(11)}$ $HK5 := z^{(10)}$
 $HK4 := z^{(9)}$ $HK3 := z^{(8)}$ $HK2 := z^{(7)}$ $HK1 := z^{(6)}$

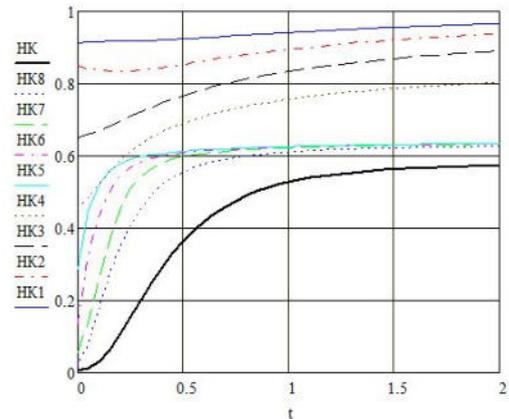


Рис. 3. Изменение концентраций BK и HK на каждой тарелке колонны куба:
 BK – концентрация BK в кубе, $BK8$ – концентрация BK на восьмой тарелке колонны,
 HK – концентрация HK в кубе, $HK8$ – концентрация HK на восьмой тарелке колонны и т.д.

Для исследования процесса при синусоидальном возмущении запишем $f1(t)$ как
 $f1(t) = 50 + 5 * \sin(\pi * \frac{t}{3})$. Результаты исследования представлены на рис. 4, 5, 6.

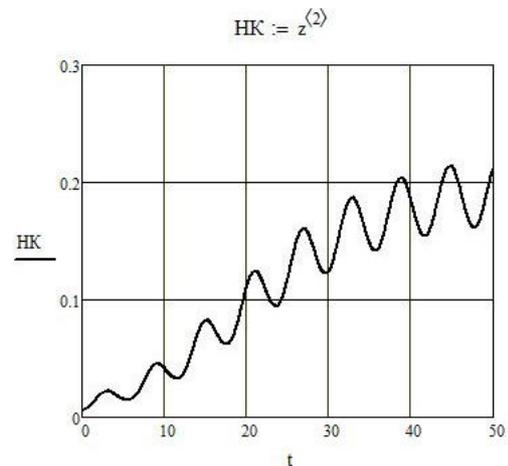
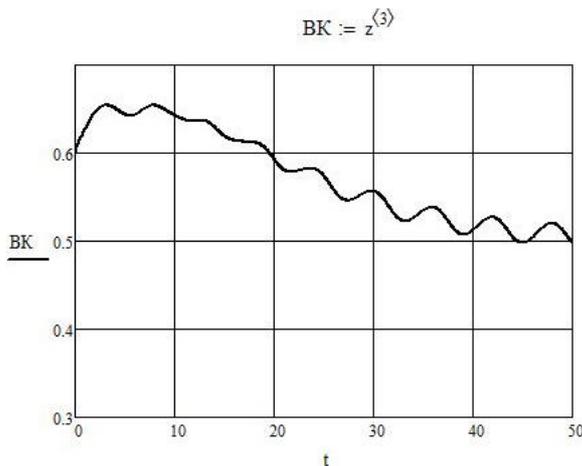


Рис. 4. Изменение концентраций BK и HK в кубе-испарителе

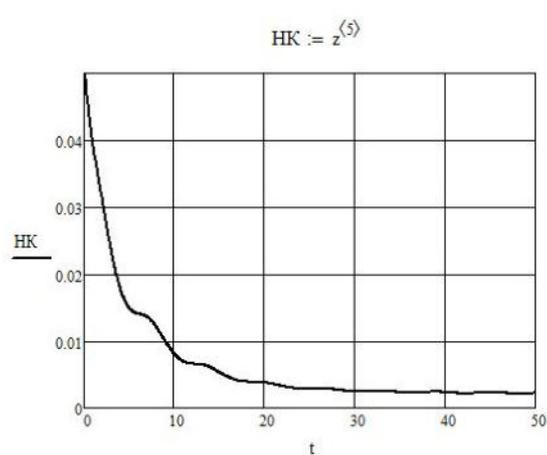
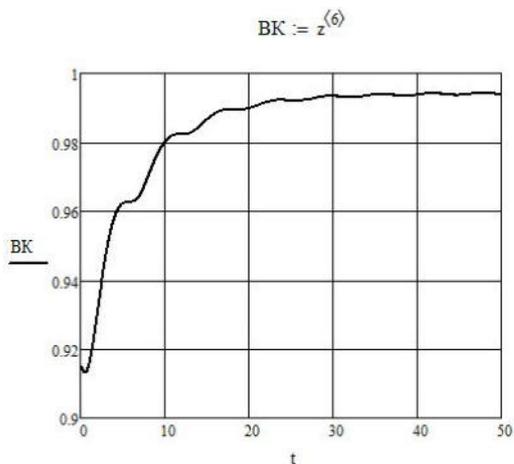


Рис. 5. Изменение концентраций BK и HK в дефлегматоре

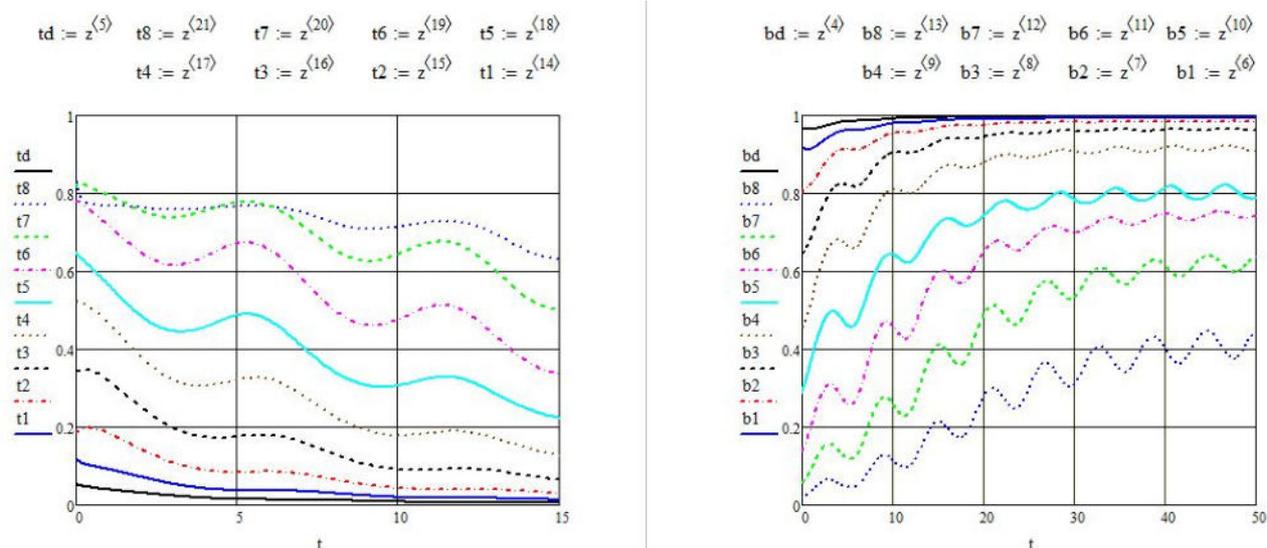


Рис. 6. Изменение концентраций ВК и НК на каждой тарелке колонны и в дефлегматоре

Расчет системы с импульсным изменением расхода питания $f1(t)$ запишем как

$$f1(t) := \begin{cases} 0 & \text{if } (t > 12) \wedge (t < 16) \\ 50 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Графики импульсного изменения расхода питания и результаты исследования представлены на рис. 7, 8, 9.

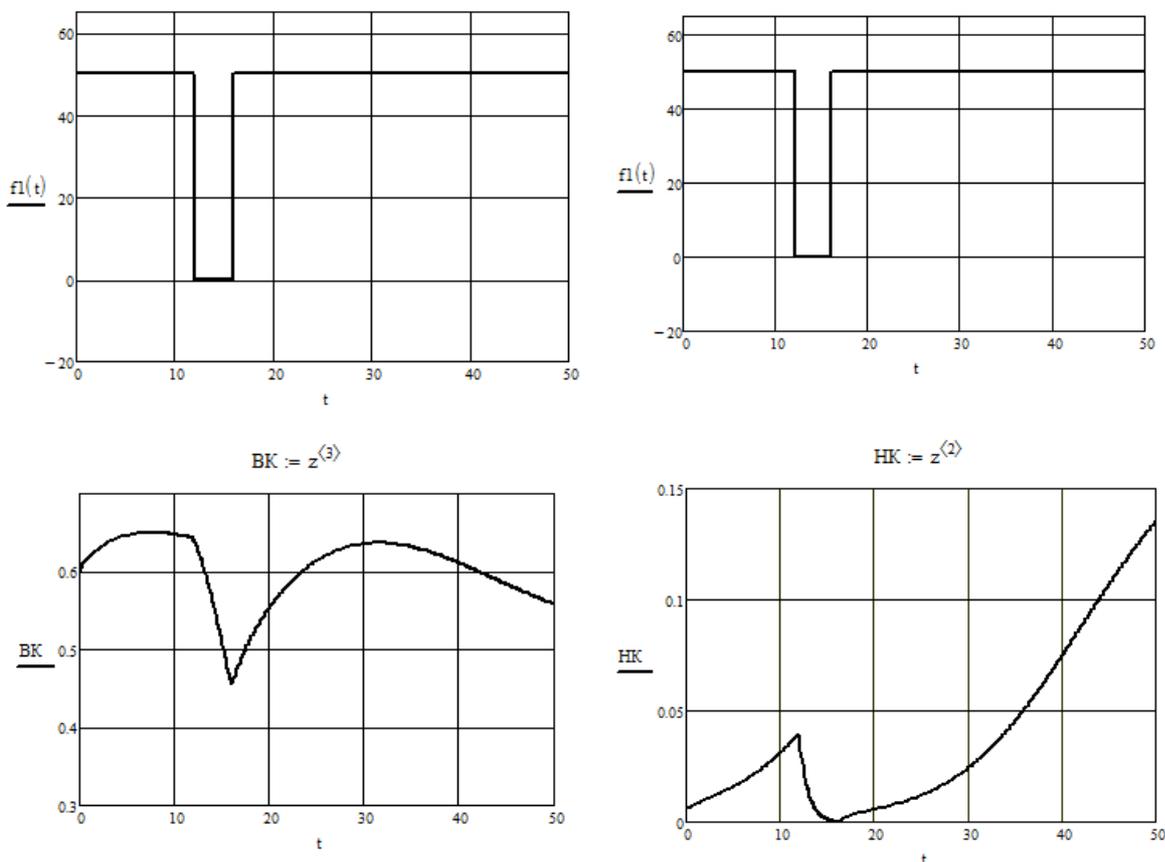


Рис. 7. Изменение концентраций ВК и НК в кубе-испарителе

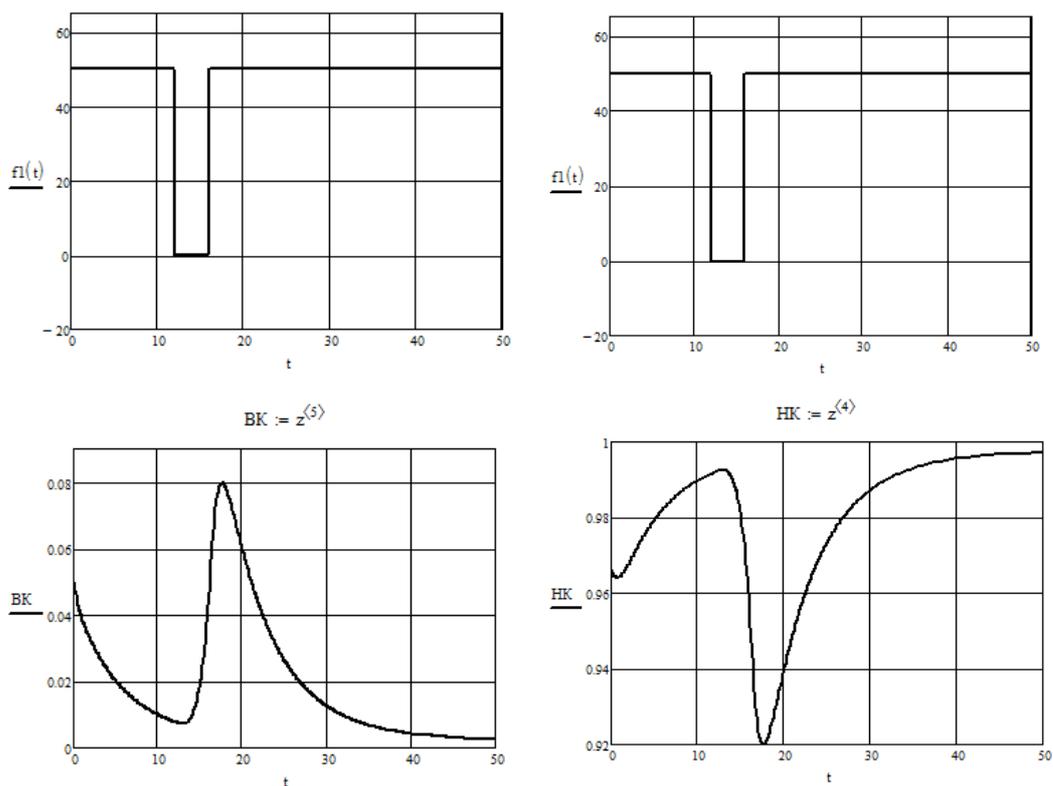


Рис. 8. Изменение концентраций ВК и НК в дефлегматоре

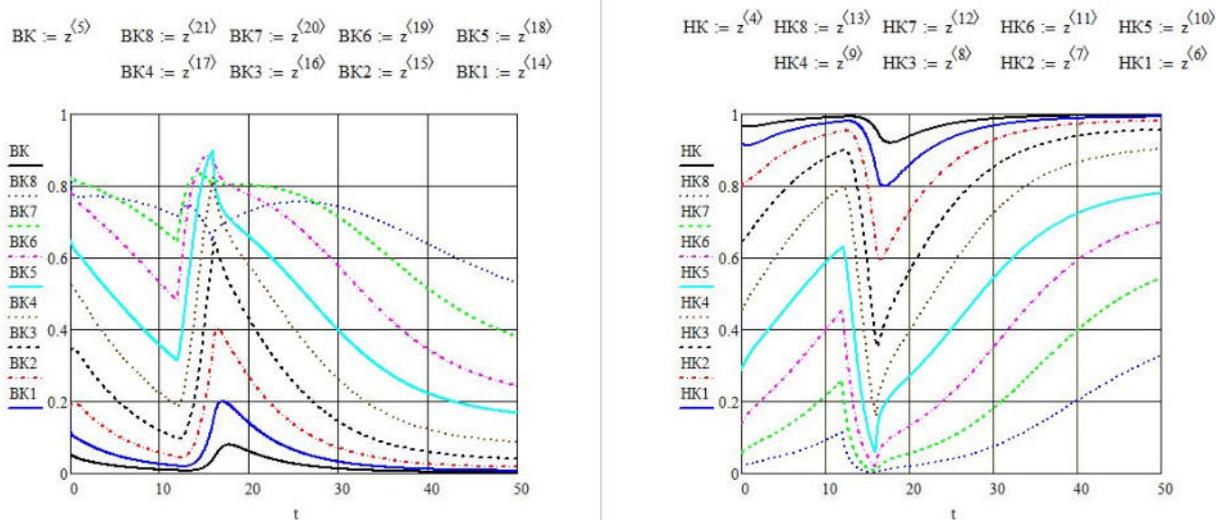


Рис. 9. Импульсное изменение концентраций ВК и НК на каждой тарелке колонны

Из графиков зависимостей концентраций ВК и НК в дефлегматоре и кубе-испарителе от времени видно, что при заданных значениях скорости питания колонны $F = 50$ и флегмового числа $R = 5$ в ректификационной колонне создаются хорошие условия для разделения смеси: концентрации ВК и НК в дефлегматоре и кубе-испарителе постоянны во времени.

Это означает, что на протяжении всего стационарного процесса, как в дефлегматор, так и в куб-испаритель будут поступать смеси постоянного состава, причем, в первый практически чистый НК, а во второй смесь ВК с инертным компонентом, имитирующим присутствие в кубовом остатке.

Синусоидальное возмущение по расходу питания в большей степени оказывает влияние на поведение концентраций веществ в кубе, чем в дефлегматоре. В этом случае ректификационная колонна работает в режиме, который близок к режиму с постоянным расходом питания. При импульсном возмущении ректификационная колонна возвращается в стационарное состояние.

Таким образом, ректификационная колонна как объект управления обладает свойствами самовыравнивания, которые при совершенствовании ее конструкции могут быть усилены вплоть до обеспечения конструктивной самоорганизации, не нуждающейся во внешних регуляторах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холоднов В.А., Решетилковский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
2. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Исходные позиции для математического описания ректификации тетраоксида титана // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. (В настоящем сборнике).
3. Беккер В.Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации: монография. Пермь: ПНИПУ, 2012. 312 с.
4. Кучина А.С. Очистка тетраоксида титана методом ректификации // «Решение-2020». Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 102–104.

Поступила 15.03.2021

УДК 669.295

А.С. Кучина, В.Ф. Беккер

ДИНАМИКА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОДУКТА В КУБЕ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОДАЧИ ФЛЕГМЫ

Проведено исследование ректификации тетраоксида титана на модельных жидкостях в ректификационной колонне. Выполнен анализ полученных результатов.

После проведенного ранее исследования колонны ректификации как объекта управления при постоянном питании [1], появилась возможность [2], с установкой ПИ-регулятора создать контур регулирования концентрации продукта в кубе-испарителе изменением подачи флегмы (рис. 1).

В ходе исследования этой системы по каналу управления подачей скачкообразного изменения задания получены переходные процессы, представленные на рис. 2, 3.

Изменение концентрации НК- и ВК-компонентов на тарелках колонны дано на рис. 4.

$$R_{\text{фл}}(y_1, t) := \left[\begin{array}{l} R_0 + KP \cdot (-y_1 + y_{\text{зад}}) + \frac{KP}{t_{\text{из}}} \int_0^t (-y_1 + y_{\text{зад}}) dt \\ 0 \text{ if } \left[R_0 + KP \cdot (-y_1 + y_{\text{зад}}) + \frac{KP}{t_{\text{из}}} \int_0^t (-y_1 + y_{\text{зад}}) dt \right] \leq 0 \end{array} \right]$$

Рис. 1. Закон регулирования изменением подачи флегмы

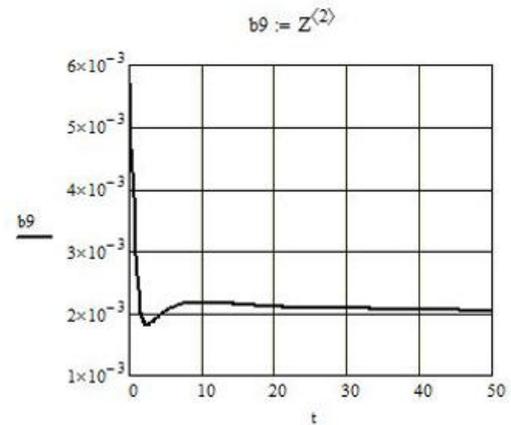
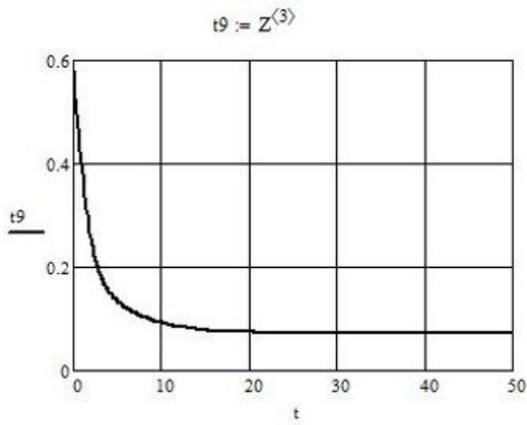


Рис. 2. Изменение концентраций ВК и НК в кубе-испарителе

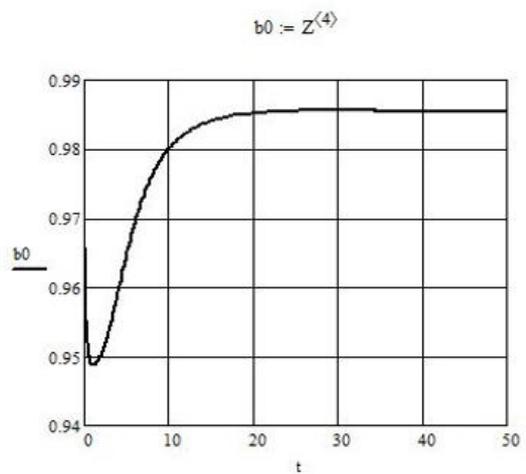
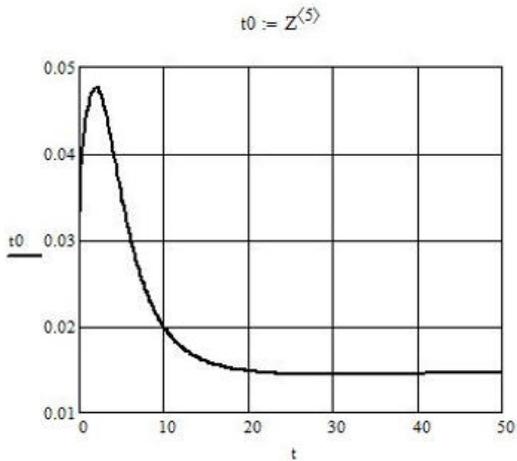


Рис. 3. Изменение концентраций ВК и НК дефлегматоре

ВК := z⁽³⁾ ВК8 := z⁽²¹⁾ ВК7 := z⁽²⁰⁾ ВК6 := z⁽¹⁹⁾ ВК5 := z⁽¹⁸⁾
 ВК4 := z⁽¹⁷⁾ ВК3 := z⁽¹⁶⁾ ВК2 := z⁽¹⁵⁾ ВК1 := z⁽¹⁴⁾

НК := z⁽²⁾ НК8 := z⁽¹³⁾ НК7 := z⁽¹²⁾ НК6 := z⁽¹¹⁾ НК5 := z⁽¹⁰⁾
 НК4 := z⁽⁹⁾ НК3 := z⁽⁸⁾ НК2 := z⁽⁷⁾ НК1 := z⁽⁶⁾

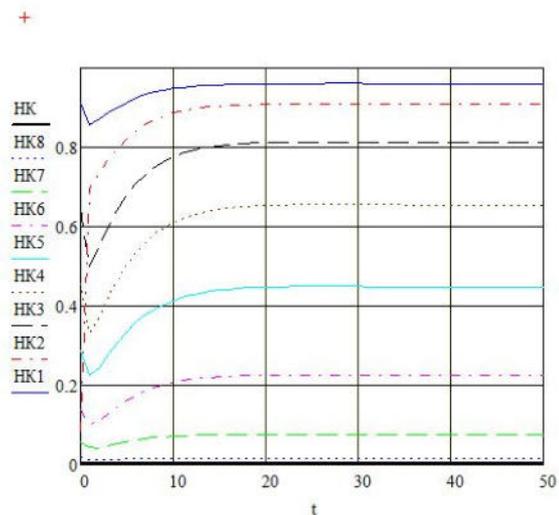
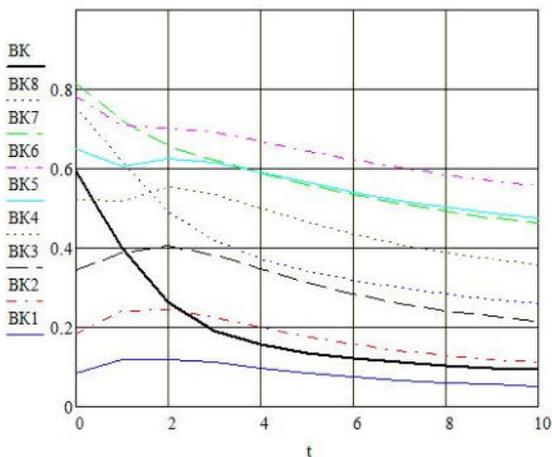


Рис. 4. Изменение концентраций ВК и НК на каждой тарелке колонны и в кубе-испарителе

При импульсном возмущении по расходу питания исследуемая система показывает существенные свойства инвариантности [3], восстанавливая исходную динамику переходного процесса, представленную на рис. 5, 6.

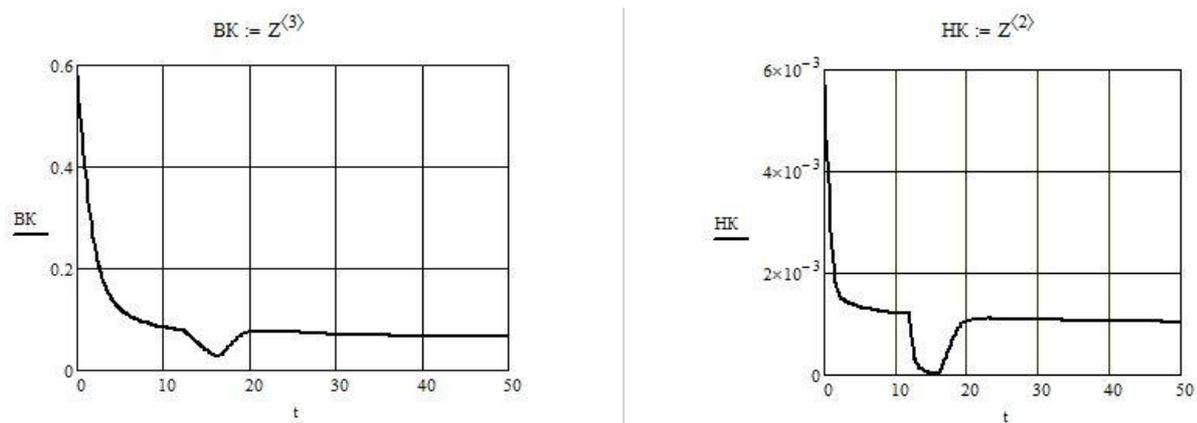


Рис. 5. Изменение концентраций ВК и НК в кубе-испарителе

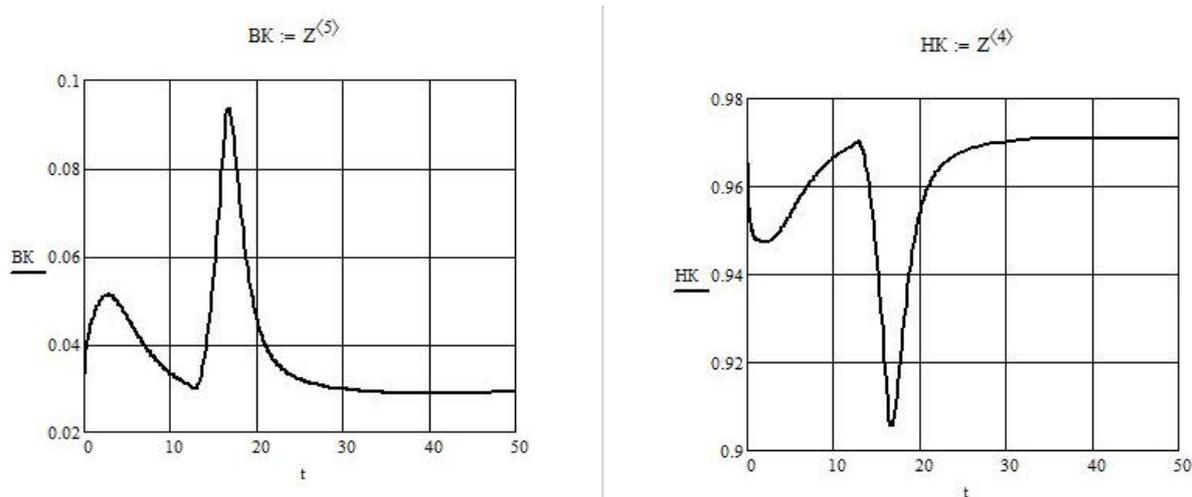


Рис. 6. Изменение концентраций ВК и НК в дефлегматоре

Концентрация на тарелках:

$$\begin{aligned}
 \text{BK} &:= z^{(3)} & \text{BK8} &:= z^{(21)} & \text{BK7} &:= z^{(20)} & \text{BK6} &:= z^{(19)} & \text{BK5} &:= z^{(18)} \\
 \text{BK4} &:= z^{(17)} & \text{BK3} &:= z^{(16)} & \text{BK2} &:= z^{(15)} & \text{BK1} &:= z^{(14)}
 \end{aligned}$$

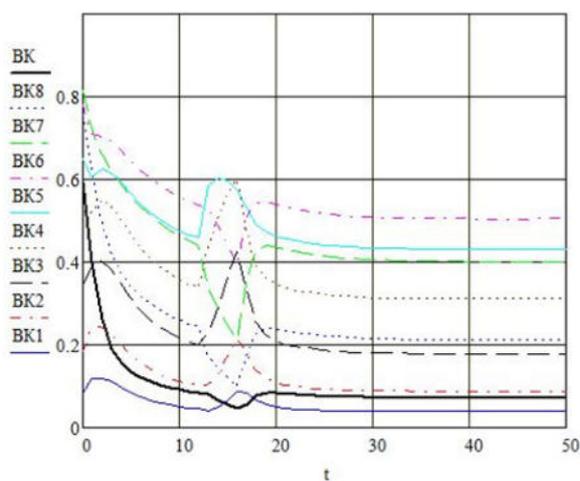


Рис. 7. Изменение концентраций ВК на каждой тарелке колонны

$$\begin{aligned} \text{НК} &:= z^{(2)} & \text{НК8} &:= z^{(13)} & \text{НК7} &:= z^{(12)} & \text{НК6} &:= z^{(11)} & \text{НК5} &:= z^{(10)} \\ \text{НК4} &:= z^{(9)} & \text{НК3} &:= z^{(8)} & \text{НК2} &:= z^{(7)} & \text{НК1} &:= z^{(6)} \end{aligned}$$

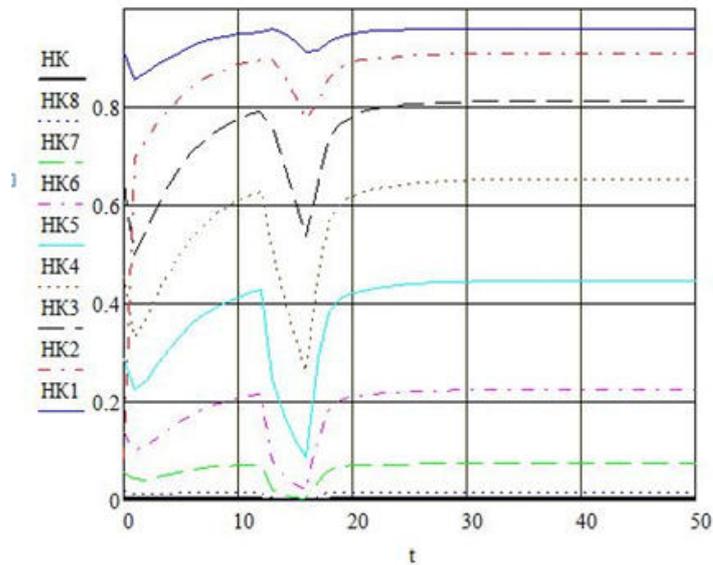


Рис. 8. Изменение концентраций НК на каждой тарелке колонны

Из графиков зависимостей концентраций НК и НК в дефлегматоре и кубе-испарителе от времени видно, что при заданных значениях скорости питания колонны $F = 50$ и флегмового числа $R = 5$ в системе регулирования концентрации продукта изменением подачи флегмы создаются хорошие условия для разделения смеси: концентрации НК и НК в дефлегматоре и кубе-испарителе.

Это означает, что на протяжении всего стационарного процесса, как в дефлегматор, так и в куб-испаритель будут поступать смеси постоянного состава, причем, в первый – практически чистый НК, а во второй – смесь НК с инертами.

Система управления с помощью пропорционально-интегрального регулятора позволяет получить заданное количество НК в кубе колонны даже при наличии кратковременных возмущений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучина А.С., Беккер В.Ф. Исследование динамики процесса ректификации как объекта управления // «Молодежная наука в развитии регионов»: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ. и молодых ученых: – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. (настоящем сборнике).
2. Холоднов В.А., Решетилковский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
3. Кучина А.С. Очистка тетрахлорида титана методом ректификации // «Решение-2020». Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. С. 102–104.

Поступила 15.03.2021

Е.Д. Малкова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ТЕТРАХЛОРИДА ТИТАНА

В статье рассмотрены способы управления процессами ректификации, положительные стороны которых могут оказаться полезными при очистке тетрахлорида титана в производстве губчатого титана в ПАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА».

С целью выявления ресурсов совершенствования существующей на действующем производстве системы управления процессом ректификации тетрахлорида титана [1, 2] был проведен патентный поиск зарегистрированных технических решений по способам управления процессами ректификации.

Определенный интерес представляет патент [3], в котором описывается автоматическое управление процессом ректификации с целью повышения точности управления процессом ректификации (рис. 1).

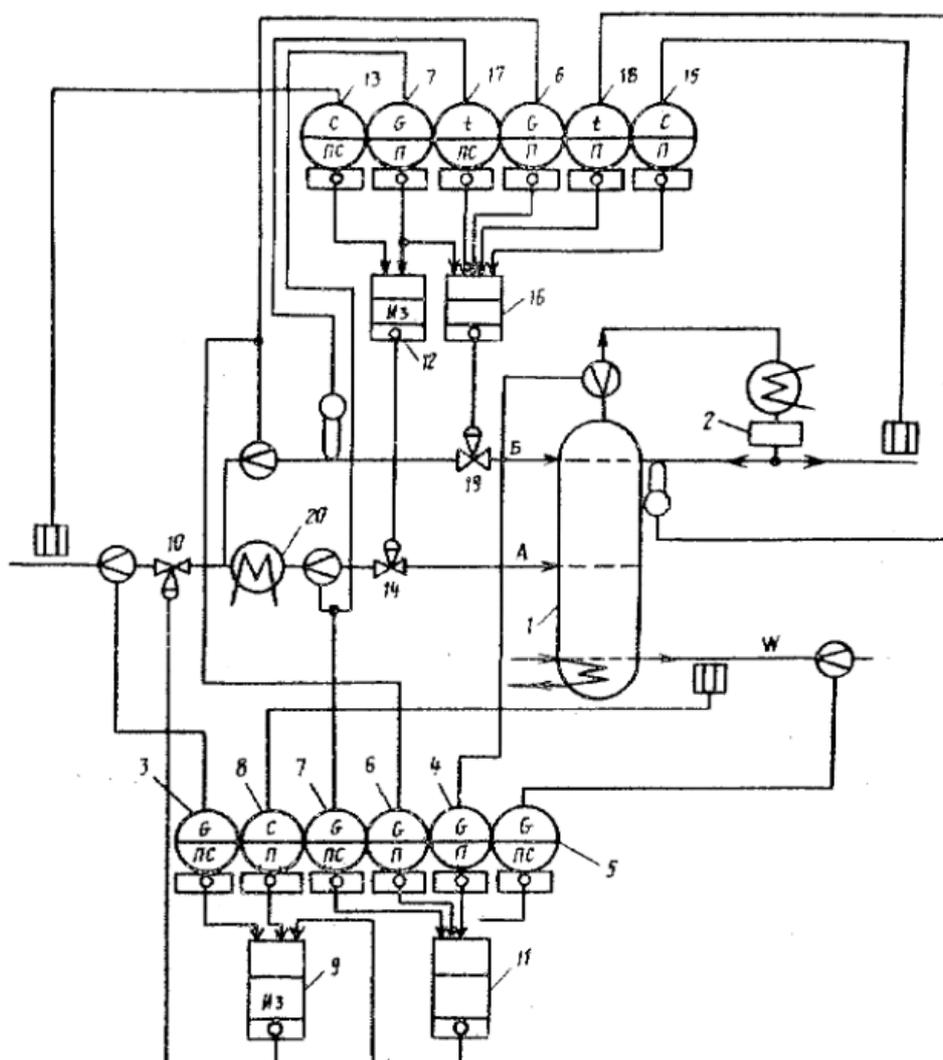


Рис. 1. Схема управления ректификационной колонной:
 1 – колонна; 2 – сборник; 3, 4, 6, 7 – датчики расхода; 8 – концентратомер;
 9, 12, 16 – регулятор; 10, 14 – регулирующий клапан; 11 – вычислительное устройство; 13, 15 – хроматограф; 17, 18 – датчик температуры; 19 – регулирующий клапан; 20 – подогреватель

Работа схемы управления строится таким способом: на верхнюю тарелку колонны 1 подается орошающий поток дистиллята, отбираемый из сборника 2. Общий расход питания, подаваемого на ректификацию, измеряется датчиком 3. Расход паровой фазы, подаваемой на вход дефлегматора, измеряется датчиком 4. Расход кубового остатка измеряется датчиком 5. Величина потока сырья, подаваемого на орошение, измеряется датчиком 6. Величину потока сырья, подаваемого на тарелку питания, измеряют датчиком 7. Концентрацию кубового остатка измеряют концентратометром 8. Сигнал общего потока сырья с датчика расхода 3 исходной смеси поступает через регулятор 9 на регулирующий клапан 10. При изменении расхода жидкости в верхней части колонны сигналы с датчиков 4, 5, 6 и 7 обрабатываются вычислительным устройством 11 с целью вычисления сигнала расхода жидкости в верхней части колонны, подаваемой в качестве коррекции в регулятор 9. При изменении концентрации кубового остатка сигналом концентратомера 8 дополнительно корректируют величину регулирующего воздействия на клапан 10. При изменении расхода сырья на тарелку питания сигнал датчика 7 заводят на регулятор 12, корректируют по концентрации исходной смеси, измеренной хроматографом 13, и выработанным сигналом управляют регулирующим клапаном. Концентрацию целевого продукта измеряют хроматографом 15, сигнал с которого совместно с сигналами датчиков 6 и 7 поступает на вход регулятора 16, осуществляющего поиск оптимального соотношения расходов сырья, направляемого на тарелку питания и на орошение колонны. Найденное соотношение потоков корректируют по сигналам датчиков 17 и 18, измеряющих температуры сырья, направляемого на орошение, дистиллята, и управляют регулирующим клапаном 19. Подогреватель 20 служит для нагрева сырья, подаваемого на тарелку питания.

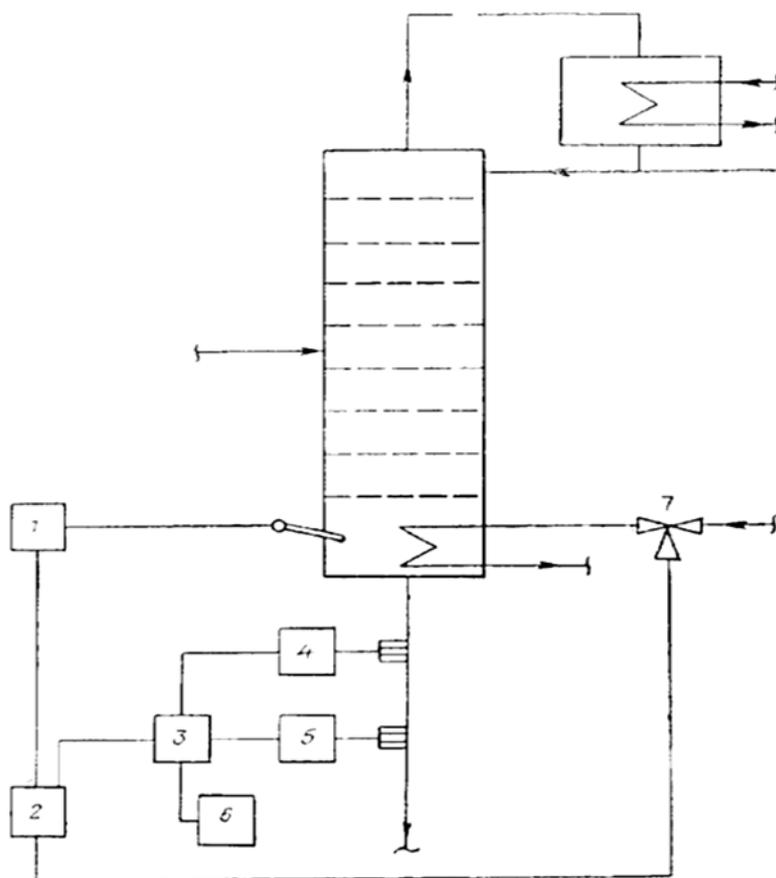


Рис. 2. Схема автоматического управления процессом ректификации:
 1 – датчик температуры, 2 – регулятор температуры, 3 – сумматор, 4 – датчик упругости, 5 – датчик разгонки, 6 – задатчик, 7 – клапан подачи теплоносителя

Использование такого способа обеспечивает значительное повышение точности автоматического управления процессом, распределение нагрузки колонны по сырью и орошению.

Применительно к процессу ректификации тетраоксида титана заслуживает внимания прием разделения общего потока сырья на два потока: на питающую тарелку и на орошение всей колонны. При этом, чтобы не перегреть верх колонны, следует снизить температуру орошающего питания подачей байпасного потока, отбираемого до подогревателя общего потока питания.

В патенте [4] описывается способ управления ректификационным процессом. Цель патента – повышение точности регулирования температуры в кубе колонны.

Для повышения точности регулирования предлагается дополнительно корректировать температуру в кубе колонны по количеству отгона одной из промежуточных фракций.

Схема реализации такого способа приведена на рис. 2.

Сигнал от датчика 1 температуры поступает в регулятор 2 температуры. На сумматор 3 подаются сигналы от датчика 4 упругости стабильного мотобензина и датчика 5 фракционной разгонки стабильного мотобензина. Эти сигналы суммируются с сигналом от датчика 6 концентрации бутана и бутилена в стабильном мотобензине. Сигнал с сумматора 3 направляется в качестве задания на регулятор 2, откуда регулирующее воздействие подается на клапан 7 подачи теплоносителя в куб колонны.

Для регулирования режимов ректификации тетраоксида титана по аналогии с рассмотренным техническим решением следует рассмотреть необходимость и возможность корректировки температуры в кубе-испарителе по величине парциального давления паров, отбираемых с верха колонны для подачи на конденсацию в дефлегматоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологическая инструкция производства тетраоксида титана очищенного (ТИ 32-004-2018). Утв. директором по технологии и науке Рымкевич Д.А. 17.12.2018.
2. Рабочая инструкция аппаратчика в производстве титана и редких металлов (РИ 32-004-2019). Утв. директором по производству АВИСМА Бабиным В.С. 2019. – 126 с.
3. Способ управления процессом ректификации: Пат. 633543 СССР МПК В01В01D/42 / Л.И. Пищенко; № 2497029 / заявл. 16.05.1977; опубл. 25.11.1978, Бюл. №1. 5 с.
4. Способ автоматического управления процессом ректификации: Пат. 460062 СССР МПК В01D 3/42 / Крянжак В.М.; 1892099 / заявл. 09.03.1973; опубл. 15.02.1975, Бюл. №1. 2 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 66-5(574.495.2)

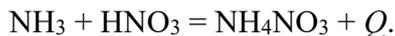
А.Ю. Уваровская

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Наблюдается влияние температуры на химический процесс образования аммиачной селитры. На основе данных был произведен расчет, для регулирования температурой добавлено уравнение Аррениуса.

Нейтрализация азотной кислоты газообразным аммиаком является простой необратимой реакцией, которая в нормальных условиях протекает с большой скоростью без

образования побочных продуктов и с выделением теплоты при взаимодействии 100 % исходных продуктов:



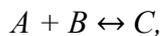
Обозначим исходные вещества и продукты реакций:

abx – аммиак,

bbx – азотная кислота,

cbx – аммиачная селитра.

Тогда реакция приобретает вид:



где C_a – концентрация аммиака;

C_b – концентрация азотной кислоты;

C_c – концентрация аммиачной селитры.

$$abx := 1 \quad bbx := 1 \quad cbx := 1 \quad k0 := 1 \quad R := 8.314 \quad T := 373$$

$$x := \begin{pmatrix} 1 \\ 1.2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$k := k0 \cdot e^{\frac{-14500}{R \cdot T}}$$

$$\text{ORIGIN} := 1$$

$$\text{tau} := 1500$$

$$D(t,x) := \begin{bmatrix} \frac{(abx - x_1)}{\text{tau}} - k \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{(bbx - x_2)}{\text{tau}} - k \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{(cbx - x_3)}{\text{tau}} + k \cdot x_1 \cdot x_2 \end{bmatrix}$$

$$k = 9.319 \times 10^{-3}$$

$$Z := \text{rkfixed}(x, 0, 8000, 1000, D)$$

$$t := Z^{(1)} \quad C_a := Z^{(2)} \quad C_b := Z^{(3)} \quad C_c := Z^{(4)}$$

Рис. 1. Исходные данные 1

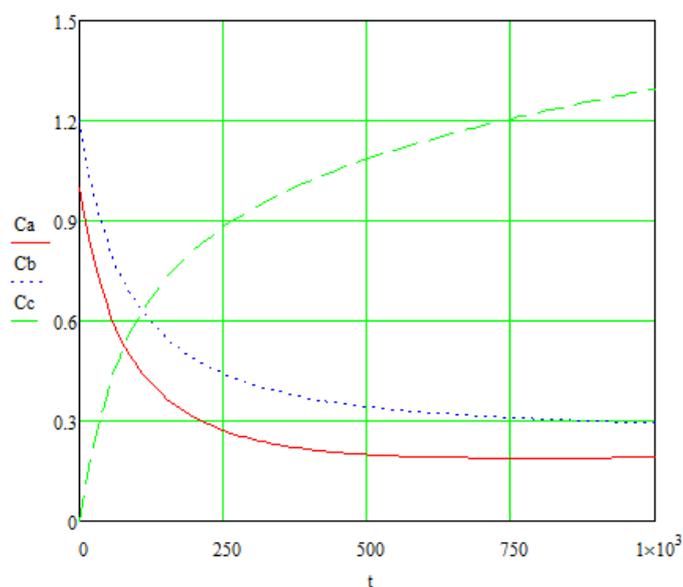


Рис. 2. Результаты расчета процесса химического превращения при температуре 100°C

$$abx := 1 \quad bbx := 1 \quad cbx := 1 \quad k0 := 1 \quad R := 8.314 \quad T := 423$$

$$x := \begin{pmatrix} 1 \\ 1.2 \\ 0 \end{pmatrix} \quad k := k0 \cdot e^{\frac{-14500}{R \cdot T}} \quad \text{ORIGIN} := 1$$

$$\tau := 1500 \quad k = 0.016$$

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \frac{(abx - x_1)}{\tau} - k \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{(bbx - x_2)}{\tau} - k \cdot x_1 \cdot x_2 \\ \frac{(cbx - x_3)}{\tau} + k \cdot x_1 \cdot x_2 \end{bmatrix}$$

$$Z := \text{rkfixed}(x, 0, 8000, 1000, D)$$

$$t := Z^{(1)} \quad Ca := Z^{(2)} \quad Cb := Z^{(3)} \quad Cc := Z^{(4)}$$

Рис. 3. Исходные данные 2

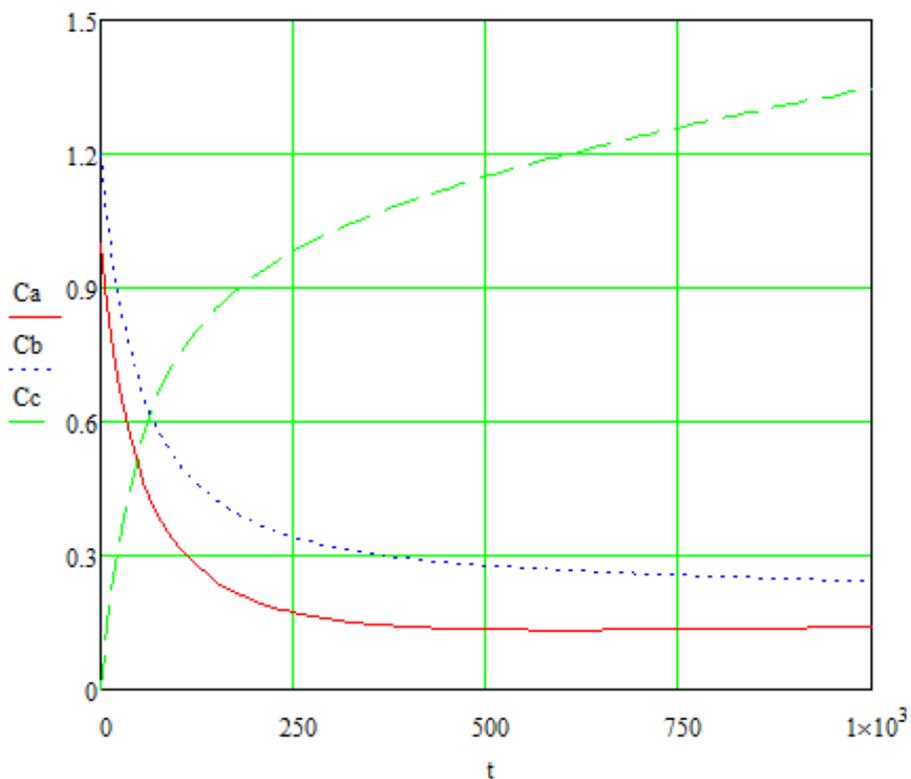


Рис. 4. Результаты расчета процесса химического превращения при температуре 150°C

Изучение влияния температуры на концентрацию взаимодействующих веществ позволило сделать вывод, что концентрация аммиака увеличивается, следовательно, увеличивается концентрация конечного продукта, т.е. аммиачной селитры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рушманова А.Ю. Применение аммиачной селитры в сфере производства и потребления / Решение: материалы Седьмой Всерос. научн.-практ. конф., Березники, 19 октября 2018 г. / Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь, 2018. С. 368–369.
2. Холоднов В.А., Решетиловский В.П., Лебедева М.Ю., Боровинская Е.С. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в MathCAD и Excel: учеб. пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
3. Постоянный технологический регламент производства гранулированной аммиачной селитры цеха № 3А ТР 11/0413-28-2019.
4. Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х., Клюев А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: под ред. А.С. Клюева. М.: Альянс.

Поступила 15.03.2021

РАЗДЕЛ III. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 620.179

А.С. Килеев **АНАЛИЗ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ**

Основными задачами исследования является обзор ультразвуковых дефектоскопов, применяемых для неразрушающего контроля элементов бурового оборудования, с целью повышения качества контроля; произвести анализ и расчет выбранного дефектоскопа.

В настоящее время дефектоскопии бурового оборудования стали уделять больше внимания. Однако перемещать оборудование для контроля на производственные базы обслуживания экономически не выгодно, как и сама подготовка к контролю. Все чаще дефектоскопию проводят в местах эксплуатации оборудования, не уделяя должного внимания подготовке оборудования к контролю, тем самым ухудшая качество контроля. В результате часто после контроля происходит слом оборудования – промывы, которые не связаны с недобросовестным исполнением контроля, а напрямую зависят от состояния оборудования, подвергаемого контролю, и возможностями дефектоскопов, которыми был произведен контроль. Для таких неблагоприятных условий контроля были изобретены ультразвуковые дефектоскопы [1].

Были рассмотрены около сотни патентов на импульсные ультразвуковые дефектоскопы, тщательно проанализированы и получен вывод, что большинство патентов не подходят для ультразвукового контроля бурового оборудования. При анализе дефектоскопов рассматривался эхо-метод ультразвукового контроля, так как он наиболее распространен и удобен при контроле бурового оборудования, используется один датчик для контроля. Стоит заметить, что те патенты с ультразвуковыми дефектоскопами и приспособлениями, которые подходят для контроля бурового оборудования, имеют одинаковый принцип действия и меняется только конструкция для удобства или же внутренняя система обработки ультразвуковых лучей. Сам же принцип действия не меняется, что в большинстве случаев либо незначительно повышает качество проверки оборудования за счет более приспособленных конструкций или иных изменений, либо совсем не несет повышения качества контроля. Но из рассматриваемых патентов нашлись и ультразвуковые дефектоскопы (разработки, в том числе с приспособлениями), которые если и незначительно поменяли принцип действия, но значительно повысили качество контроля за счет изменения технологий контроля.

Рассмотрен и выбран ультразвуковой дефектоскоп, произведен анализ следующих ультразвуковых дефектоскопов: обычный эхо-импульсный дефектоскоп, дефектоскоп на фазированных решетках, дефектоскоп с применением лазерной генерации ультразвуковых волн.

Известные ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы, основанные на посылке в контролируемый объект коротких импульсов ультразвуковых колебаний с частотой 0,5–25 МГц и регистрации интенсивности и времени прихода эхосигналов, отраженных от несплошностей (дефектов), не обладают достаточной точностью и автоматизацией определения размеров обнаруживаемых дефектов [1].

Революционный ультразвуковой дефектоскоп на фазированных решетках впервые совмещающий использование классических преобразователей ФР с математической

обработкой сигналов по методу цифровой фокусировки. Сбор А-сканов всех комбинаций приемных и передающих элементов (полный опрос матрицы – FMC/Full Matrix Capture) и обработка сигналов с использованием технологий полной фокусировки (TFM/Total Focusing Method) позволили отказаться от необходимости ручной фокусировки лучей оператором на различные глубины, т.к. изображение автоматически сфокусировано в каждую точку S-скана. В результате симбиоза новейших технологий в приборе массой всего 1,4 кг удалось, с использованием стандартных 16-ти элементных фазированных решеток получить высочайшую разрешающую способность и качество картинки, ранее доступные только на дорогих 32-х и 64-х канальных преобразователях. Уникальная технология расчета всех лучей по геометрии призмы позволяет оператору быстро загрузить необходимое сочетание ФР-преобразователя и модели призмы, получив таким образом уже предварительно просчитанную по всем лучам картину сканирования, с точными координатами отражателей по всему S-скану [2].

Дефектоскоп с применением лазерной генерации ультразвуковых волн. В указанном изобретении используют волоконный световод для передачи лазерного излучения к обследуемому объекту, причем лазерный луч порождает ультразвуковые волны на поверхности такого объекта, и эти волны, которые распространяются сквозь указанный объект, измеряют по принимаемому лазерному лучу. Дефекты при таком способе могут быть обнаружены по изменениям в ультразвуковых волнах, а глубину их можно определить частотным анализом принимаемых волн [3].

На данный момент выбор дефектоскопа на фазированных решетках наиболее целесообразен, он находится в широком доступе, хоть и цена достаточно велика, но, учитывая его функционал, он является более надежным, что окупит себя возможно в первом же применении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: https://yandex.com/patents/doc/SU245432A1_19690604.
2. URL: <https://findpatent.ru/patent/242/2422815.html>.
3. URL: <https://kropus.com/company/patents/>.

Поступила 01.02.2021

УДК 621.671

А.В. Ложкин

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧИХ КОЛЕС И ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

В работе приведена оценка влияния покрытия поверхностей рабочих колес и проточной части на рабочие характеристики насоса ЦНСнт 60-99 в условиях промышленной эксплуатации.

По разным оценкам, на электропривод насосного агрегата расходуется до 10% производимой на электростанции электроэнергии. В общей оценке затрат на обслуживание электронасосного агрегата размер оплаты электроэнергии на привод, для отдельных отраслей промышленности, достигает более 85%, поэтому вопросы повышения КПД насосного оборудования являются очень важными [1]. Большое влияние на гарантированное обеспечение потребителей нефтью, сжиженными углеводородными газами, нефтепродуктами и другими жидкостями, сходных с указанными по физическим свойствам

(плотности, вязкости и др.), оказывает высокоэффективная и устойчивая работа электронасосных агрегатов, составляющих значительную часть оборудования нефтяного сектора [2]. Задачи по повышению надежности работы электронасосных агрегатов являются очень актуальными и нуждаются в повышенном внимании как эксплуатирующих, так и проектирующих организаций [3].

Объектом исследования является центробежный электронасосный агрегат.

Предметом исследования являются: методы формирования защитных покрытий на рабочих поверхностях насосного оборудования для защиты материала от негативного проявления эрозии и коррозии.

Цель работы: обоснование целесообразности применения двухкомпонентного эпоксидного покрытия с керамическим наполнителем, позволяющее повысить эксплуатационные характеристики, снизить энергопотребление, защитить оборудование от химического воздействия, а также сократить расходы на техническое обслуживание.

Для повышения экономичности центробежных насосов на основе нанесения защитного покрытия на поверхности рабочих колес и проточной части центробежных электронасосных агрегатов необходимо:

- провести анализ влияния гидрофобности при создании покрытий на основе двухкомпонентного эпоксидного покрытия с керамическим наполнителем на энергетические, кавитационные, акустические и вибрационные характеристики центробежных насосов;
- экспериментально оценить влияние гидрофобности рабочих поверхностей на величину гидравлических потерь в зависимости от быстроходности и конструктивного исполнения центробежных насосов;
- произвести расчет энергетических, технологических и экономических показателей при обработке поверхностей рабочих колес насосного оборудования покрытием на основе двухкомпонентного эпоксидного покрытия с керамическим наполнителем;
- провести оценку эффективности предлагаемых мероприятий в условиях эксплуатации на Азинском м/р ООО «УДС нефть».

Научная новизна: получение новых закономерностей изменения рабочих характеристик насоса в зависимости от материала покрытия проточных частей электронасосного агрегата.

Основные преимущества применения покрытия [4]:

- повышение производительности насосов при сохранении энергопотребления либо снижение энергопотребления при сохранении производительности;
- восстановление изношенных поверхностей и увеличение срока службы деталей;
- обеспечение долговременной защиты против эрозии и коррозии;
- высокая степень адгезии к различным поверхностям, включая углеродистую и нержавеющую сталь, чугун, алюминий, медь, латунь, и прочее;
- высокая устойчивость к воздействию широкого спектра химических веществ;
- отсутствие растворителя снижает риск причинения вреда здоровью и пожароопасность;
- нанесение и отверждение в условиях температуры окружающей среды – без термической обработки;
- при отверждении материал не дает усадки, не расширяется и не деформируется;
- превосходные электроизоляционные характеристики.

На рис. 1 приведены изображения проточной части насоса.

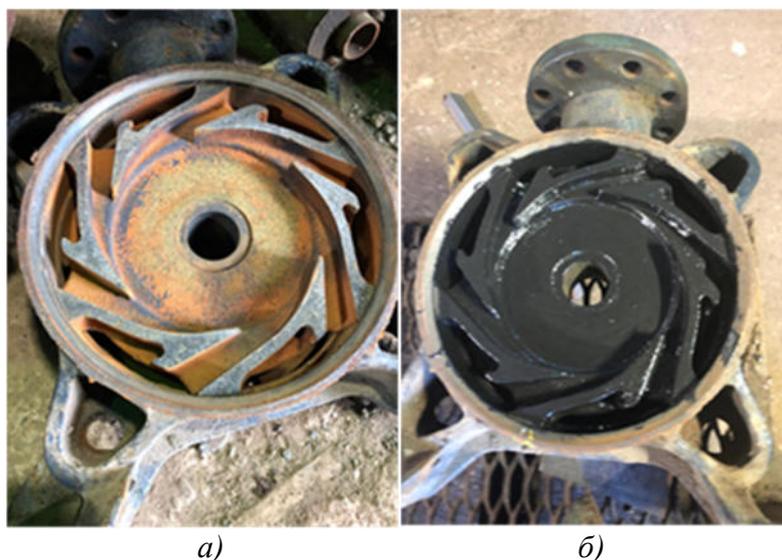


Рис. 1. Состояние проточной части насоса до а) и после б) нанесения эпоксидного состава

Практическая значимость: увеличение межремонтного периода насосного оборудования в условиях месторождений Удмуртии.

Методология работы: основана на применении методик расчета технологических параметров работы насосного оборудования, а также технологий нанесения защитных покрытий.

Общий КПД жидкостного насоса определяется произведением КПД его привода (электродвигатель, пневмодвигатель, гидродвигатель) и КПД насосной части.

Так как насосная часть состоит из деталей, узлов и механизмов, а во время ее работы происходят различные процессы и присутствуют разные физические явления, то ее коэффициент полезного действия необходимо рассматривать как произведение трех составляющих: механический КПД, гидравлический КПД и объемный КПД.

На рис. 2 приведены результаты промышленных испытаний работы насоса ЦНСнт 60-99.

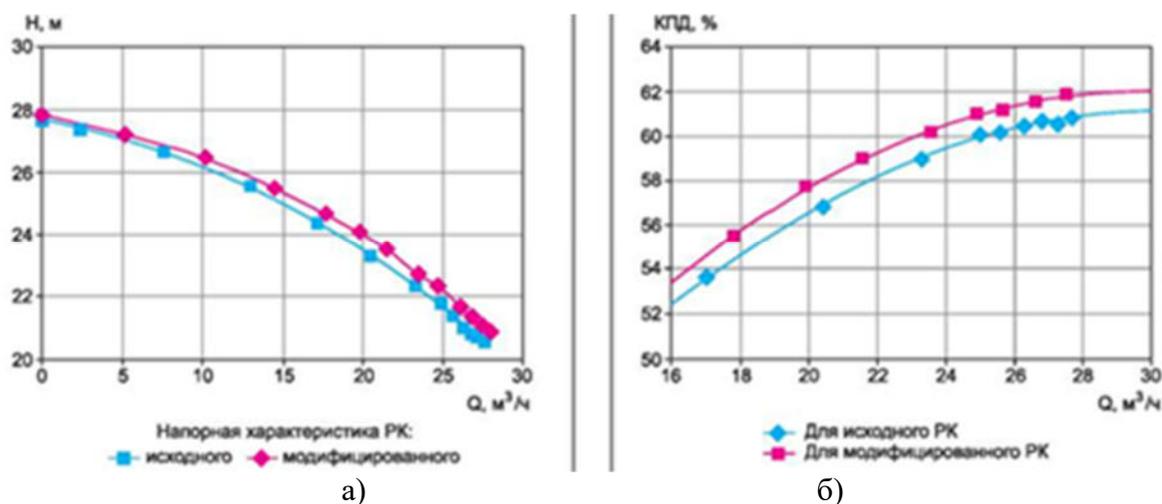


Рис. 2. Результаты промышленных испытаний работы насоса ЦНСнт 60-99:
 а) напорная характеристика насоса ЦНСнт 60-99 с исходным и покрытым рабочим колесом; б) характеристика КПД (рабочей зоны) до и после нанесения покрытия

Полученные результаты испытаний показывают влияние эпоксидного покрытия на поверхностях рабочих колес и проточной части на рабочие характеристики электронасосного агрегата, при этом наблюдается:

- повышение напорной характеристики насоса после нанесения покрытия, что объясняется снижением потерь гидравлического трения, приводящих к увеличению напора;
- обеспечение работоспособности насоса, т.е. выполнение требуемого закона $H = f(Q)$;
- повышение КПД электронасосного агрегата на 1,5–2% в рабочей зоне работы.

Согласно итогам исследования, можно сделать вывод о том, то что нанесение эпоксидного покрытия на поверхностях рабочих колес и проточной части электронасосного агрегата привело к повышению энергоэффективности при обеспечении сохранения работоспособности центробежного насоса ЦНСнт 60-99. Данное покрытие одновременно защищает поверхность рабочих колес, проточную часть от коррозии и от образования отложений, что обеспечивается отсутствием контакта перекачиваемой среды и металла, из которого изготовлена проточная часть. Помимо этого, покрытие обладает химической стойкостью и повышенной прочностью.

Предварительные результаты исследования показывают:

- необходимость разработки подходов, позволяющих с повышенной достоверностью прогнозировать остаточный ресурс электронасосного агрегата;
- важность интегральной оценки работы гидросистемы в целом, а также анализ функционирования и выхода из строя ее отдельных элементов;
- перспективность создания технологий, позволяющих обеспечивать повышение КПД и надежности электронасосных агрегатов на основе нанесения полимерных покрытий на поверхности проточной части и рабочих колес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буренин В.В., Гаевик Д.Т., Дронов В.П., Иванов В.В. Конструкция и эксплуатация центробежных герметичных насосов. М.: Машиностроение, 1977. 152 с.
2. Карелин В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. М.: Машиностроение, 1977.
3. Носов Э.Ф., Маркевич А.М., Клейменов Н.А. Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1977. Т. 3. 1152 с.
4. Акользин А.П. Противокоррозионная защита стали пленкообразователями. М.: Металлургия, 1989. 192 с.

Поступила 01.02.2021

УДК 531.74

В.К. Грязев

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФАСКОМЕРОВ

Описаны результаты патентно-информационного поиска фаскомеров, необходимые автору в его работе.

На предприятии, где работает автор, возникла проблема – контролеры не могут измерить размер фасок, из-за этого детали не допускаются дальше, происходит срыв плана производства.

Первым делом был осуществлен информационный поиск инструмента, позволяющего измерить фаски. На рынке предлагаются следующие решения (рис. 1).



Рис. 1. Результат поиска в интернете

Как можно видеть, во-первых, представленные на рынке решения очень дороги, для такого второстепенного элемента как фаска (цены начинаются от 10 900 руб. за штуку и доходят до 93 035 руб.), а, во-вторых, они позволяют измерить размеры фасок только с углом наклона в 45° .

После этого было решено провести патентное исследование в целях изучения разработанных образцов фаскомеров и проработки возможности изготовления их силами производства.

Одним из вариантов исполнения прибора для измерения фасок является изобретение SU 1223023 (рис. 2, а). Прибор устанавливается по кромке измеряемого изделия базовой поверхностью 2 так, чтобы губка 7 входила в отверстие параллельно его оси, контактируя с его внутренней стенкой, и находилась ниже измеряемой фаски. После этого убирается стопор 15 и выводится губка 7 из отверстия при помощи микрометрического винта. Как только индикатор 11 показывает отклонение от нуля, считывают высоту фаски по шкале, нанесенной на штанге 6. После этого продолжают движение губки вверх, вследствие чего, пружина 12 сдвигает рамку 3 со стрелкой 9 на определенный угол, который оказывается равен углу фаски. Недостатки: сложность прибора, высокая стоимость, невозможность точно померять углы.

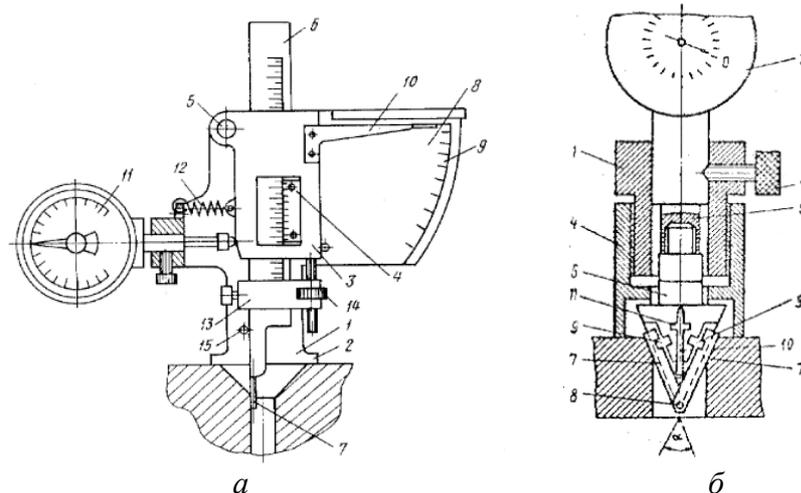


Рис. 2. Варианты фаскомеров SU 1223023 (а) и SU 1538021 (б)

Еще один прибор для измерения фасок по патенту SU 1538021 (рис. 2, б) работает следующим образом. Сначала для настройки фаскомера вращением установочного кольца 4 планки 7 устанавливают так, чтобы они коснулись поверхности измеряемой фаски. Затем освобождают шток 4, опустив винт 3. После этого перемещают упор 10, который воздействует на планки 7, поворачивая их относительно оси 8, в осевом направлении, вращая регулировочную гайку 11. Надежный контакт планок 6 и упора 10 обеспечивается за счет

пружин 9. Регулировочную гайку 11 вращают до тех пор, пока планки 7 не начнут касаться измеряемой фаски по конической поверхности. Заканчивается настройка прибора установкой индикатора 2 на нуль и последующей фиксацией его гайкой 3. Прибор устанавливается планками 7 в измеряемую фаску. По отклонению стрелки индикатора 2 вычисляют истинный размер фаски.

Недостатки: сложность в изготовлении, настройке и регулировке, потребность в большом количестве эталонов для проведения измерений.

Также существует образец, предназначенный для измерения фасок на цилиндрических деталях по патенту SU 469041 (рис. 3).

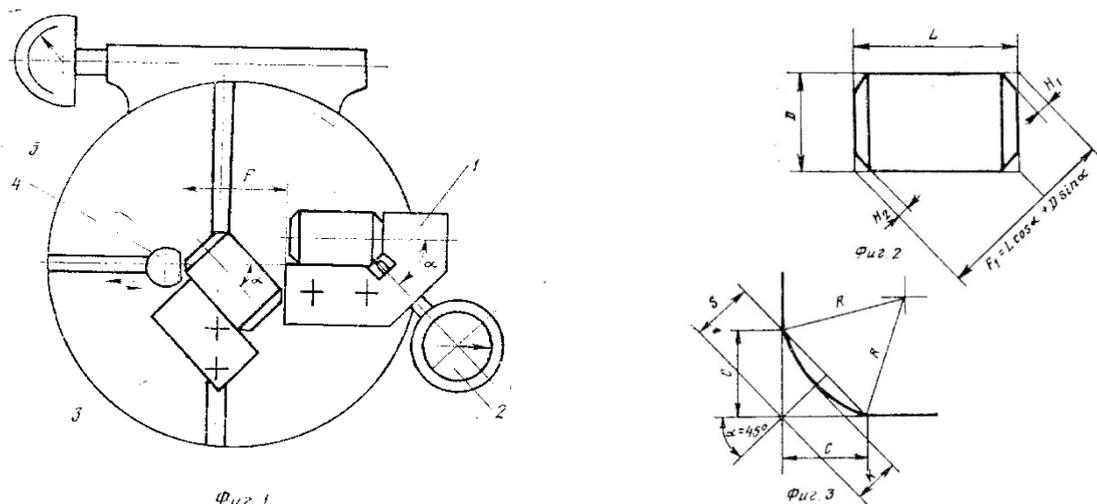


Рис. 3. Фаскомер (SU 469041)

Деталь устанавливается в упор 1 и с помощью измерителя 2 определяются расстояния H_1 и H_2 . После этого деталь устанавливается в упор 3, повернутый на угол α и затем приводится во взаимодействие между фасками с подвижным и неподвижным упорами.

Величину проекции F расстояния между фасками на направление измерения отмечают по измерителю 5.

Величины K и S фасок определяют по соотношению:

$$S(K) = \frac{F_1 - F \pm (H_1 - H_2)}{2},$$

где $F_1 = L \cos \alpha + D \sin \alpha$ – расчетный размер, определяемый из длины L и диаметра D детали и углом α между направлением измерения и осью детали.

Недостатки: трудность проведения измерений, возможность измерения только цилиндрических деталей.

Одним из вариантов фаскомера является образец, описанный в изобретении СССР №717522 (рис. 4).

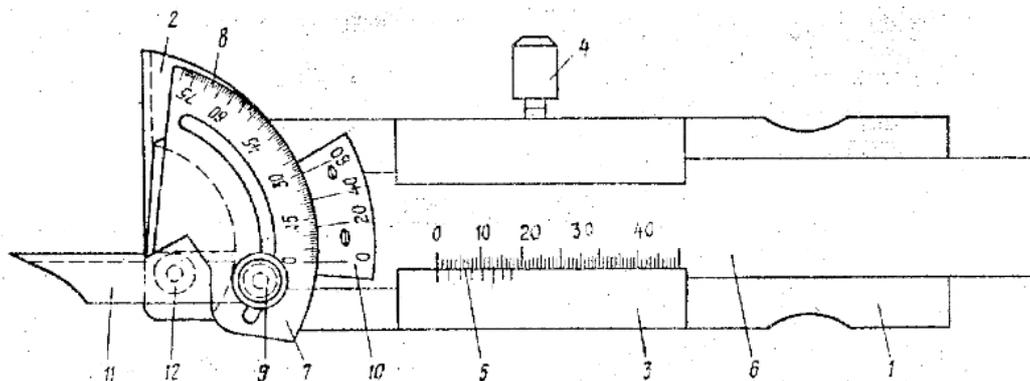
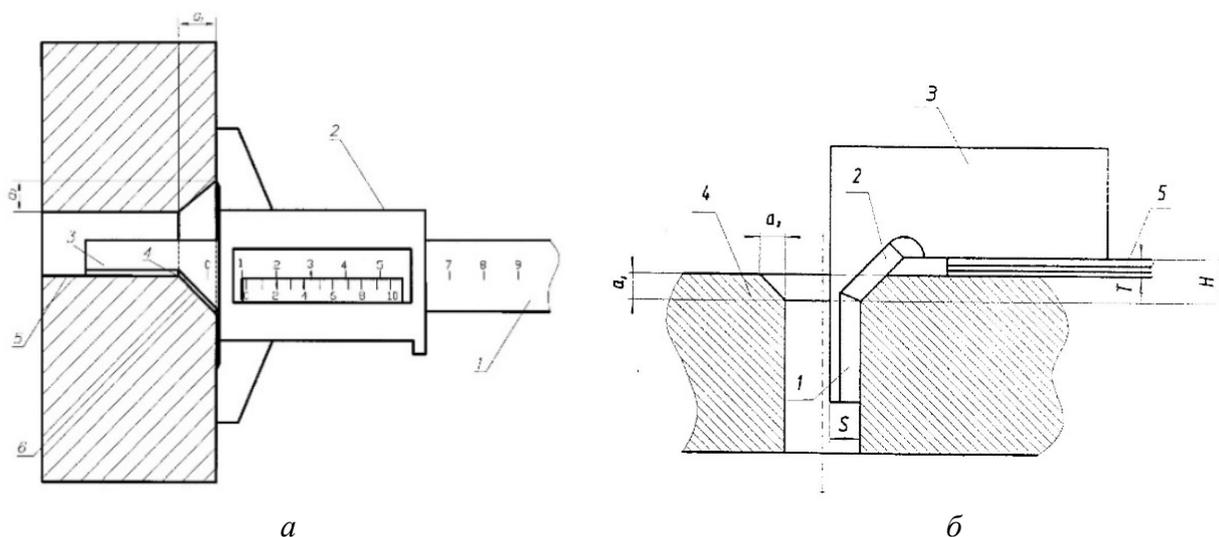


Рис. 4. Фаскомер (№717522)

Он представляет из себя линейку 6 с транспортиром 7. Для измерения фаски прибор устанавливают так, чтобы поверхности 2 и 11 плотно прилегали к поверхностям, по которым выполнена фаска. После этого линейку фиксируют винтом 6, по шкале 5 определяется линейный размер фаски, а по шкале 8 – ее угол.

Существует вариант фаскомера в виде штангенинструмента по патенту RU 939661 U1, по конструктивным характеристикам наиболее близкий к образцам, представленным на рынке. Принцип его работы становится понятным из чертежа (рис. 5, а).



а
б
Рис. 5. Фаскомеры RU 939661 (а) и RU 2419761 (б)

Его недостаток такой же, как и образцов представленных на рынке, – невозможность измерить фаски с разными углами (без смены линейки).

Наиболее простыми конструктивно, технологичными и удобными в обращении автору представляются образцы, описанные в патентах RU 93967 U1 «Устройство для измерения размеров фасок» и RU 2 419 761 C1 «Способ для измерения размеров фасок (варианты)» (рис. 5, б)

В данном изобретении шаблон «ножкой» 1 устанавливают вплотную на боковую поверхность отверстия или детали 4 и рабочей частью 2 совмещают с поверхностью фаски. Для определения размера фаски в просвет между поверхностью детали и контрольным плечом 3 вплотную подбирают набор калиброванных пластин 5 необходимой толщины Т.

Шаблоны изготавливаются различных типоразмеров в зависимости от диапазона измеряемых фасок и угла наклона фаски.

При этом набор шаблонов ограничен, так как по ГОСТ 14953-80 «Зенковки конические» допускаются зенковки с углами 60°, 75°, 90° и 120°, то и для фаскомеров можно сделать лишь четыре шаблона.

Вывод. Для изготовления фаскомеров на производстве автором был выбран последний вариант еще и по той причине, что оба патента на данный тип фаскомеров уже не действуют (с 27.11.2017 и 06.12.2019 соответственно). На данный момент ведется проработка технологии. В скором времени детали будут переданы на изготовление, и устройство будет опробовано на практике.

Поступила 01.02.2021

А.И. Старцев

НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ ТРУБЫ С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Одной из основных проблем при добыче нефти и газа фонтанным способом эксплуатации является большое образование коррозии внутри насосно-компрессорных труб, вследствие чего происходит образование на этих участках асфальтосмолопарафиновые отложения, что приводит к снижению дебита скважины и к дополнительным финансовым вложениям. Сделан вывод, о том, что применение нового технического оборудования позволяет сохранить дебит скважины и снизить эксплуатационные расходы на горизонтально-направленных скважинах с фонтанной эксплуатацией, в последующем возможно применение насосно-компрессорных труб с полимерным покрытием на механической эксплуатации.

Цель. Комплексное авторское исследование проблемы эксплуатации горизонтально-направленных скважин с насосно-компрессорными трубами, решение этой проблемы внедрением нового технологического оборудования для повышения эффективности добычи и снижение эксплуатационных расходов в нефтяной промышленности.

Методология. В процессе исследования проблемы эксплуатации горизонтально-направленных скважин использовались методы практического применения замены насосно-компрессорных труб на насосно-компрессорные трубы с полимерным покрытием с дальнейшим сравнительным анализом данных.

Результаты. На территории Пермского края ЦДНГ-12 ООО «Лукойл-Пермь» Ростовицкого месторождения активно применяется замена насосно-компрессорных труб на трубы с внутренним полимерным покрытием на горизонтально-направленных скважинах с фонтанной эксплуатацией.

Нефть является одним из мировых источников энергии. Процесс добычи становится все сложнее на фоне истощения запасов углеводородов.

За последние десять лет существенно изменилась технология добычи нефти и газа, за счет внедрения новых технологий и разработок. Внедрение новых технологий направленно на решение определенных проблем истощения месторождений, экологические проблемы, воздействие коррозии на технологическое оборудование, транспортировка нефти.

Одной из основных проблем при добыче нефти и газа является внутрискважинная коррозия оборудования, что является следствием поиска все новых решений проблемы коррозии.

Коррозионные процессы классифицируют: по механизму взаимодействия металлов с внешней средой; по характеру коррозионных разрушений; по виду коррозионной среды и условиям протекания процесса.

Одним из применяемых методов от коррозии является нанесение полимерного покрытия на внутреннюю часть трубы.

Насосно-компрессорные трубы без нанесения полимерного покрытия имеют меньший срок эксплуатации, большую степень отложения АСПО, эрозии, большее число химических обработок, требуется механическая очистка труб и т.д.

Основные плюсы использования насосно-компрессорных труб с полимерным покрытием:

- защита от коррозии;
- увеличение добычи (за счет гидравлического КПД);
- защита от АСПО (за счет отсутствия шероховатости);
- снижение износа насосно-компрессорных труб (снижение эрозии и механических повреждений);
- снижение стоимости добычи (за счет увеличения срока службы, снижения

количества ремонтных работ, снижения количества ловильных операций);

- сокращение затрат за счет отказа от использования ингибитора;
- быстрая окупаемость стоимости покрытия за счет снижения количества обработок от АСПО;
- увеличение добычи примерно на 14%.

Таким образом, на основании вышеизложенной информации можем сделать вывод о том, что применение полимерного покрытия для коррозионной защиты нового технического оборудования позволяет сохранить дебит скважины и снизить эксплуатационные расходы на горизонтально-направленных скважинах с фонтанной эксплуатацией с применением насосно-компрессорных труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://oilgasnews.ru/news/95-problemyi-pri-dobyiche-nefti>.
2. Жарский М.И., Иванова Н.П., Куис Д.В., Свидунович Н.А. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования: учеб. пособие. Минск: Высшэйшая школа, 2012. 303 с.
3. URL: <https://ttd.tatneft.ru/produktsiya/trubnaya-produktsiya/trubi-nasosno-kompressornie-s-vnutrennim-polimernim-pokritiem>.

Поступила 01.02.2021

УДК 621.183.38

Г.К. Букин

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА

В представленной работе предлагается провести испытания стержней на клапане предохранительном, и определить фактическое давление срабатывания ножа в клапане предохранительном для каждого из девяти стержней.

С целью приведения имеющегося диапазона срабатывания к требованиям ПБ НГП и ГОСТ 30776-2002 (диапазон должен быть 10...15%) необходимо провести анализ конструкции и определить направление дальнейшего совершенствования узла насоса.

На данный момент при эксплуатации насоса у компаний, занимающихся добычей нефти, возникают замечания при работе с узлом «Клапан предохранительный», связанные со срабатыванием клапана в диапазоне 10...30% от рабочего давления, так как раньше требования ПБ НГП и ГОСТ 30776-2002 не оговаривали процентный диапазон срабатывания, он был установлен разработчиком 10...30%.

Клапан предохранительный (рис. 1) устанавливается на напорной магистрали насосной установки или бурового насоса.

Поршень поз. 1 упирается в нож поз. 14, который удерживается в статическом положении стержнем поз. 7. Стержень проходит через отверстия в ноже и корпусе поз. 5. В ноже поз. 14 установлен упор поз.17, который упирается в толкатель конечного выключателя поз.40 (сечение П-П, рис. 1).

Девять отверстий в ноже соответствуют различным давлениям, при которых происходит срабатывание клапана. Рабочие давления, которым соответствуют отверстия в ноже, указаны на табличке поз. 15, установленной на корпусе.

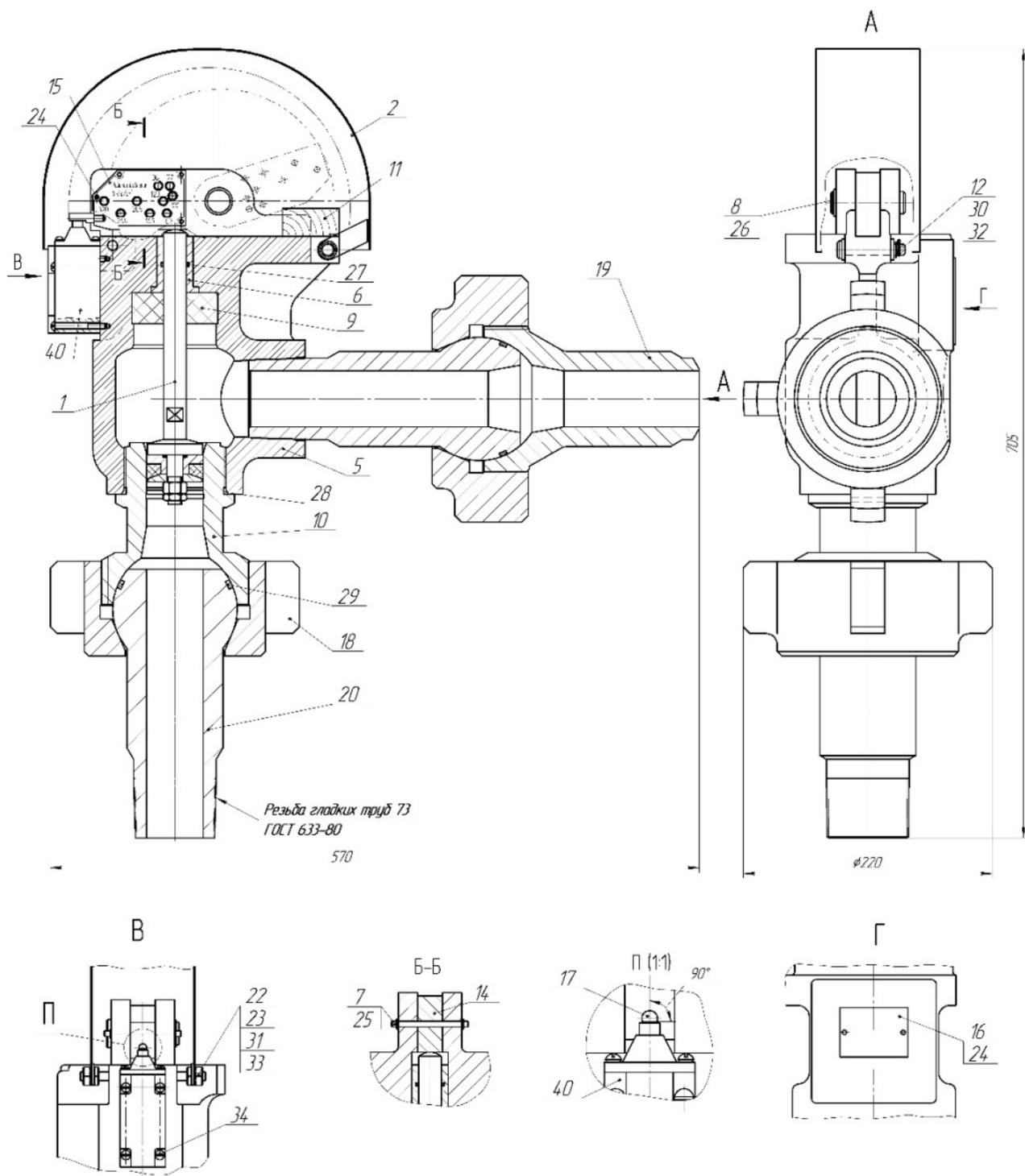


Рис. 1. Клапан предохранительный

При превышении давления в напорной магистрали, выше указанного в таблице 1 на (10%–30%), стержень поз. 7 срезается, поршень движется к демферу поз. 9, отбрасывая нож, который находится под защитным кожухом поз. 2.

При срабатывании предохранительного клапана буровой раствор из выкидной линии клапана отводится специально оборудованным трубопроводом (на промышленном участке) в емкость с буровым раствором.

Для удобства монтажа и демонтажа клапана предусмотрены быстроразборные сферические соединения, позволяющие компенсировать погрешность установки клапана в составе напорного манифольда.

Необходимо определить возможные причины срабатывания клапана вне установленного диапазона.

Для этого требуется:

- проанализировать имеющуюся конструкцию клапана предохранительного,
- провести анализ материала срезаемого стержня,
- определить факторы, влияющие на точность срабатывания предохранительного клапана;
- при отсутствии положительных результатов при работе со стержнями выбрать новые конструктивные параметры

Испытания стержней проводились на клапане предохранительном, входящем в состав насоса. При испытаниях использовались стержни, изготавливаемые серийно: материал стержней Круг h11-5 ГОСТ 7417-75/30ХГСА-НГ ТУ 14-1-3238-2006.

Измерены с точностью до 0,01 мм фактические диаметры D_f 9-ти стержней, предназначенных для проведения испытаний

Зафиксированы фактические давления срабатывания $P_{ф1}$ (табл. 1).

Изъятые из ножа центральные остатки стержней направлены в ЦЗЛ для определения фактической твердости и величины обезуглероженного слоя (табл. 1).

Зафиксированы фактические давления срабатывания $P_{ф2}$ (табл. 2).

Фактические показания давления при испытаниях показали стабильность срабатывания клапана в имеющемся диапазоне (10%–30%). Результаты отражены на рис. 2.

Таблица 1

Результаты испытаний нешлифованных стержней

№ п/п	Рабочее давление, кгс/см ²	Стержень D_f , мм	Давление срабатывания $P_{ф}$, кгс/см ²		$P_{ср}$, кгс/см ² 110% от рабочего давления	Фактическая твердость в <i>HRC</i>	Обезуглероженный слой
			$P_{ф1}$ Целый стержень	$P_{ф2}$ Остатки стержней			
1	88	4,96	119	112	97	29	Не наблюдается
2	97	4,96	121	120	107	28	
3	107	4,96	131	138	118	30	
4	120	4,96	149	149	132	29	
5	136	4,96	161	161	150	31	
6	165	4,97	200	203	182	30	
7	209	4,97	252	252	230	29	
8	264	4,96	318	318	290	31	
9	320	4,97	381	385	352	29	

Таблица 2

Фактическое давление срабатывания

Рабочее давление, МПа	8,8	9,7	10,7	12,0	13,6	16,5	20,9	26,4	32,0
Давление срабатывания, МПа	9,7 +1,8	10,7 +2,0	11,8 +2,1	13,2 +2,4	15,0 +2,7	18,2 +3,3	23,0 +4,2	29,0 +5,3	35,2 +6,4

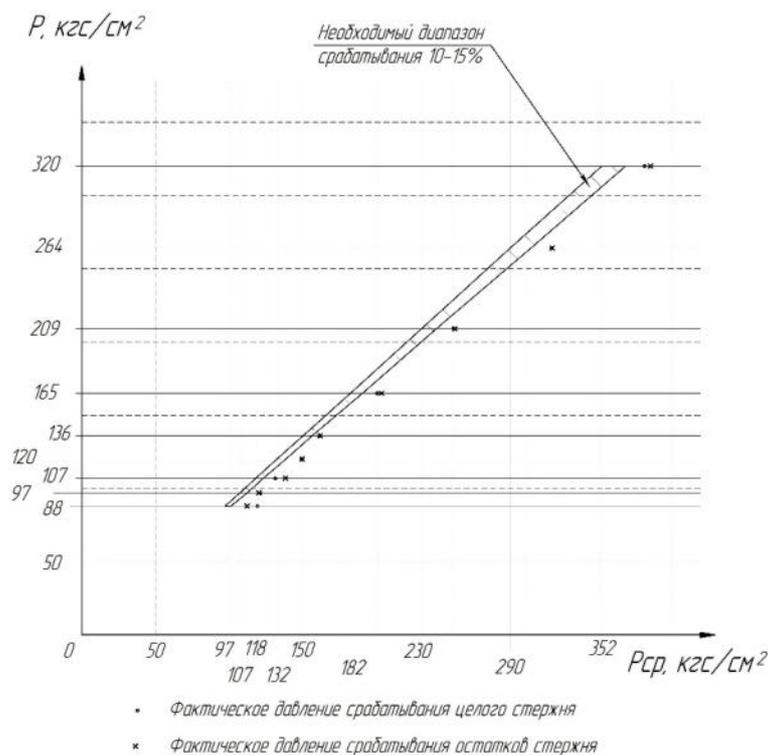


Рис. 2. Фактические давления срабатывания стержней Ø 5h11

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология конструкционных материалов / А.М. Дальский [и др.]. М.: Машиностроение, 1993. 448 с.
2. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение. СПб.: Политехника, 1994. 448 с.

Поступила 01.02.2021

УДК 536.626.2

Е.С. Кунишин **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСШЕЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА**

В данной статье описывается гидравлическое испытание калориметрической бомбы. Целью работы является найти оптимальный план по экспериментальному выявлению требуемой калориметрической величины, который был бы наиболее экономичным, наименее трудоемким и обеспечивал бы необходимую точность результатов, используя уже хорошо апробированные и разработанные аппаратуру и способы измерений.

Большинство процессов, происходящих в природе, связаны с превращением энергии, т.е. поглощением и выделением тепла. С помощью познаний в этой области можно изучить тепловые эффекты физических процессов и химических реакций, оптимизировать процессы на предприятии, обладая базовыми знаниями о распределении энергии. Актуальность заключается в упорядочивании экономического положения предприятия. Узнать всевозможные потери можно будет благодаря результатам испытания. Чем выше теплота сгорания получится на выходе, тем меньше топлива нужно будет сжечь, а значит, тем

меньше расходов понесет предприятие. От правильного определения теплоты сгорания зависят технико-экономические показатели работы предприятия: производственная мощность, коэффициент использования мощности, затраты на 1 руб. реализованной продукции, рентабельность, прибыль от реализации, заработная плата персонала и т.п. Они позволяют сделать вывод о положительных или отрицательных изменениях в деятельности предприятия.

Основной информацией, как в практике научных исследований, так и при оптимизации или контроле многочисленных производственных технологических процессов, является информация о значениях тепловых эффектов и о характере их протекания.

Теплота сгорания является одним из главных показателей качества энергетического топлива и характеризует ценность тепла углей.

Давать тепло – главная задача топлива, поэтому важно, чтобы тепла при его сгорании выделялось как можно больше.

Знать о количестве выделившейся теплоты нужно постольку, поскольку чем больше удельная теплота сгорания твердого топлива, тем меньше расход топлива при этой же величине коэффициента полезного действия.

Во избежание больших расходов предприятия, есть основные требования, предъявляемые к топливу: отсутствие вредных продуктов сгорания (чтобы не страдала окружающая среда), низкая температура воспламенения, большая теплота сгорания, распространенность и легкость добычи и транспортировки. Исследование пробы угля представлено на (рис. 1).

Филиал «Удмуртский»
Публичного акционерного общества «Т Плюс»

Химическая служба
Лаборатория участок Ижевской ТЭЦ - 2

Адрес: 426057, г. Ижевск,
Ул. Воткинское шоссе, 284, тел.488-811

Свидетельство № 21-16 о состоянии
измерения в лаборатории действительно
до 31.10.2019 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
угля каменного

10.09.2019 г. № 33
г. Ижевск

Наименование и адрес поставщика – ОАО «УК» «Кузбассразрезуголь»
ст. Латыши Кемеровской обл.
Объект анализа – уголь каменный, марка СССШ.
Цель анализа – входной контроль.
Место отбора проб – ж/д вагоны 38 ваг. № 64505431,62795117 ... 65622870,61631651
сертификат №1909110312 от 03.09.2019 г.
Дата отбора проб – 09.09.2019г.
Дата проведения анализов – 09,10.09.2019г.
Средства измерений – в соответствии с ГОСТ

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Результат	Методика измерений
1	Влага (рабочее состояние)	%	7,4	ГОСТ 11014
2	Влага (аналитическое состояние)	%	1,3	ГОСТ 11014
3	Зольность (рабочее состояние)	%	18,8	ГОСТ Р 55661
4	Выход летучих веществ (рабочее состояние)	%	26,9	ГОСТ Р 55660
5	Содержание серы (рабочее состояние)	%	0,28	ГОСТ 8606
6	Теплота сгорания низшая (рабочее состояние)	ккал/кг	5774	ГОСТ 147

Ведущий инженер-химик И.Н. Агафонова
Техник-лаборант С.В. Краснова

Перепечатка и копирование настоящего протокола без разрешения химической службы запрещена

Рис. 1. Протокол испытаний угля

Для определения теплотворной способности жидких и твердых образцов сгораемого топлива применяют калориметр – установку для определения теплоты сгорания. В основе калориметрической бомбы лежит определение тепла топлива от передачи тепла с известной массой воды. Теплотворную способность топлива вычисляют исходя из изменения температуры воды в большую сторону и массы образца топлива.

За исключением воды остальные продукты сгорания находятся в газообразном состоянии. Вода, в свою очередь, при сгорании выделяет конденсат.

Сгорание производится замыканием снаружи электрического тока, который проходит через тонкую железную проволоку определенной теплотворной способности и определенного веса внутри бомбы. Проволока сгорает в кислороде, соприкасаясь с навеской, и, замыкая ток, воспламеняет навеску.

Высшую теплоту сгорания при постоянном объеме вычисляют по исправленному изменению температуры и энергетическому эквиваленту бомбового калориметра с учетом выделения тепла при сгорании части запальной проволоки, а также при образовании и растворении в воде азотной кислоты.

Определение высшей теплоты сгорания топлива методом сжигания в бомбовом калориметре (рис. 2) состоит из двух процедур. Первая – сжигание стандартного вещества. Вторая – сжигание навески топлива.



Рис. 2. Бомбовый калориметр

Обе процедуры обязаны проводить в одних и тех же условиях на идентичной аппаратуре, с одинаковыми реактивами и материалами. Это позволяет исключить систематические ошибки, которые могут быть связаны с неконтролируемыми потерями тепла в калориметрической системе.

Начальный период. Первое действие – включить мешалку, которая должна работать с постоянной скоростью во время всего теста. Начальный период является начатым, как только стабильное состояние в системе достигнуто: скорость изменения температуры в калориметрическом сосуде становится постоянной. Длительность начального периода 5 минут (6 измерений температуры).

Первый подсчет температуры в основном периоде происходит через 30 секунд после последнего подсчета в начальном периоде. Продолжают снимать показания термометра каждые 30 с. В течение первых нескольких минут основного периода, когда температура быстро повышается, показания записываются с погрешностью до 0,02 К. Продолжают запись показаний термометра с погрешностью 0,001 К как только это будет возможно, но не

позднее 5 мин после начала основного периода. Основной период считается завершенным с появлением равномерного изменения температуры.

Конечный период начинается тогда, когда температура всех частей калориметра становится однородной после сжигания образца, или когда калориметрическая система достигает нового стабильного состояния, учитывая скорость изменения температуры. Последним показанием температуры основного периода является начальное считывание конечного периода, в течение которого 10–14 показаний принимаются с интервалом в 30 секунд. Так продолжается 5–7 минут. Этого достаточно, чтобы определить конечную скорость изменения температуры и рассчитать поправку теплообменника на основе этих результатов.

Для того, чтобы определить разность температур на входе и выходе бомбового калориметра и количество тепла, которое выделилось нагревателем, в процессе опыта измеряют напряжение на нагревателе бомбового калориметра и силу тока.

При помощи ПО прибора выполняется обработка результатов измерений в современных автоматических бомбовых калориметрах. Это позволяет получить в электронном или бумажном виде результаты расчета энергетического эквивалента прибора, параметры градуировки, результаты определения теплоты сгорания, а также статистические параметры для оценки точности результатов.

Результат испытания:

27095,55 кДж/кг – высшая теплота сгорания;

5,1% – содержание водорода в горючем топливе.

Результат высшей теплоты сгорания 27095,55 кДж/кг является приемлемым.

Таким образом, чем выше теплота сгорания на выходе, тем выше коэффициент полезного действия станции. Меньшее потребление электроэнергии уходит на собственные нужды предприятия; меньшая потребность в ремонтах механизмов – меньшая нагрузка на персонал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54245-2010 (ИСО 1170:2008). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084207>.
2. ГОСТ 147-2013 (ISO 1928-2009). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107606>.
3. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: учебник. 2-е изд., испр. и доп. М.: КНОРУС, 2011. 352 с.

Поступила 01.02.2021

УДК 66.021.4

Ю.А. Пескишева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ВОСКА В ПРОГРАММЕ ПАССАТ

В статье приводится расчет на прочность смесителя полиэтиленового воска в программе ПАССАТ.

Смеситель предназначен для смешения полиэтиленового воска, толуола, воды и диэтиленгликоля с целью получения однородной смеси полиэтиленового воска. Применяется в производстве лакокрасочных материалов и получении покрытий.

Корпус аппарата представляет собой цилиндрическую вертикальную емкость с наклонным плоским днищем и штуцерами загрузки и выгрузки продукта. Корпус аппарата имеет рубашку для обеспечения температурных режимов. К рубашке аппарата приварены

четыре опоры. Корпус смесителя закрыт плоской крышкой. Внутри аппарата находится восьмилопастная мешалка под углом наклона лопастей 45° (роторно-струйная) с числом оборотов 237 об/мин.

Недостатком данного аппарата является:

- материал корпуса, изготовленный из стали ВСт3, который подвергается коррозии от воздействия этиленгликоля;
- недостаточный обогрев корпуса с помощью теплоносителя в рубашке.

В результате модернизации предлагается замена материала корпуса на коррозионностойкую сталь 12Х18Н10Т, установка змеевика вместо рубашки, изменение конструкции сплошного вала на трубчатый для уменьшения веса вала и нагрузки на привод.

В данной работе произведен расчет корпуса аппарата на прочность (рис. 1). Материал корпуса – сталь Ст3, давление в аппарате – $0,014$ МПа, температура среды – $95 \pm 5^\circ\text{C}$. Аппарат имеет следующие геометрические размеры: диаметр 1200 мм, высота 2340 мм, ширина – 1700 мм.

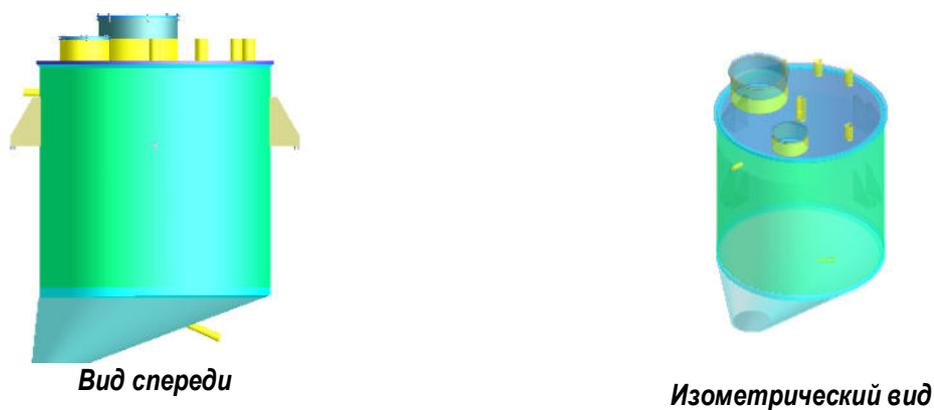


Рис. 1. Общий вид смесителя

Модель смесителя создавалась в программе ПАССАТ путем выбора таких элементов, как цилиндрическая обечайка, конусное днище, крышка. В диалоговом окне задаются все параметры этих элементов, материал, давление, температура. При задании штуцеров необходимо указывать их положение, а также выбрать крепление к корпусу. В качестве опор были выбраны 4 опорные лапы. Программа автоматически проверяет геометрию модели, исключая ошибки ввода данных и нестыковку элементов. [1]

Подбор опор лап подбирался в соответствии с ГОСТ 26296-84 с учетом веса конструкции аппарата. Опорные лапы конструкции необходимо проверять на прочность и устойчивость в рабочих условиях и условиях испытаний по ГОСТ 34233.5-2017.

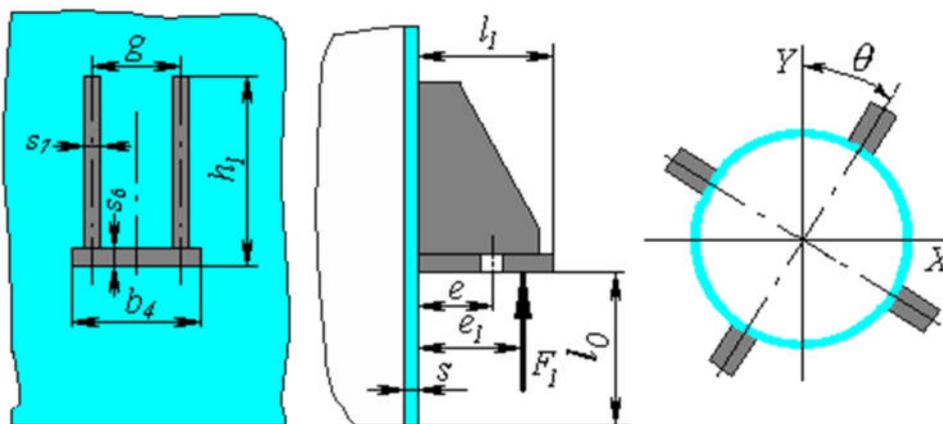


Рис. 2. Опоры-лапы

Выполним расчет несущей способности опоры-лапы в программе ПАССАТ.
 Допускаемое осевое усилие в месте приварки опорной лапы (при $g/h_1=0,47727$):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (s - c)^2}{K_7 \cdot e_1} \cdot \left(0,5 + \frac{g}{h_1}\right) = \frac{237 \cdot 264 \cdot (8 - 2,8)^2}{0,69689 \cdot 135} \cdot \left(0,5 + \frac{126}{264}\right) = 17575 \text{ Н.}$$

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы определяется выполнением условия:

$$F_1 \leq [F_1],$$

$$F_1 = 9702,3 \text{ Н} \leq [F_1] = 17575 \text{ Н.}$$

Заключение: условие прочности и устойчивости выполнено.

При проектировании и определении толщины стенки круглой крышки необходимо учитывать такие параметры как конструкция крышки, условия ее закрепления, наличие штуцеров. В формулу (1) для определения толщины стенки плоской круглой крышки S_{1p} входит коэффициент K_o для наиболее ослабленного сечения. Максимальную сумму длин хорд отверстий в наиболее ослабленном диаметральном сечении днища или крышки программа определяет в автоматическом режиме, что исключает ошибки при ручном подсчете. Расчет прочности крышки выполнялся по ГОСТ 34233.2-2017:

$$s_{1p} = KK_0 D \sqrt{\frac{p}{\phi[\sigma]}}.$$

При наличии нескольких отверстий коэффициент K_o определяется по формуле:

$$K_0 = \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{\sum d_i}{D_R}\right)^3}{1 - \left(\frac{\sum d_i}{D_R}\right)}}.$$

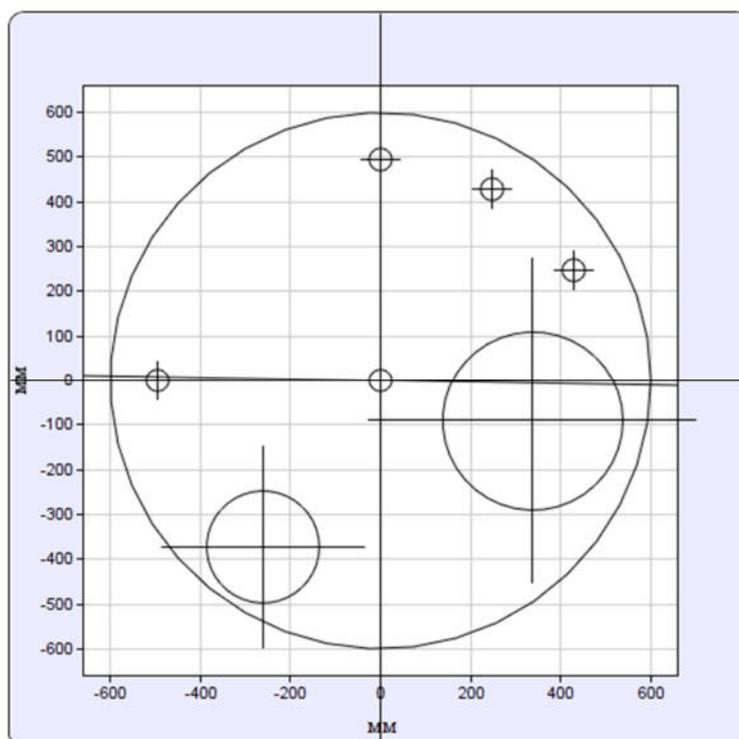


Рис. 3. Расчет прочности крышки аппарата в программе ПАССАТ

По результатам расчета формируется подробный отчет, в котором отражаются методика расчета и полученные результаты. Все условия прочности и устойчивости выполняются.

Температурные напряжения также негативно влияют на прочность аппарата, поэтому прочностной расчет аппарата с применением программных продуктов дает более точную картину напряженного состояния конструкции, по прочности и устойчивости аппарата с учетом действующих температур и давлений. [1]

ВЫВОД

Таким образом, при модернизации аппарата будет вновь проведен расчет конструкции на прочность и устойчивость с учетом изменения рубашки аппарата и его веса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаклеина С.Э., Тимашева Е.Н., Кучев Д.Н. Особенности проектирования аппарата с взвешенным транспортируемым слоем при повышенных температурах // Журнал «Научно-технический вестник Поволжья», №8. 2020. С. 46–51.

Поступила 17.02.2021

УДК 623.76

И.А. Соловатов

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПВО И ПРО

В работе проводится обзор по данным СМИ информации о характеристиках интегрированной системы ПВО и ПРО.

25 августа 2016 года в ходе внезапной проверки вооруженных сил российские ВКС впервые протестировали работу Единой интегрированной системы противовоздушной обороны (ЕИС ПВО). Система позволила в режиме реального времени отразить условную массированную атаку условного противника, соединив при этом в единую сеть взаимодействия всех участников процесса, начиная от непосредственно выполняющих перехват истребителей и расчетов зенитно-ракетных комплексов, и, заканчивая Национальным центром управления обороной.

В течение нескольких часов истребители-перехватчики, зенитно-ракетные системы, РЛС и самолеты дальнего радиолокационного обнаружения ДРЛО на Кавказе, в Крыму и центральной России отражали условный массированный налет самолетов, беспилотников и крылатых ракет противника. В это же время в Национальном центре обороны и Главном командовании воздушно-космических сил не только получали информацию в режиме реального времени обо всем, происходящем в воздухе и на земле, но и управляли воздушным боем, проходившим на площади несколько тысяч квадратных километров.

До нынешней внезапной проверки испытывались только отдельные элементы. Сейчас же в ходе учений впервые была задействована вся система. Испытания сопровождались трудностями при передаче информации, а также были выявлены недоработки в программном обеспечении.

Принцип работы единой интегрированной системы, на первый взгляд, достаточно прост: каждый ее абонент (истребитель, перехватчик, ЗРК, РЛС) передает свои координаты, направление движения, а также информацию о противнике, которого он видит, а в ответ получает информацию о расположении своих сил и средств, о действиях и положении летательных аппаратов, РЛС и ЗРС противника, даже если он находится вне поля зрения [1].

25 августа 2017 г. начальник штаба – заместитель командующего ВВС главного командования ВКС РФ генерал-майор Сергей Мещеряков – сказал: «В настоящее время на территории Сирии создана единая интегрированная система противовоздушной обороны, вся информация о воздушной обстановке поступает на пункты управления российской группировки войск» [2].

1 августа 2019 г. благодаря новому технологическому решению батарея ПЗРК «Верба» может стать частью интегрированной системы противовоздушной обороны, так как у нее есть возможность подключения к сети более мощных комплексов ПВО и, соответственно, возможность получения необходимых данных уже от их средств обнаружения.

Таким образом, стрелок-зенитчик, вооруженный ПЗРК «Верба», будет располагать информацией о возможной цели до ее входа в зону поражения собственного комплекса. Для отображения информации о воздушной обстановке на экране прицельного приспособления ПЗРК используется технология дополненной реальности. Резко возросли и возможности командира взвода и командира батареи ПЗРК. Командир батареи может заниматься распределением целей между стрелками-зенитчиками, выбирать режим ведения огня (массированный либо сосредоточенный), а также организовывать так называемые «зенитные ловушки» [3].

Малозаметные истребители, например, американский F-35 Lightning II и крылатые стелс-ракеты можно обнаружить, отследить и, возможно, уничтожить, используя сетевые системы и слияние данных. Примером подобной системы называется американская Integrated Air and Missile Defense Battle Command System (IBCS), обеспечивающая взаимодействие элементов противоракетной и противовоздушной обороны (ПРО и ПВО).

Согласно публикаций, подобная сетевая интегрированная система управления огнем позволяет осуществить сбор, идентификацию и устранение всех видов авиационных и ракетных угроз [4].

Интегрированная система боевого управления противовоздушной и противоракетной обороной представляет собой программируемую аппаратную систему, которая интегрирует и оптимизирует показания каждого локатора или иного средства наблюдения с использованием сетевых интегрированной сети управления огнем, которая находит, идентифицирует, отслеживает и уничтожает воздушные и ракетные угрозы.

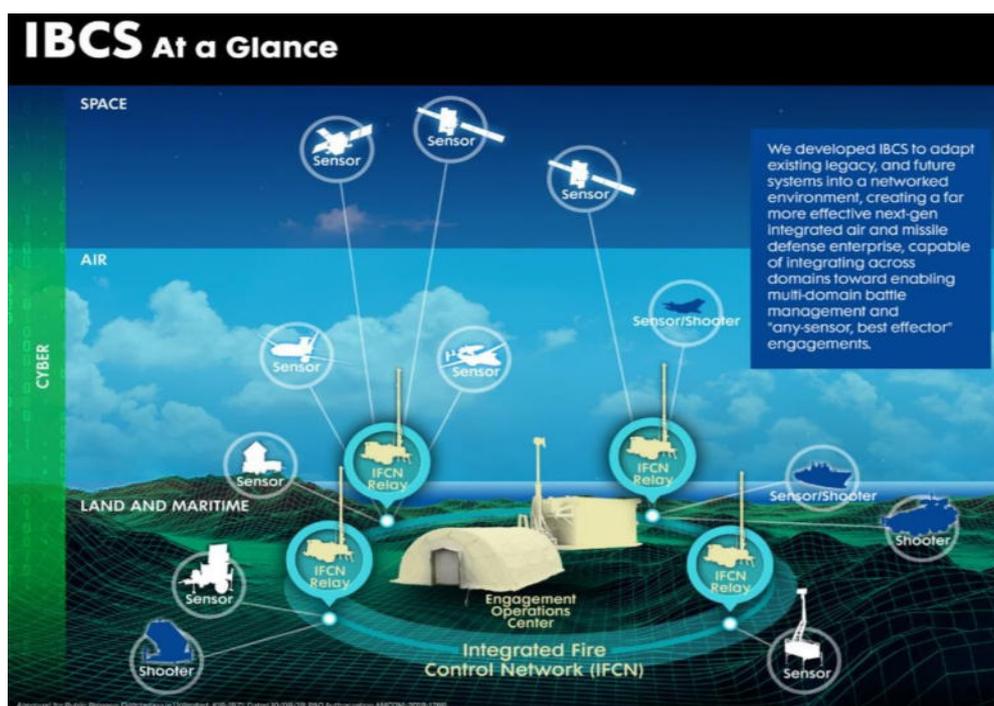


Рис. Скриншот с официального сайта корпорации «Northrop Grumman» [5, 6]

Разработанная в корпорации Northrop Grumman интегрированная система боевого управления ПВО (IBCS) является центральным элементом стратегии модернизации противовоздушной и противоракетной обороны армии США (рис.).

13 августа 2020 г. IBCS, используя ЗРК «Patriot», отразила два ракетных удара крылатыми ракетами в ходе испытаний на полигоне Уайт-Сэндс, штат Нью-Мехико. Крылатые ракеты летели на малых высотах, маневрируя через горный хребет. IBCS в реальном времени принимала данные от РЛС ЗРК «Patriot» и РЛС дальнего обнаружения AN/MPQ-64 «Sentinel». IBCS отправила команды ЗРК, и две ракеты Patriot Advanced Capability-3 (PAC-3) отразили оба удара крылатыми ракетами.

Четырьмя годами ранее испытания системы закончились неудачей. Военные не смогли даже запустить систему из-за проблем с программным обеспечением. Поэтому привести рабочий прототип системы смогли только спустя 4 года.

По словам полковника ВС США Тони Беренса, руководившего испытаниями, IBCS позволит двигать РЛС раннего обнаружения «Sentinel» на поле боя, что дает возможность использовать сразу несколько установок ЗРК против одной цели и более эффективно использовать имеющиеся средства ПВО.

IBCS будут служить не только мозгом будущей интегрированной системы ПВО и ПРО, но и системой управления ее будущими комплексными средствами огневой защиты, которые будут защищать от ракет, артиллерии и минометов, а также от угрозы крылатых ракет и беспилотных летательных аппаратов. И, вероятно, будет играть ключевую роль в программе Joint All-Domain Command and Control (JADC2) [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный портал «Известия». Минобороны испытало единую интегрированную систему ПВО. URL: <https://iz.ru/news/629665>.
2. Информационный портал «РИА Новости». Российская ПВО на Хмеймиме отслеживает всевоздушные цели в радиусе 400 км. URL: <https://ria.ru/20170825/1501099676.html>
3. Информационный портал «Regnum». Российские ПЗРК «Верба» стали частью интегрированной системы ПВО. URL: <https://regnum.ru/news/2678501.html>.
4. Информационный портал «Lenta.ru». Назван способ обнаружить F-35. URL: <https://lenta.ru/news/2020/10/31/ibcs/>.
5. Официальный сайт Американской корпорации «Northrop Grumman». Integrated Air and Missile Defense Battle Command Systems (IBCS). URL: <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/land/integrated-battle-command-system-ibcs/>.
6. Официальный сайт Американской корпорации «Northrop Grumman». IBCS. Functions and Features. URL: <https://www.northropgrumman.com/wp-content/uploads/L-0770-Integrated-Air-and-Missile-Defense-Battle-Command-System-Infographic.pdf>.
7. Информационный портал DefenceNews. Army missile defense battle command system takes out cruise missile threats in major test. URL: <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/smd/2020/08/13/army-missile-defense-battle-command-system-takes-out-cruise-missile-threats-in-major-test/>.
8. URL: <http://ed-thelen.org/aadcp.html>.

Поступила 20.02.2021

Ю.М. Лукина

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ ПАССАТ

В статье приводится пример расчета на прочность теплообменника в программе ПАССАТ.

Теплообменник – это устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя теплоносителями, имеющими различные температуры. Теплообменные аппараты очень распространены. Можно сказать, что к теплообменным относят все аппараты, в которых осуществляется обмен теплотой между греющей и нагреваемой средами.

Теплообменные аппараты в большинстве случаев работают под избыточным давлением, что приводит к появлению напряжений в отдельных элементах аппарата. Расчет теплообменного аппарата на прочность производится согласно ГОСТ 34233.7-17, чаще всего при помощи специализированного программного обеспечения. После выполнения данных расчетов откорректированная модель теплообменника может быть использована для автоматизации процесса выполнения окончательных рабочих чертежей.

В данной работе произведен расчет корпуса аппарата на прочность (рис. 1). Трубы, кожух и другие элементы конструкции изготовлены из стали 12Х18Н10Т. Аппарат имеет внутренний диаметр 1200 мм.

Модель создавалась в программе ПАССАТ путем выбора таких элементов как обечайка, фланцевые соединения, укрепления отверстий, седловые опоры. В диалоговом окне программы ПАССАТ задаются размеры конструктивных элементов, а также параметры среды.

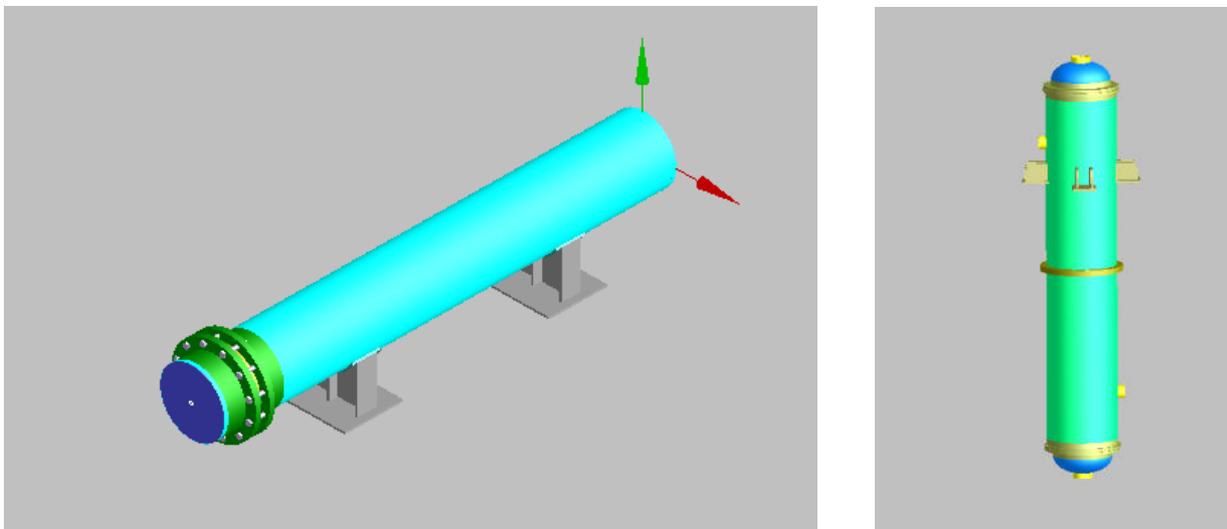


Рис. 1. Общий вид теплообменников в программе ПАССАТ

Расчеты фланцевых соединений проводились в соответствии с ГОСТ 34233.4-17 с учетом расчетного давления в аппарате, а также в зависимости от типа и исполнения фланцевого соединения (рис. 2). Расчет укреплений отверстий – в соответствии с ГОСТ 34233.3-17. При задании штуцера необходимо выбрать расчетную схему укрепления: с накладным кольцом, проходящий штуцер, с отбортовкой, сварным кольцом. Таким образом, на стадии проектирования аппарата можно выбрать наиболее оптимальный вариант крепления штуцера, а программа проверит условие укрепления отверстия (рис. 3).

Фланцевое соединение

Название элемента: **Фланцевое соединение №1** Нормативный документ: **ГОСТ 34233.4-2017** Тип фланцевого соединения:
 Приварные встык
 Плоские приварные
 Свободные на кольцах Встык-Плоский
 Встык-С кольцом
 Плоский-С кольцом
 Закладная деталь

Данные смежного элемента: **ФЛАНЕЦ №1 (*)** Размеры по НД >>> Данные смежного элемента: **ФЛАНЕЦ №2 (*)** Принять как №1

Смежный элемент: **Обечайка цилиндрическая №1** Смежный элемент: **Днище эллиптическое №1**

Внутренний диаметр, D: **1200** мм Внутренний диаметр, D: **1000** мм
Толщина стенки, s: **10** мм Толщина стенки, s: **10** мм
Материал: **Ст3 Труба** >>> Материал: **Ст3 Труба** >>>

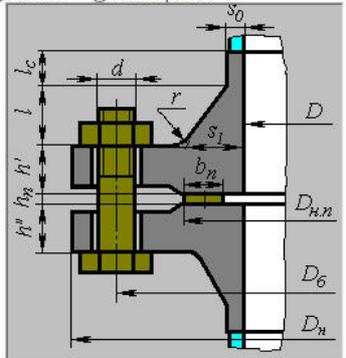
Первый фланец(кольцо) **Второй фланец(кольцо)**

Материал: **Ст3 Труба** >>> Материал: **Ст3 Труба** >>>
Внутренний диаметр, D: **1200** мм Внутренний диаметр, D: **1000** мм
Суммарная прибавка, c: **0** мм Суммарная прибавка, c: **0** мм
Наружный диаметр, Dн: **1320** мм Наружный диаметр, Dн: **1300** мм
Длина конической втулки, l: **100** мм Длина конической втулки, l: **100** мм
Толщина цилиндрич. части втулки, s0: **10** мм Толщина цилиндрич. части втулки, s0: **10** мм
Толщина конич. части втулки, s1: **20** мм Толщина конич. части втулки, s1: **20** мм
Радиус перехода, r: **5** мм Радиус перехода, r: **10** мм
Длина цилиндрич. части втулки, lc: **0** мм Длина цилиндрич. части втулки, lc: **0** мм
Толщина фланца с выступом(шипом), h': **50** мм Толщина фланца с впадиной(пазом), h'': **50** мм

Крепёж **Прокладка**

Материал: **35 Крепёж** >>> Материал: **Паронит по ГОСТ 481 при толщине не более 3 мм** >>>
Наружный диаметр, d: **10** мм Размеры по НД >>>
Дополнительно >>> Наружный диаметр, Dн.п: **1250** мм
Количество, n: **12** Ширина, bp: **5** мм
Диаметр болтовой окружности, Dб: **1280** мм Толщина, hp: **5** мм

Исполнение фланца:
 Плоские Выступ-впадина Точнее
 Шип-паз Восьмигранник



Случай нагружения	Давление р, МПа	Фланец 1 Тф1, °С	Фланец 2 Тф2, °С
Рабочие условия	0	20	20

Расчётные температуры: Вручную Автоматически

Изоляция >>>

Учет прибавки при расчете жесткости

Далее >>> Отмена

Рис. 2. Расчеты фланцевого соединения в программе ПАССАТ

Штуцер

Название элемента: **Штуцер №3** Усл. обозначение: Присоединён к: **Обечайка цилиндрическая №1**

Нормативный документ: **ГОСТ 34233.3-2017** Размеры по НД >>>

Материал штуцера: **Ст3 Труба** >>>

Внутренний диаметр, d: **200** мм
Наружный диаметр, do: **220** мм
Толщина стенки штуцера, s1: **10** мм
Суммарная прибавка к толщ., cs: **2** мм >>>
Длина наружной части штуцера, l1: **120** мм

Прибавка на коррозию, cs1: **0** мм

Случай нагружения	Давление р, МПа	Температура Т, °С
Рабочие условия	0	20

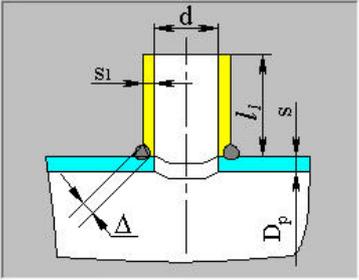
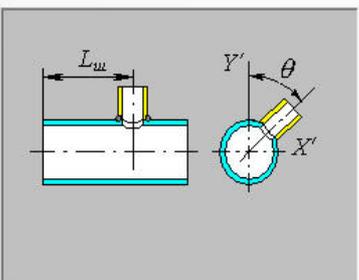
Расчётные схемы штуцеров

- 1 - Непроходящий без укрепления
- 2 - Проходящий без укрепления
- 3 - Непроходящий с накладным кольцом
- 4 - Проходящий с накладным кольцом
- 5 - С накладным кольцом и внутр. частью
- 6 - С отбортовкой
- 7 - С торовой вставкой
- 8 - С сварным кольцом

РАСПОЛОЖЕНИЕ:

- Радиальный
- В плоскости попер. сечения
- Смещённый
- Наклонный

Смещение, Lш: **5200** мм
Угол смещения оси, θ: **0** °

СВАРНЫЕ ШВЫ:
К-т прочн. продольного сварного шва, φ1: **1** >>>
К-т прочн. сварного шва обечайки в зоне врезки штуцера, φ: **1** >>>
Минимальные размеры швов:
Δ: **10** мм

Изоляция и футеровка >>>

Далее >>> Отмена **Определение расчётных величин**

Рис. 3. Расчеты укрепления отверстий в программе ПАССАТ

При проектировании опор теплообменника программа в автоматическом режиме посчитает вес аппарата, предложит выбрать необходимую конструкцию опор и оптимальное расположение их по высоте или по ширине аппарата. Выбор опор-лап осуществляется по ГОСТ 26296-84, выбор седловых опор – по ОСТ 26-2091-93. Расчет опор проводится по ГОСТ 34233.5-17 (рис. 4).

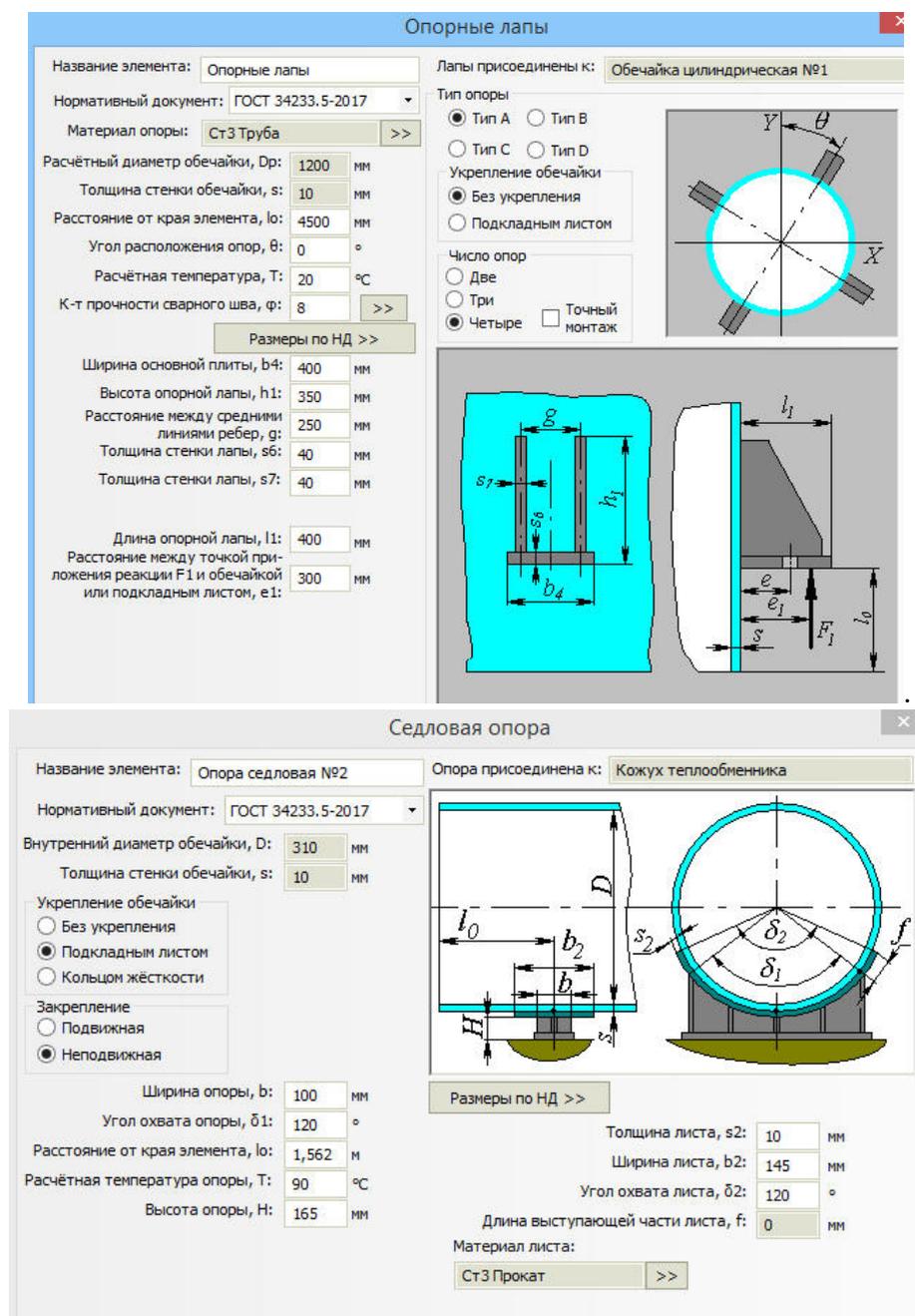


Рис. 4. Расчет седловых опор и опор-лап в программе ПАСКАТ

В результате работы формируется отчет, в котором подробно отражены итоговые результаты и выполнение условий прочности.

ВЫВОД

В ходе выполнения данной работы были рассчитаны на прочность вертикальный и горизонтальный теплообменники, были выбраны оптимальные конструкции опор и фланцевых соединений. Проектирование аппаратов в программе ПАСКАТ уменьшает время, затраченное на больше количество объемных расчетов, при этом позволяет избежать ошибок при выборе узлов и элементов конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО «НТП Трубопровод». URL: <http://www.truboprovod.ru/cad/download.php>.
2. Шаклеина С.Э. Конструирование и расчет машин и аппаратов отрасли. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. 160 с.
3. Шаклеина С.Э. Визуализация прочностных расчетов в программе ПАССАТ в рамках курсового проектирования // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы междунар. науч.-практич. конф. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2017. С. 398–400.

Поступила 03.03.2021

УДК 621.928.4

В.А. Давыдов, С.Э. Шаклеина

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА СГУСТИТЕЛЯ

В статье рассмотрен вопрос о производителях сгустителей в России и за рубежом, а также представлена модернизация загрузочного устройства сгустителя SUPAFLO.

На предприятиях химической промышленности нашей страны применяется большое количество сгустителей. Каждый год предприятия закупают и устанавливают новое оборудование, в том числе и сгустители. Физический износ оборудования, развитие экономики и повышение производительности на предприятиях приведет к необходимости установки нового и модернизированного оборудования. Стадия сгущения позволяет уменьшить потребление электроэнергии, снизить расходы на транспортирование и складирование отходов производства, снизить загрязнение окружающей среды.

Производство оборудования тяжелого машиностроения в России в последние годы принадлежит таким заводам, как ОАО «ПО Иркутский завод тяжелого машиностроения», АО «Машзавод Труд» в г. Новосибирск. Но поставка такого оборудования как сгустители не включала в себя контрольно-измерительные приборы. Кроме того, у поставщиков отсутствуют гарантии работы сгустителей в производственных условиях, а также отсутствует методика по прогнозированию эксплуатационных параметров его работы.

Зарубежные поставщики оборудования для процессов сгущения предварительно выполняют лабораторные испытания, затем – полупромышленные испытания с самостоятельным определением конструкции и параметров требуемого сгустителя, включая качество и расход флокулянта. Поставка сгустителя сопровождается установкой необходимыми контрольно-измерительными приборами, а также услугой по выполнению пусконаладочных работ вплоть до получения проектных показателей. Конечно, стоимость оборудования при этом возрастает, но гарантии и качество оборудования при этом выше.

В последние годы компания ООО «ГОРМАШЭКСПОРТ» (г. Новосибирск) успешно выполнила ряд проектов по проектированию, изготовлению, поставке и запуску в эксплуатацию радиальных и тонкослойных сгустителей для предприятий групп «ЕВРОХИМ», «СУЭК», «ENRC», «АЛРОСА» и др. Таким образом, есть надежда на применение на предприятиях отечественных сгустителей. [1]

Рассмотрим сущность модернизации аппарата сгустителя SUPAFLO в производстве флотационного хлорида калия на предприятии ПАО «Уралкалий», которая заключается в устранении недостатков, оказывающих отрицательное влияние на нормальное протекание технологического процесса. Одним из недостатков является неравномерное распределение глинистого шлама через загрузочное устройство, так как глинистый шлам распределяется не по всей площади сгустителя.

Модернизация заключается в увеличении диаметра и изменении угла наклона распределяющего конуса загрузочного устройства (рис. 1, 2). Это позволит обеспечить более равномерное распределение глинистых шламов по всей площади поперечного сечения сгустителя, увеличить скорость осаждения, улучшить разделение сгущенного осадка от осветленной жидкости и позволит поддерживать в сгустителе соотношение Ж : Т = 14,0.

Для увеличения скорости осаждения частиц в разгрузочном устройстве был модернизирован распределительный конус.

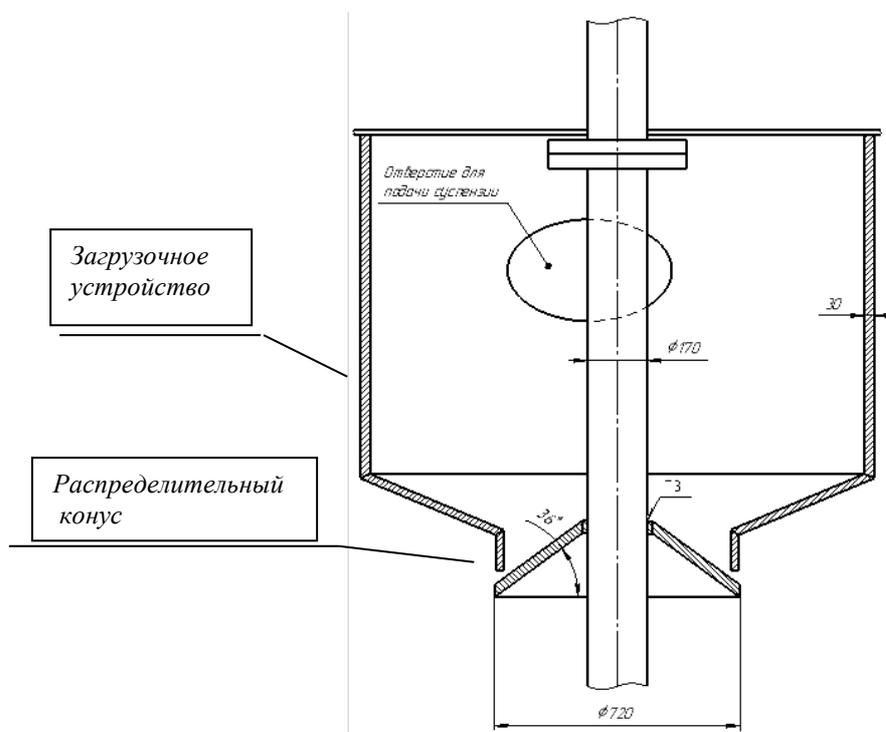


Рис. 1. Распределительный конус сгустителя до модернизации

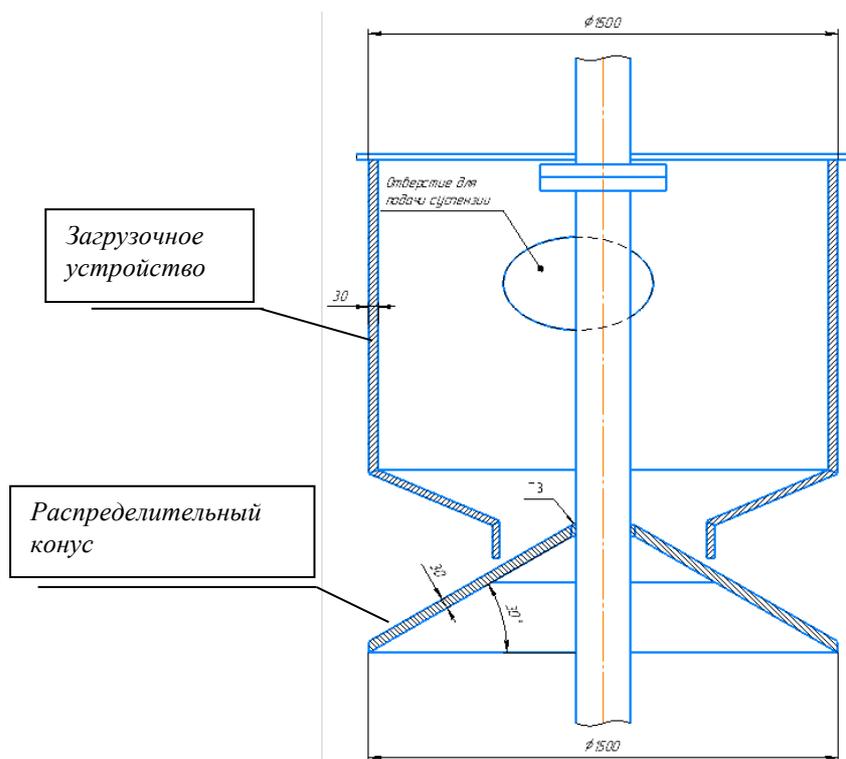


Рис. 2. Распределительный конус сгустителя после модернизации

При диаметре конуса 720 мм площадь осаждения боковой поверхности усеченного конуса составит:

$$S = \pi l \cdot (r_1 + r_2) = 3,14 \cdot 316 \cdot (85 + 360) = 0,44 \text{ м}^2.$$

Тогда количество суспензии на м²:

$$g = \frac{G}{S} = \frac{1}{0,44} = 2,27 \text{ кг/м}^2.$$

При диаметре конуса 1500 мм площадь осаждения боковой поверхности усеченного конуса составит:

$$S = \pi l \cdot (r_1 + r_2) = 3,14 \cdot 748 \cdot (85 + 750) = 1,96 \text{ м}^2.$$

Количество суспензии на м²:

$$g = \frac{G}{S} = \frac{1}{1,96} = 0,5 \text{ кг/м}^2.$$

По расчетам видно при увеличении площади боковой поверхности усеченного конуса уменьшится количество суспензии на м². Таким образом, повысится скорость разделения сгущенного осадка, так как не будет эффекта стесненного осаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кибирев В.И., Бауман А.В., Никитин А.Е. О создании современных российских сгустителей // Горная Промышленность. №5 (135). 2017. С. 32–35.

Поступила 03.03.2021

УДК 66.023: 539.4

И.А. Лоншакова **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ В ПРОГРАММЕ ПАССАТ**

В статье приводится расчет на прочность ректификационной колонны в программе ПАССАТ. Предложена модернизация колонны по замене ситчатых тарелок на струйно-направленные.

Ректификация является наиболее эффективным методом разделения и очистки веществ с заметно различающимся давлением паров при температуре процесса. Ректификацию проводят в ректификационных колоннах.

Колонна представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, разделенный на множество равных горизонтальных участков с перегородками или тарелками. Каждая тарелка имеет большое число отверстий для прохода пара и переливные трубки для слива сконденсированной жидкости. На нижнюю тарелку поступает пар из куба-испарителя.

Тарельчатые аппараты являются одним из подвидов колонных аппаратов и используются достаточно давно. Основным элементом этого аппарата является тарелка.

В результате модернизации предлагается замена ситчатых тарелок на струйно-направленные тарелки, которые могут работать при достаточных нагрузках пара и жидкости. В таблице рассмотрим сравнительную характеристику тарелок ситчатых и струйно-направленных.

Таблица

Сравнение тарелок ректификационной колонны

Тарелки ректификационной колонны	
Ситчатые с переливами	Струйно-направленные
Достоинства	
<ul style="list-style-type: none"> • Высокая производительность по пару; • Простота конструкции; • Малая металлоемкость 	<ul style="list-style-type: none"> • Низкое гидравлическое сопротивление; • Организация движения жидкости по тарелке; • Терпит большие нагрузки по газу и жидкости
Недостатки	
<ul style="list-style-type: none"> • Низкая эффективность; • Узкий диапазон изменения нагрузок по пару и жидкости; • Неравномерное распределение потоков по сечению колонны; • Высокая чувствительность к точности установки; • Чувствительны к загрязнению и осадкам, которые забивают отверстия 	<ul style="list-style-type: none"> • Небольшой диапазон эффективной работы; • Застревание части клапана в одном положении

Известно, что производительность тарелок повышается при контактировании фаз в прямотоке. Однако при прямоточном взаимодействии и большой скорости пара (газа) жидкость смещается в направлении к сливному карману, что затрудняет работу сливных устройств. Для компенсации прямоточного движения фаз и исключения его распространения на всю тарелку можно устанавливать на тарелке продольные и поперечные перегородки, обеспечивающие зигзагообразное движение жидкости на тарелке от перелива к сливу, а также создающие условия для движения потоков парожидкостной смеси по тарелке в противоположных или пересекающихся направлениях. Такими тарелками могут быть струйно-направленные тарелки.

В данной работе произведен расчет корпуса аппарата на прочность (рис. 1) в программе ПАССАТ. Материал корпуса – сталь 12Х18Н10Т, давление в аппарате – 0,046 МПа, температура среды –145°С. Аппарат имеет диаметр 500 мм, высоту 14150 мм.

Модель колонны составлялась в программе ПАССАТ путем создания цилиндрической обечайки, плоского днища, крышки. В диалоговом окне необходимо задавать материал аппарата, рабочее давление и температуру. При задании штуцеров необходимо указывать их положение, тип укрепления отверстия. В качестве опор были выбраны четыре опорные лапы, которые расположены на высоте 1,65 и 1,9 метра. Подбор опор лап подбирался в соответствии с ГОСТ 26296-84 с учетом веса конструкции аппарата. Опорные лапы конструкции необходимо проверять на прочность и устойчивость в рабочих условиях и условиях испытаний по ГОСТ 34233.5-2017.

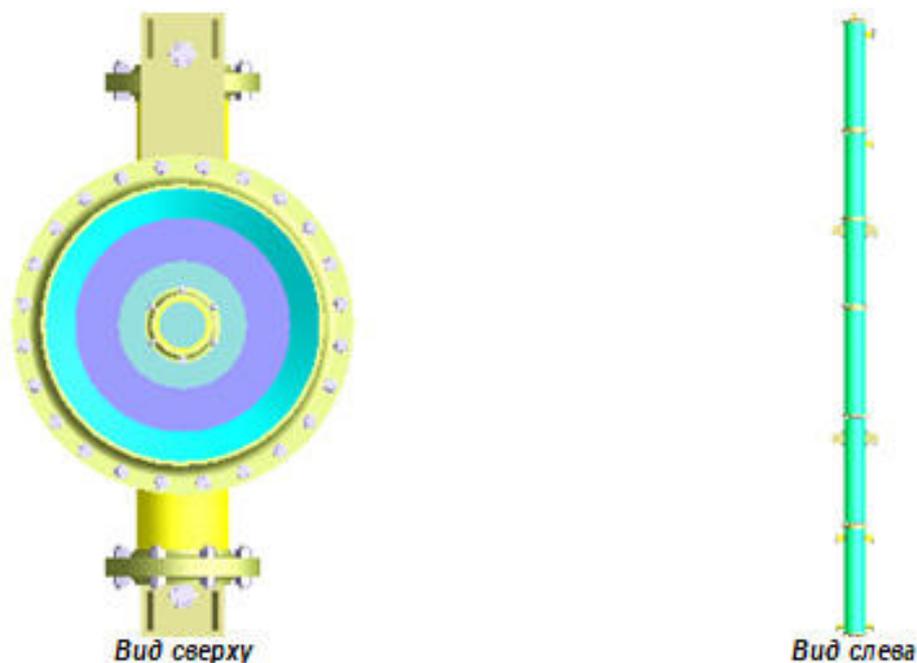


Рис. 1. Общий вид колонны

Программа выполняет расчеты всех элементов корпуса на прочность и устойчивость. Если условия не выполняются, программа выдает ошибку и рекомендации по изменению того или иного узла. Полный прочностной отчет по данному аппарату составляет 400 страниц. Чтобы сделать все расчеты вручную в таком объеме, потребуется большое количество времени.

Колонные аппараты необходимо проверять на устойчивость от действия изгибающего момента в рабочих условиях и условиях испытаний (рис. 2). На эпюре перемещений можно увидеть максимальное смещение колонны по высоте. На ветровую нагрузку колонные аппараты считают в том случае, если аппарат находится вне помещения.

С учетом модернизации колонны и замены тарелок в аппарате можно поменять весовые нагрузки и выполнить вновь расчет аппарата на прочность и устойчивость.

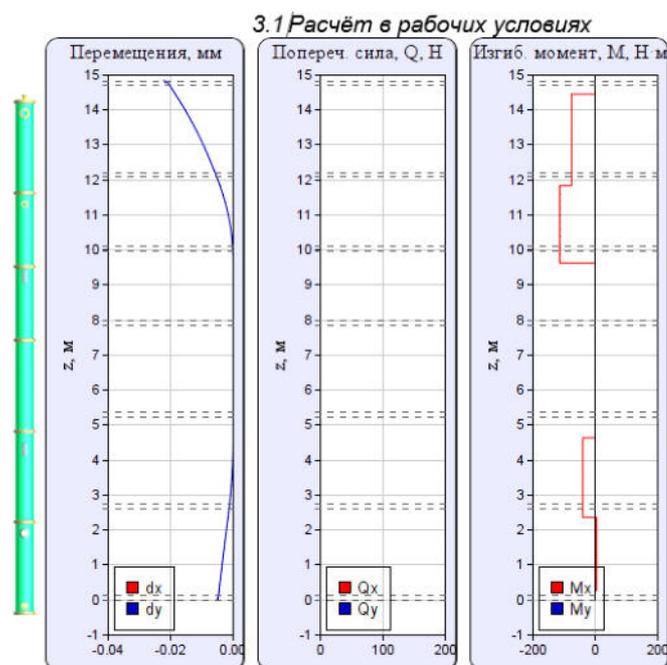


Рис. 2. Определение поперечной силы, изгибающего момента и перемещений в рабочих условиях

ВЫВОД

Таким образом, расчет и проектирование ректификационной колонны в программе ПАССАТ позволяет выполнить более точные расчеты по определению прочности и устойчивости конструкции.

Поступила 03.03.2021

УДК 66.023: 539.4

Е.Н. Протасова

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ АЭРООХЛАДИТЕЛЯ-ОБЕСПЫЛИВАТЕЛЯ В ПРОГРАММЕ ARM STRUCTURE 3D

В статье рассматривается конструкция аэроохладителя-обеспыливателя, а также приводится расчет на прочность корпуса аппарата в программе ARM Structure 3D.

Аэроохладитель-обеспыливатель предназначен для непрерывного охлаждения горячего сыпучего материала (калия хлористого), поступающего из печи КС, с параллельным его первичным обеспыливанием (рис. 1).

Аппарат представляет собой полностью сварную конструкцию, состоящую из корпуса коробчатого типа с крышкой и штуцерами для загрузки и выгрузки охлаждаемого материала. Днище представлено сварной конструкцией из двух усеченных пирамид, к которым приварены штуцеры для нагнетания воздуха в аппарат. Внутри аппарата устанавливается сепарационная решетка, через которую проходит нагнетаемый воздух. Материал попадает на решетку через специальный загрузочный штуцер, после чего в состоянии псевдооживленного слоя под действием силы тяжести и разности скоростей потоков воздуха продвигается в сторону выгрузного штуцера. За время нахождения в аппарате гранулят охлаждается и обеспыливается, а после выгружается из аппарата.

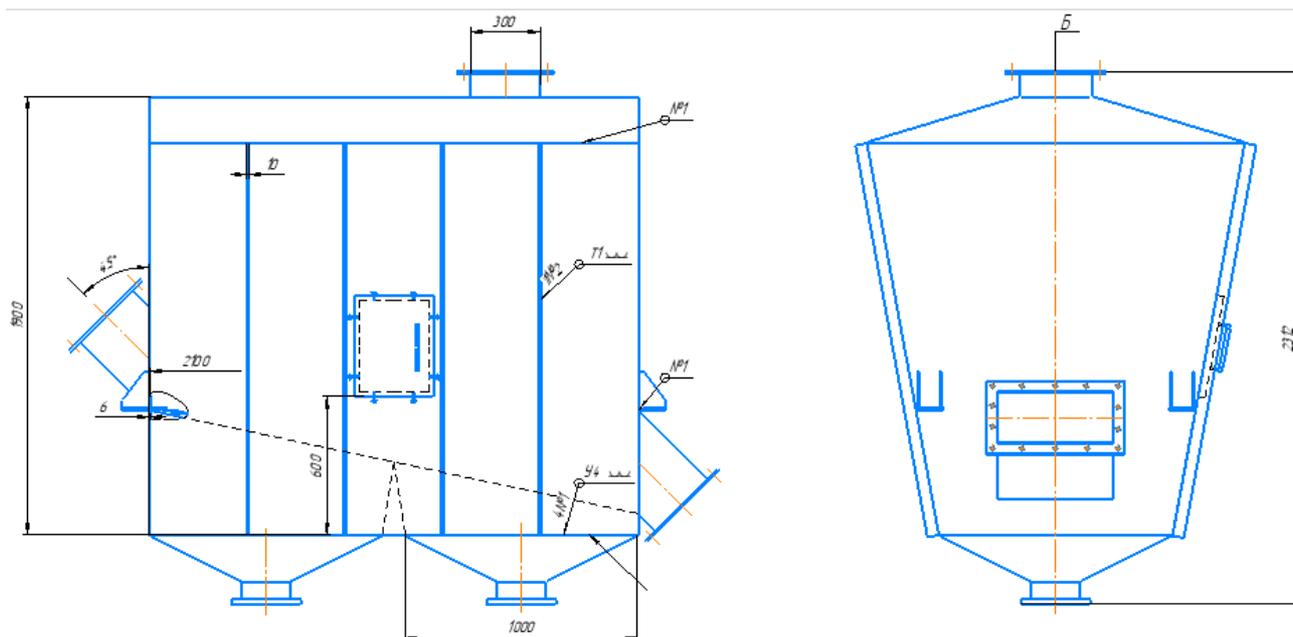


Рис. 1. Аэроохладитель-обеспыливатель

В подрешеточное пространство аппарата нагнетается воздух, который, проходя через отверстия в решетке, приводит слой материала в состояние псевдооживления. В результате материал охлаждается. Воздух поглощает тепловую энергию из слоя материала и уносит с собой мелкие частицы пыли. Таким образом, происходит не только охлаждение гранулята, но и его обеспыливание.

Для поддержания заданного значения высоты кипящего слоя материала используется система автоматического регулирования гидродинамического сопротивления слоя с помощью вариаторов электродвигателя питателя сухого материала.

В данной работе произведен расчет корпуса аппарата на прочность. Материал корпуса – сталь 15ХМ, давление в аппарате – 0,01 МПа, температура среды – 100 °С. Толщина пластин выбрана согласно чертежу 6 мм. Нагрузка на опоры задавалась согласно весу конструкции. Таким образом была спроектирована конструкция в программе APM Structure 3D.

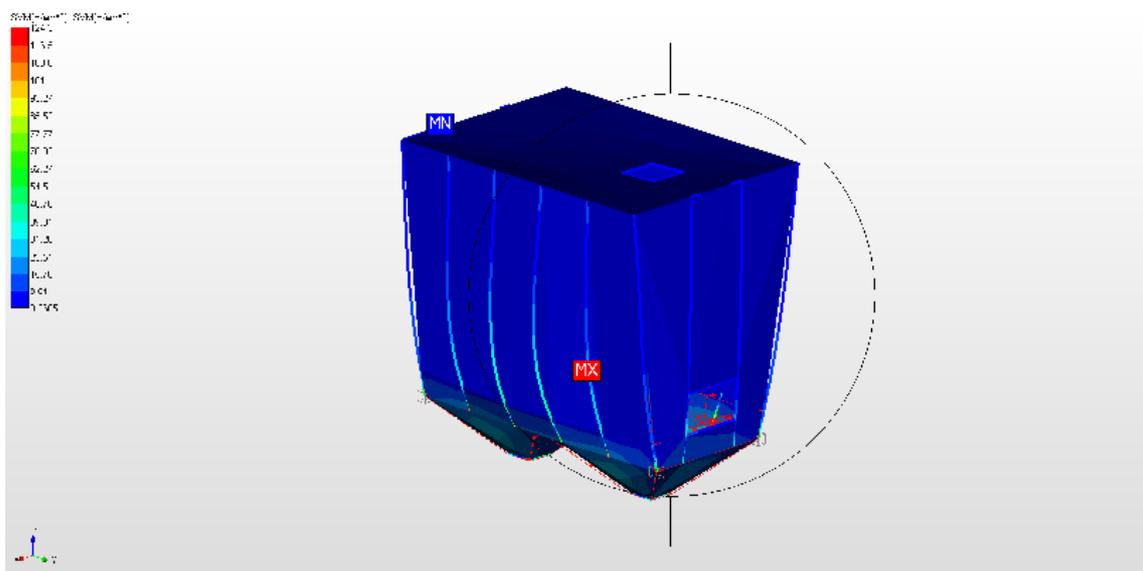


Рис. 2. Карта напряжений

Согласно карте напряжений (рис. 2) максимальное напряжение действует на стенки корпуса в области подрешеточного пространства и не превышает допустимые значения для материала конструкции.

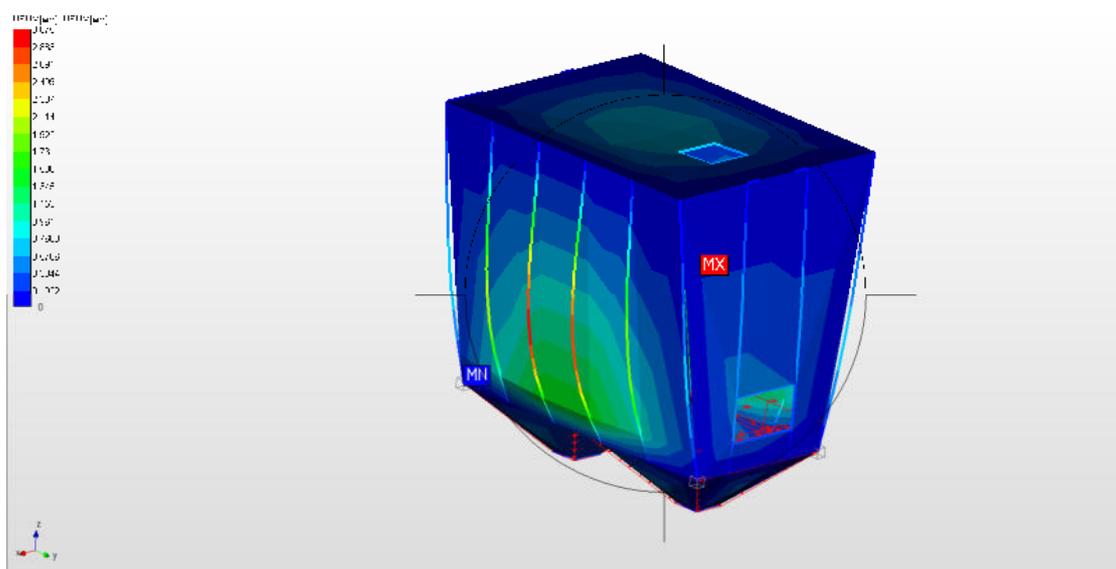


Рис. 3. Карта перемещений

По карте перемещений (рис. 3) видно, что максимальные перемещения появляются в нижней части конструкции и составляют около 3 мм.

Преимуществом использования для прочностного расчета трехмерной модели аппарата является возможность визуально наблюдать распределение нагрузок по конструкции, а также наглядно выделять наиболее нагруженные участки.

По результатам расчета можно заключить, что выбранная толщина стенки является оптимальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде APM Structure3D. М.: Издательство АПМ. 2010. 375 с.

Поступила 03.03.2021

УДК 621.644.073

В.С. Ботев, М.Ю. Копылова **СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ** **ТРУБОПРОВОДОВ**

В статье описаны материалы, применяемые для производства труб. Проведено сравнение условий, при которых возможно применение труб, изготовленных из различных материалов.

В химической, нефтеперерабатывающей или любой другой отрасли промышленности широко используется соединение оборудования системой трубопроводов. Трубопроводы работают 24 часа в сутки, 7 дней в неделю и все 365 дней в году, обеспечивая бесперебойную работу промышленности. Системы трубопроводов жизненно важны для функционирования всех отраслей промышленности. [1]

Неисправность трубопровода приводит к аварийной остановке производства, цеха и даже предприятия, может отрицательно сказаться на окружающей среде, поэтому материалы для изготовления трубопроводов должны быть подобраны с учетом условий эксплуатации.

Выбор материала трубопровода зависит от множества факторов: сложность проекта, вид транспортируемого вещества, место нахождения трубопровода (внутри или снаружи цеха), климатические особенности, свойства окружающей среды, ландшафтное расположение. [2]

Материалы, применяемые для изготовления трубопроводов, должны удовлетворять строительным, технологическим и экономическим требованиям.

Строительные требования заключаются в обеспечении прочности и долговечности конструкций и возможности индустриализации строительства.

Технологические – в обеспечении водонепроницаемости и максимальной пропускной способности труб, а также снижении их коррозии и эрозионного износа.

Экономические – в обеспечении минимальной стоимости при монтаже трубопровода и дальнейшей эксплуатации. [3]

Производство труб в настоящее время является отдельной отраслью производства. Материалы для производства труб постоянно совершенствуются, происходит поиск новых и альтернативных методов их создания.

Современные материалы, используемые для изготовления трубопроводов, подразделяются на следующие категории:

- металлические,

- неметаллические;
- многослойные металлопластиковые. [4]

Металлические трубы – самые распространенные. Основные виды металлов для изготовления труб: сталь и чугун. Более дорогие алюминиевые трубы и трубы из алюминиевых сплавов тоже распространены. Реже применяют другие металлы. Медные трубы имеют высокую цену и применяются только для нужд специализированных производств.

Трубы из пластмассы уменьшают общую стоимость трубопровода и позволяют продлить срок его службы.

Основные плюсы труб из пластмассы:

- устойчивость к коррозии, что обеспечивает долгую и бесперебойную работу трубопровода;
- низкий вес обеспечивает легкую транспортировку и хранение;
- простота монтажа по сравнению со стальными трубами благодаря легкому весу и отсутствию сварки;
- меньшее гидравлическое сопротивление на 25–30%, что увеличивает пропускную способность трубопровода.

Минусами таких трубопроводов является небольшая теплостойкость труб, а также ползучесть из-за перепадов температур и длительных нагрузок.

Материалы, из которых делают пластмассовые трубы:

- *термопластичные (термопласты)*: полиэтилен, поливинилхлорид, полипропилен. Эти материалы могут размягчаться при нагревании. На холод они могут реагировать затвердением. Данные трубы воспринимают сварку, прессование, экструзию, формование;

- *терморезистивные (реактопласты)*: данные трубы при нагревании могут перейти в вязкотекучее состояние. Если подвергнуть их нагреванию на протяжении долгого времени, материал трубы перейдет в твердое нерастворимое состояние. Далее труба не способна размягчаться или быть переработанной.

Полиэтилен низкого давления (ПНД) по сравнению с ПЭ-трубами имеет лучшую экологическую безопасность, обладает значительной химической нейтральностью, может выдерживать отрицательные зимние температуры (разные марки ПНД могут эксплуатироваться с температурой минус 50°C и ниже) без потери своих механических свойств. [5]

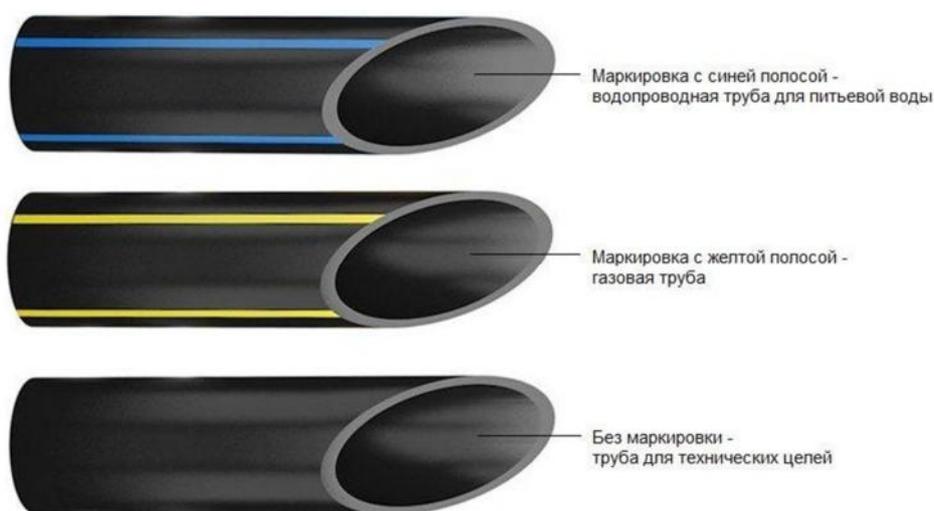


Рис. 1. Виды труб из ПНД

ПНД производится по газофазной, суспензионной и растворной технологиям, полимеризация происходит под давлением от 1 до 5 кг/см². Плотность материала выше

0,941 г/см³, слабо прозрачный или непрозрачный и довольно жесткий. Высокая прочность на разрыв обеспечивается слабо разветвленной структурой молекулярных связей. Температура плавления – порядка 130 °С, что позволяет его эксплуатировать до температуры 121 °С.

Достоинства труб ПНД высокой плотности:

- срок службы до 40 лет;
- не требуют защиты при укладке в грунт, т.к. обладают антикоррозионными свойствами и инертны к химическому воздействию;
- имеют более низкую стоимость, чем стальные, при одинаковых эксплуатационных характеристиках;
- более легкая транспортировка и монтаж: за счет разницы в весе со стальными трубами в 6 раз;
- гладкая внутренняя поверхность не подвержена отложениям и загрязнениям, что позволяет сохранять постоянное сечение труб;
- низкие теплопотери за счет невысокой теплопроводности, а также уменьшенное конденсатообразование на поверхности;
- при отрицательных температурах диаметр трубы увеличивается под размер замерзшего вещества (около 5–7%), а после повышения температуры и оттаивания жидкости восстанавливает прежний размер, поэтому не происходит разрушение трубы;
- высокая стойкость к гидравлическим ударам благодаря низкому модулю упругости;
- сборка трубопроводов из полиэтилена дешевле, проще и быстрее, чем у стальных.

Сварные соединения труб ПНД сохраняют свою надежность все время эксплуатации;

- полная экологическая безопасность, благодаря чему полиэтиленовые трубы разрешены к использованию в трубопроводах, снабжающих население питьевой водой.

Недостатки труб ПНД:

- предельные значения температуры вещества затрудняют использование труб для отопления и горячего водоснабжения;
- монтажные работы ПНД труб имеют особенности;
- стальные и чугунные трубы имеют лучшие механические характеристики. На срок эксплуатации полимерных труб, уложенных в грунт, влияет подвижность грунта;
- ультрафиолет уменьшает срок эксплуатации труб, т.к. приводит к их разрушению.

Трубы из поливинилхлорида (ПВХ) имеют наиболее доступную цену и хорошие эксплуатационные характеристики. Материал индифферентен к большому числу растворителей и устойчив в среде органических соединений, кислот и щелочей. При нагревании ПВХ становится пластичным. ПВХ-трубы имеют одно из самых низких значений удельного веса. Эксплуатироваться трубы могут от минус 15 до плюс 65 градусов.

РЕХ: трубы из сшитого полиэтилена предназначены для работы при повышенных механических нагрузках, обладают износостойкостью и устойчивостью в агрессивных химических средах. Сохраняют свои свойства при низких температурах. Формирование изделий с любыми геометрическими параметрами возможно при нагревании материала.

НПВХ: трубы из непластифицированного поливинилхлорида, благодаря высоким прочностным характеристикам могут использоваться для перекачки сред с высоким давлением.

ПВДФ: трубы из поливинилдифторида имеют большую термостойкость, чем ПВХ-трубы, и способны выдерживать нагрев до 150 градусов с сохранением своих технических характеристик.

ПП: полипропиленовые трубы отличаются повышенной твердостью, устойчивы к механическим воздействиям. Трубы из полипропилена можно нагревать до 140 градусов, при этом пластическая деформация начинается после 175 градусов.

ПБ: полибутеновые трубы – сравнительно новый материал, имеющий большую стойкость к износу, механическую прочность, устойчивость к химически агрессивным средам по сравнению с аналогами, могут эксплуатироваться в широком поле температур.

Фаолит – пластичный материал, который сохраняет свои свойства даже в концентрированных кислотных средах, устойчивый к вибрации. Трубы из фаолита нашли применение в химической промышленности.

Стеклопластиковые трубы стали применяться недавно, но уже получили широкое распространение. Стеклопластик – полимерный материал, нейтральный по отношению к большому числу химических соединений, стойкий к износу и к коррозии. [6]



Рис. 2. Виды стеклопластиковых труб

Стеклопластиковые трубы изготавливаются из композитного материала, который наносится в один или несколько слоев и армируется. Материал имеет в составе различные виды смол. Стеклопластиковые трубы могут изготавливаться с различной формой сечения: круг, полукруг, трапеция, сегмент, прямоугольник. Могут иметь диаметр от 100 до 3800 миллиметров.

Производство однослойных конструкций выполняют мокрой намоткой, и состоят трубы только из композитного материала. В составе композита – эпоксидная смола и связующий материал – стеклонить.

Дополнительные оболочки в многослойных конструкциях выполняется из полиэтилена. Для соединения отдельных слоев между собой выполняется полимеризация. Полимеризация выполняется при высоких температурах и позволяет получить стеклопластиковые трубы, имеющие повышенную устойчивость к различным неблагоприятным воздействиям.

Стеклопластиковые трубы экологичны, их применяют для прокладки нефтяных или газовых трубопроводов, для прокладки систем питьевой или технической воды, систем водоотведения, канализации, при пожаротушении.

Преимущества стеклопластиковых труб:

- стеклопластик значительно легче металла и даже при монтаже труб большой длины конструкция не будет много весить;
- материал долговечнее труб из металла в 8 раз, устойчив к воздействию различных кислот. Трубы можно укладывать в любые виды грунта, монтировать на любые материалы;
- соединение элементов трубопровода выполняется специальными деталями, имеющими простые способы монтажа;
- монтаж труб можно осуществлять в любых погодных условиях, что актуально для быстрой установки при повреждении или для замены аварийной металлической трубы;
- трубы можно эксплуатировать при температуре от минус 65 до плюс 150 градусов по Цельсию, они выдерживают значительные температурные колебания.

Недостатком стеклопластиковых труб является низкая устойчивость к растрескиванию при распределении нагрузки поперек волокон. Этот недостаток исключается

усилением конструкции изнутри путем использования дополнительного слоя с рифленой поверхностью, который герметизирует трубу.

К неметаллическим трубам относятся трубы таких материалов как асбоцемент, керамика, композитные материалы. Каждый вид труб имеет свою область использования, и выбор материала объясняется требованиями процесса в каждом конкретном случае.

В ряде случаев полимерные трубы не обладают характеристиками, которые нужны в конкретной ситуации, а металлические в силу своих недостатков не пригодны для применения, тогда применяют металлопластик. [7]

Металлопластиковая труба представляет собой пятислойный композитный материал. Основой конструкции является тонкая трубка из алюминия. Наружную и внутреннюю оболочки изготавливают из термостойкого PERT или сшитого PEX полиэтилена. Последние два слоя – особый адгезивный состав, соединяющий пластиковые слои и металл. При использовании неоднородных слоев, например, PEX-AL-PE или PEX-AL-PEHD, труба приобретает особые свойства.

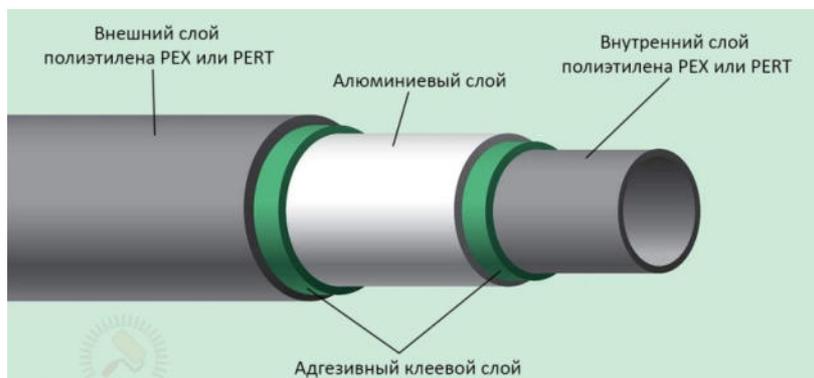


Рис. 3. Структура металлопластиковой трубы

Достоинствами металлопластиковых труб является: малый вес, высокие прочностные характеристики (больше чем у пластиковых труб), отсутствие коррозионного разрушения, незначительные линейные расширения, хорошая гибкость, срок службы до 50 лет, возможность применения в различных отраслях. Главным недостатком металлопластиковых труб является неодинаковое линейное расширение слоев, что может приводить к расслоению изделия.

Таким образом, можно сделать вывод, что технологии вышли на новый уровень, и благодаря применению различных материалов для производства труб они могут применяться в разных сферах производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магистральные трубопроводы для нефти, газа и нефтепродуктов. URL: <https://rgk-palur.ru/MAGISTRALNYE-TRUBOPROVODY-ISTORIYA-RAZVITIYA-I-VOZNIKNOVENIYA/> (дата обращения: 03.03.2021).
2. Трубопровод: классификация, виды и назначение. URL: <https://re-st.ru/articles/truboprovod-klassifikatsiia-vidy-i-naznachenie/> (дата обращения: 28.02.2021).
3. Материалы, применяемые для изготовления трубопроводов. URL: https://astraes.ru/materiali_dlia_truboprovodov/ (дата обращения: 23.02.2021).
4. Материалы для изготовления труб: какие бывают. URL: <https://o-trubah.com/materialy/materialy-dlya-izgotovleniya-trub-kakie-byvayut> (дата обращения: 02.03.2021).
5. Трубы ПНД – описание и характеристики. URL: <https://www.rmnt.ru/story/water/truby-pnd-opisanie-i-xarakteristiki.427744/> (дата обращения: 01.03.2021).
6. Все о стеклопластиковых трубах: виды, размеры и диаметры, кому нужны и как выбрать + особенности монтажа. URL: <https://vseotrube.ru/materialy/polimernye/stekloplastikove> (дата обращения: 20.02.2021).

7. Обзор современных материалов для прокладки водопровода. URL: Режим доступа: <https://www.rmnt.ru/story/water/obzor-sovremennykh-materialov-dlja-prokladki-vodoprovoda.592296/> (дата обращения: 04.03.2021).

Поступила 13.03.2021

УДК 621

П.И. Надолинская, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев
**ОБЗОР МЕХАНИКИ В СФЕРЕ РОБОТОТЕХНИКИ И ИЗУЧЕНИЕ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ LIDAR**

В статье представлены некоторые аспекты механики, а также механики самих роботов. Рассматриваются структура и классификация робототехнических систем. Представлен робот «Лидар», указаны его достоинства и недостатки, а также различные сферы применения данной системы.

Прикладная механика – это техническая наука, посвященная исследованию устройств и принципов механизмов [1].

Прикладная механика занимается изучением и классификацией машин, а также их разработкой. Она состоит из четырех разделов:

1. Общие черты теорий механизмов.
2. Основы сопротивления материалов – динамика и прочность инженерных конструкций.
3. Проектирование наиболее распространенных механизмов (кулачковых, фрикционных и зубчатых).
4. Детали машин.

В курсе прикладной механики рассматриваются теории манипуляционных роботов и методы управления этими роботами. Приводятся основные кинематические соотношения, позволяющие определять положения манипуляционного механизма роботов в рабочем пространстве, а также решать задачи о скоростях и ускорениях движения его звеньев. Описаны способы и алгоритмы его кинематического управления манипуляторами. Приводятся основные сведения о динамике и манипуляторах механизмов, математических моделях движения и методика, анализ работ. Рассматриваются методы динамического управления, позволяющие организовать движение манипулятора с него в процессе работы, и практические методы расчета исполнительной системы робота. Представлены методы уравнивания и определение точности срабатывания манипулятора. Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Робототехника и манипуляторы» и курс «Теория механизмов, механика систем машин» [2].

Промышленная робототехника является одним из основных направлений автоматизации производственных процессов, начало развития которого в нашей стране относится к последнему десятилетию. Подходы к решению технико-экономических и социальных задач, связанные с внедрением промышленных роботов (ПР) в производство, позволят улучшить культуру технологического процесса. В ходе создания, производства и внедрения ПР приходилось сталкиваться с решением ряда сложных научно-технических проблем. Получен большой опыт по разработке робототехнических комплексов (РТК) и организаций автоматизированного производства на базе ПР [3].

Современный этап научно-технической революции характеризуется комплексной автоматизацией производства на базе систем машин-автоматов. До недавних пор в основном применяли специализированные автоматы и автоматические линии, незаменимые в массовом

производстве, но нерентабельные при производстве в условиях серийного и мелкосерийного производства из-за высокой стоимости, а также длительности разработки, внедрения и переналадки их для выпуска новой продукции. Традиционно управляемое вручную оборудование обеспечивает достаточную гибкость производства, но требует применения квалификационного труда рабочих и имеет низкую производительность.

Основные сведения о промышленных роботах

Промышленный робот – автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления его движением, предназначенная для замены человека при выполнении основных и вспомогательных операций в производственных процессах.

Манипулятор – совокупность пространственного рычажного механизма и системы проводов, осуществляющая под управлением программируемого автоматического устройства или человека-оператора действий (манипуляций) аналогичные рукам человека действия [4].

В настоящее время под роботом понимают автоматические манипуляторы с программным управлением. В зависимости от участия человека в процессах управления роботами их подразделяют на биотехнические и автономные или автоматические.

К биохимическим относятся дистанционно управляемые копирующие роботы; экзоскелетоны; роботы, управляемые человеком с пульта управления; полуавтоматические роботы.

Роботы классифицируются по следующим признакам:

- по областям применения – промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, строительные, бытовые и т. п.;
- по характеру выполняемых технологических операций – основные, вспомогательные, универсальные;
- по виду производства – литейные, сварочные, кузнечно-прессовые, для механической обработки, сварочные, окрасочные, транспортно-складские;
- по виду системы координат руки манипулятора – роботы с прямоугольной, цилиндрической, сферической, сферической угловой, системами координат и др.;
- по числу подвижности манипулятора:
- по грузоподъемности – сверхлегкие (до 10 Н), легкие (до 100 Н), средние (до 2000 Н), тяжелые (до 10000 Н), сверхтяжелые (свыше 10000 Н);
- по типу силового привода – с электромеханическим, пневматическим, гидравлическим, комбинированным приводами;
- по подвижности основания – мобильные, стационарные;
- по виду программы – с жесткой программой, перепрограммируемые, адаптивные, с элементами искусственного интеллекта;
- по характеру программирования – с позиционным, контурным, комбинируемым программированием.

За короткий период развития роботов произошли большие изменения в элементной базе, структуре, функциях и характере их использования. Это привело к делению роботов на поколения.

Роботы первого поколения (программные роботы) имеют жесткую программу действий и характеризуются наличием элементарной обратной связи с окружающей средой, что вызывает определенные ограничения в их применении.

Роботы второго поколения (очувствленные роботы) – координация движения с восприятием.

Роботы третьего поколения относятся к роботам с искусственным интеллектом. Схема промышленного робота представлена на рис. 1.

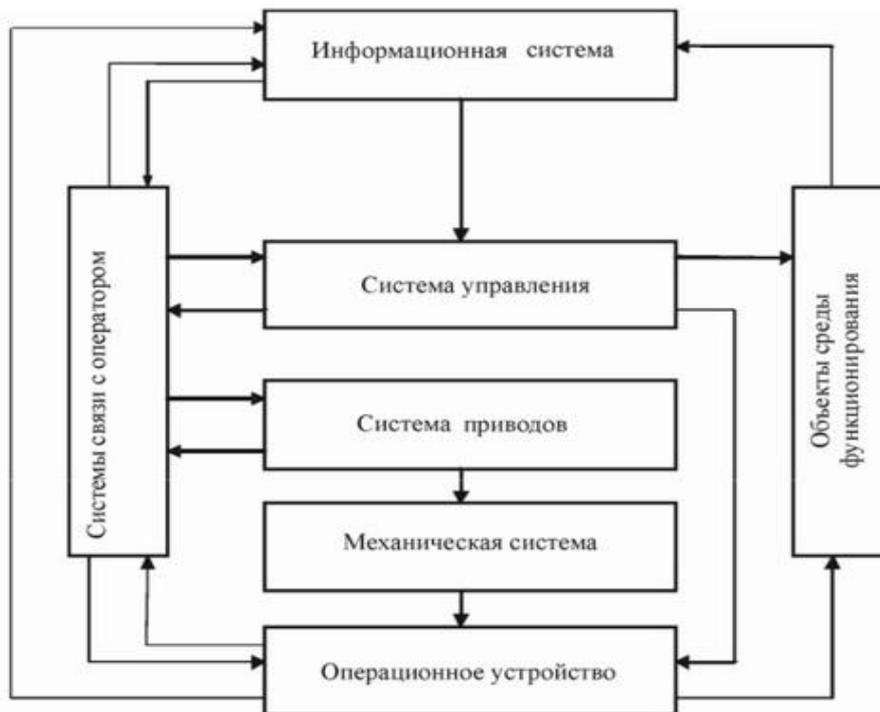


Рис. 1. Блок-схема промышленного робота

Рассмотрим робототехническую систему «Лидар» (Lidar) – это технология дистанционного зондирования, которая использует лазерный импульс для сбора измерений, которые затем можно использовать для создания 3D-моделей, карт объектов и окружающей среды (рис. 2).



Рис. 2. Дрон Lidar

Технология существует с 1960-х годов, когда лазерные сканеры были установлены на самолетах. Лишь в конце 1980-х годов, с появлением коммерческих жизнеспособных систем GPS, данные с самолетов стали полезными инструментами для обеспечения точных геопространственных измерений.

Принцип работы Lidar. Лидар работает аналогично радару и сонару, но использует световые волны от лазера вместо радио- и звуковых волн.

Система «Лидар» рассчитывает, сколько времени требуется свету для попадания в объект и отражения обратно в сканер.

Расстояние рассчитывается с использованием скорости света. Системы могут генерировать около 1 000 000 импульсов в секунду. Каждое из этих измерений или результатов может затем быть преобразовано в трехмерную визуализацию, которая представляет собой облако точек.

Использование технологий Lidar. Система чаще всего используется для геодезистских задач. Благодаря своей способности собирать трехмерные измерения, системы лазерного сканирования стали использоваться для съемки искусственной среды. К примеру: дорожных сетей и железных дорог, зданий. Так же для создания цифровых моделей рельефа DTM и рельефа конкретных ландшафтов (DEM).

Лазерное сканирование является популярным методом обнаружения риска наводнений, накопления углерода в лесном хозяйстве и мониторинга береговых эрозий.

С использованием данных технологий так же наблюдается повышенный уровень внедрения приложений автоматизации. Многие автопроизводители используют сканеры меньшего диапазона и с более низкой дальностью, чтоб помочь в навигации автономных транспортных средств. Именно с использованием этой технологии работают системы автоуправления в автомобилях Tesla и им подобных.

Применение лидаров:

- климатологи используют их, чтобы исследовать состав атмосферы и изучить облака, испарение и глобальное потепление;
- океанографы используют для отслеживания береговой эрозии;
- ботаники используют лидары, чтобы измерить постоянно меняющиеся структуры лесов Земли.

Так же можно использовать Lidar для изучения газового состава атмосферы.

Преимущества лидара:

- высокое проникновение;
- отсутствие геометрических искажений;
- высокая скорость и точность сбора;
- не зависит от интенсивности света в окружающей среде и может использоваться ночью или на солнце;
- высокое разрешение изображения по сравнению с другими методами сбора;
- лидар имеет минимальную зависимость от человека, что хорошо в определенных сферах, где человеческая ошибка стоит дорого;
- легко интегрируется с другими методами сбора.

Недостатки лидара:

- стоимость лидара достаточно высока;
- системы LIDAR плохо работают в условиях сильного дождя, тумана или снега;
- система LIDAR генерируют большие наборы материалов, которые требуют больших вычислительных ресурсов для обработки;
- ненадежные результаты в турбулентных водных условиях;
- в зависимости от принятой длины волны рабочие характеристики системы ограничены по высоте, поскольку импульсы, генерируемые в определенных точках, становятся неэффективными на определенных высотах.

Также лидар используют для изучения состава атмосферы. У лидаров – большое будущее, так как данная технология не стоит на месте, постоянно развивая приложения и утилиты: от базовых приложений для датчиков и систем 3D-печати, 3D-сканирования, моделирования до умных городов. Lidar трансформирует мир разными способами.

Геодезия и лидар. Геодезия является одной из самых известных областей применения технологии. Съемка используется в областях строительства, городского планирования и изучения топографии региона. При съемке материалы собираются очень быстро, превосходя обычные методы. Пространственные модели, созданные с использованием LIDAR, имеют незначительную погрешность, экономят деньги и позволяют принимать решения быстрее.

При съемке точки преобразуются в цифровую модель рельефа (ЦМР). ЦМР может иметь любую текстуру в зависимости от области применения и плотности.

Археология и лидар. При исследовании старых археологических раскопок, лидар полезен из-за исключительной детализации, которую он может сделать. При этом экономится время, а также усилия археологов, позволяя им воскрешать объекты, которые раньше было практически невозможно создать. Потрясающие трехмерные изображения древнего города майя были созданы двумя археологами с помощью лидара. Эта модель позволила совершенно по-другому взглянуть на структуру города и назначение отдельных зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муземнек А.Ю., Литвинов А.Н., Митрохина Н.Ю., Шорин В.А. Прикладная механика. Пенза: Издательство ПГУ. 2019 г.
2. Поезжаева Е.В. Искусственный интеллект в теории механизмов и машин и робототехнике: учеб. пособие: в 3 ч. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020.
3. Поезжаева Е.В. Концепция развития робототехники: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.
4. Поезжаева Е.В. Промышленные роботы: учебное пособие для вузов: в 3 ч. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.

Поступила 14.03.2021

УДК 621

Е.Д. Мурдугалимова, С.С. Кротов, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СФЕРЕ ТОРГОВЛИ**

На сегодняшний день актуализируется разработка и интеграция интеллектуальных средств в различные профессиональные сферы жизнедеятельности современного человека. Основной целью представленной статьи является изучение возможностей и актуальности интеграции искусственного интеллекта в сфере торговли. Авторами используются эмпирические и теоретические методы исследования. Для более полного и достоверного раскрытия темы в работе используются научные материалы отечественных источников.

Одной из основных технологий, относящихся к сфере информационных технологий (ИТ), а также имеющих колоссальное влияние во многих процессах, происходящих в современном мире, является искусственный интеллект. Актуальность использования искусственного интеллекта (ИИ) как никогда высока в современном мире. Именно посредством данных технологий на сегодняшний день решаются одни из самых крупных и сложновычислимых задач. Искусственный интеллект находит применение не только при решении математических и иных инженерных задач для принятия оптимальных решений, данная технология успешно применяется в сфере торговли [1].

Актуальность проблемы использования данной технологии в сфере торговли обуславливается тем, что российский рынок искусственного интеллекта находится на начальной стадии развития, именно поэтому возникает задача, направленная на недопущение технологического отставания России относительно ведущих в экономическом аспекте стран мира.

Искусственный интеллект – это прорывная технология, которая включает в себе колоссальный потенциал. Повсеместное внедрение ИИ значительно повышает

эффективность компаний, а также их конкурентоспособность с параллельным развитием отраслевых рынков посредством стимулирования создания новых технологий.

Обобщая совокупность данных факторов, необходимо отметить, что искусственный интеллект сформировывает дополнительные импульсы, направленные на развитие России и ее дальнейшее вхождение в топ-5 крупнейших ведущих экономик современного мира [2].

Ключевой технологией, на базе которой основывается искусственный интеллект, является возможность к «самообучению», а также использованию накопленных данных с целью прогнозирования будущего. Основной отличительной особенностью ИИ относительно обычных цифровых решений является то, что при выполнении задач искусственный интеллект не основывается на логических схемах, заданных ранее программистами, а самостоятельно производит настройку комплексных механизмов для принятия решений, основываясь на тех данных и задачах, которые были изначально поставлены программистами.

Искусственный интеллект является наукой и технологией создания интеллектуальных машин, подавляющее большинство которых является интеллектуальными компьютерными программами. Технологии ИИ в широком смысле подразумевают программное обеспечение, имеющее возможность к выполнению задач посредством использования когнитивных способностей человека, к примеру, распознавание речи, интерпретация визуальных образов, анализ логических операций, создание моделей будущего на основе накопленных данных и другое [3].

На рисунке представлены основные модели технологии искусственного интеллекта, отлично зарекомендовавшие себя в сфере торговли:



Рис. Модели технологии искусственного интеллекта в сфере торговли

Производя анализ ситуации, можно сделать вывод о том, что каждая из указанных на рисунке технологий ИИ имеет возможность на коренное изменение различных бизнес-процессов в обозримом будущем. Исходя из этого директора организаций не только в области торговли, но и остальных должны уделять больше внимания на данные технологии ввиду их высокого потенциала, направленного на повышение рациональности и эффективности работы предприятий в целом [4].

Следует изучить более подробно каждую из указанных технологий на частном сегменте использования, а именно сфере торговли:

– Дополнительный интеллект – технологиям дополнительного интеллекта относят различного рода автоматизированные средства, имеющие возможность увеличить продуктивность и эффективность умственного труда рабочих. Данные технологии организуют своего рода «партнерство», связывая людей и искусственный интеллект, в котором именно люди занимают главенствующую роль. Внедрение и использование ИИ в данном аспекте позволяет снизить объем рутинной работы, следовательно, уменьшив количество ошибок, которые возникают в ходе ее выполнения. При этом участие человека, который контролирует данные процессы, поможет снизить риски, связанные с неверным

принятием решений автоматизированной системы, ведь технология искусственного интеллекта не совершенна и на некоторые вопросы еще не знает ответа [5].

Примером интеграции является внедрение электронного документооборота, производящего аналитику посредством искусственного интеллекта. Благодаря этому предприятия, ведущие свою деятельность в сфере торговли, смогут повысить свою производительность и эффективность работы в целом, оставляя рутинную работу с базами данных на «плечах» ИИ;

– Чат-боты являются своего рода «лицом» искусственного интеллекта, с которым люди сталкиваются практически ежедневно. Технология чат-бота применяется в сфере торговли с целью произведения различного рода практических задач, в которые входят обслуживание и поддержка во время пользовательской работы;

– Машинное обучение (МО): посредством МО в современных организациях торговли решается множество задач, связанных с обслуживанием клиентов, ценообразованием и другим. Ключевой технологией, заложенной в МО, является обнаружение закономерностей, которые присутствуют в данных посредством математических методов. МО повсеместно внедряется практически во всех организациях, занимающимися в сфере торговли;

– Система управления искусственным интеллектом: анализируя ситуацию, необходимо отметить, что игнорировать создание подобных систем на современных предприятиях торговли нельзя. Интеграция данной технологии необходима с целью контроля потенциальных рисков, касающихся регулирования и возможного ущерба в плане репутации.

Данные системы полностью базируются на основе специализированных программ, основной функцией которых является предотвращение ошибок системы искусственного интеллекта с градацией пользователей относительно различных признаков и иных потенциальных отрицательных результатов использования ИИ.

Таким образом, технологии искусственного интеллекта являются одними из самых инновационных и прорывных достижений науки на сегодняшний день. ИИ повсеместно внедряется практически во всех сферах жизнедеятельности современного человека, начиная от бытовых, и заканчивая профессиональными. В данной работе были представлены наиболее подробные результаты исследования интеграции и использования технологии искусственного интеллекта в сфере торговли. В результате работы были определены: технология искусственного интеллекта, технологии ИИ, применяемые в сфере торговли; а также роль искусственного интеллекта в повышении эффективности предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев С.С. Искусственный интеллект как отражение действительности в XXI веке. Интерактивная наука. 2016.
2. Скрипкин К.Г. Экономика информационных продуктов и услуг. М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2019.
3. Margolin D I., Dubovskaya N.P. the Main stages of development of artificial intelligence // Young scientist. 2018.
4. Мустафина А.Ф. Технология искусственного интеллекта в контексте бизнес-среды // Стратегии бизнеса. 2019.
5. Dadashev Z.F., Ustinova N G. Influence of artificial intelligence on the economy // The age of science. 2019.

Поступила 14.03.2021

И.Ю. Головатенко, В.А. Тимочкина, Ю.А. Садырева
**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

В статье представлен обзор материалов для теплоизоляции технологического оборудования.

Теплоизоляция оборудования – это технические мероприятия, направленные на создание условий, препятствующих теплообмену перерабатываемых веществ с окружающей средой. Тепловая изоляция применяется в тех случаях, когда по технологии требуется поддержание определенной температуры технологических веществ, например, хладагентов. [1]

Область применения теплоизоляции оборудования очень широка. Теплоизолированные изделия высоко востребованы на предприятиях энергетического комплекса, металлургии, нефтепереработки, пищевой, химической и иных отраслях промышленности. [2]

Теплоизоляция – это набор средств, оказывающих сопротивление передаче любого вида тепла, происходящего в результате соприкосновения или путем инфракрасного излучения.

Теплоизоляция трубопроводов не дает образовываться конденсату на поверхности трубы, что уменьшает риск коррозии и промерзания. Также создается сопротивление разрушениям коммуникаций при внутренних колебаниях давления, уменьшается шум, который возникает при движении среды. [3]

В энергетике и промышленности эксплуатируется оборудование, для работы которого необходима качественная изоляция всех поверхностей. С применением разных по типу и качеству материалов выполняется теплоизоляция оборудования разного масштаба и назначения:

- 1) отопительное – котлы, турбины, подогреватели, крышки электромоторов, теплообменники, рекуператоры тепла;
- 2) высокотемпературное технологическое оборудование – сушильные и плавильные печи, форматоры, вращающиеся барабаны разных агрегатов, утилизаторы, установки для производства шин, автоклавы;
- 3) низкотемпературные установки – в промышленности в обязательном порядке проводится теплоизоляция оборудования, рабочие поверхности которого постоянно контактируют с холодными рабочими средами (фильтры, насосы, морозильные/холодильные камеры, емкости для хранения сжиженных газов).

В настоящее время выбор материалов для промышленной теплоизоляции на рынке достаточно обширен. Отечественные и зарубежные производители предлагают широкую номенклатуру теплоизоляционных изделий и материалов для промышленного использования на все случаи жизни и по различной стоимости.

Самым распространенным вариантом теплоизоляции являются *волокнистые утеплители*. Широкое применение этот вид теплоизоляции получил за хорошие теплосберегающие свойства.

По составу выделяют следующие волокнистые теплоизолирующие материалы:

- стекловата изготавливается из отходов стекольного производства, устойчива к химическим веществам, не горюча;
- шлаковата изготавливается из отходов металлургической промышленности, используется для изоляции трубопроводов, расположенных вне зданий;
- минеральная (базальтовая, каменная) вата является почти идеальным теплоизоляционным материалом. Базальтовые изделия при низкой теплопроводности,

обладают хорошей огнестойкостью и способны сохранять свои свойства при механических воздействиях.

Недостатком волокнистых материалов является значительная впитывающая способность, которая влечет снижение теплоизоляционных свойств. Для исключения этого недостатка вату пропитывают гидрофобными веществами или защищают снаружи специальными материалами. Монтаж защитных материалов влечет дополнительные вложения и усложняет процесс теплоизоляции.

Для сохранения положительных температур транспортируемых и перерабатываемых веществ используются теплоизоляционные материалы следующих видов:

- маты минераловатные прошивные, уложенные без оболочки или в оболочке из металлической сетки и стеклоткани;
- минераловатные плиты, изготовленные на синтетическом основании, имеющие плотность 50–125 кг/м³;
- стеклянные маты из волокон плотностью более 11 кг/м³.

Отечественные и зарубежные производители материалов для промышленной теплоизоляции выпускают также изделия определенной формы из базальтового или стеклянного волокна для изоляции трубопроводов, предлагая большой их выбор.

Несмотря на очевидное преимущество этих изделий – низкая теплопроводность, высокое качество, формостабильность в течение всего срока эксплуатации промышленной конструкции, легкость монтажа, надежность и долговечность – используются они неоправданно мало, что объясняется их высокой стоимостью. Применение формованных изделий позволяет уменьшить трудозатраты и сроки монтажа теплоизоляции на промышленных конструкциях, что компенсирует их высокую стоимость.

Для теплоизоляции промышленного оборудования с отрицательными температурами рекомендуется применение изделий с закрытой пористостью из вспененного синтетического каучука (температура применения от –70°C) и полиэтилена (температура применения от –80°C), а также пеностекло – негорючий материал, в основном, в виде плит и сегментов с закрытыми порами (температура применения от –260°C).

Распространенным вариантом теплоизоляции является применение *пенопласта и пенополистирола*. Теплоизоляция пенопластом является недорогим способом сохранения тепла. Материал относительно безопасен для человека и окружающей среды, плохо впитывает воду, выдерживает небольшие механические нагрузки, легко монтируется и может использоваться неоднократно. Экструдированный пенополистирол имеет более высокую плотность, влагостойкость, способен противостоять действию ультрафиолета.

Пеностекло является новым материалом для изготовления теплоизоляции. Достоинством материала является полная непроницаемость для воды, негорючесть, нейтральность к химическим веществам. Значительным недостатком является высокая цена пеностекла.

Пенополиуретан – полимерный материал, поры внутри которого заполнены углекислым газом, является оптимальным материалом для теплоизоляции. Пенополиуретан выпускается в виде готовых изделий, применяемых для теплоизоляции трубопроводов. Технология изоляции трубопроводов методом напыления пенополиуретана дает полную герметичность покрытия. Процесс потребует применения специального оборудования, а толщина напыляемого слоя выбирается с учетом условий эксплуатации и места расположения.

Вспененная теплоизоляция из полиэтилена имеет закрытые поры, содержащие пузырьки воздуха, которые создают эффективную теплоизоляцию. Изготавливают вспененную теплоизоляцию из каучука, полиуретана или полистирола. Благодаря гибкости обеспечивается простой монтаж теплоизоляции на трубопроводах. [4]

Альтернативой полиэтилену является вспененный каучук. Вспененный каучук может эксплуатироваться в диапазоне температур от минус 200 до плюс 150 °С.

Современным методом теплоизоляции являются жидкие материалы. К этому виду относится акриловая краска, содержащая специальные стеклокерамические наполнители, или перлит. Составы имеют густую консистенцию, поэтому их нанесение выполняют краскопультom или кистью.



Рис. Оборудование, обработанное жидкой теплоизоляцией

Тонкий слой жидкой теплоизоляции создает тепловое сопротивление примерно равное 2,0–3,0 см минераловатной или полиэтиленовой теплоизоляции. Жидкие материалы благодаря хорошей адгезии создают полностью герметичный слой на поверхности оборудования. Диапазон температур эксплуатации от минус 60°С до плюс 200°С. [5]

Благодаря большому разнообразию теплоизоляционных материалов можно обеспечить высокую энергетическую эффективность, надежную и долговечную работу технологического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изоляция стальных труб – виды защиты трубопроводов. URL: <https://spark-welding.ru/montazh-i-remont/vidy-izolyacii-truboprovodov.html>.
2. Теплоизоляция промышленного оборудования. URL: <https://zavod-uzsk.ru/teploizolyaciya-promyshlennogo-oborudovaniya/>.
3. Теплоизоляция промышленного оборудования. URL: <https://www.tproekt.com/izolacia-truboprovodov-goracego-i-holodnogo-vodosnabzhenia-teplovyh-setej-gazoprovodov/>.
4. Изоляция трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, тепловых сетей, газопроводов. URL: <https://www.tproekt.com/izolacia-truboprovodov-goracego-i-holodnogo-vodosnabzhenia-teplovyh-setej-gazoprovodov/>.
5. Жидкая теплоизоляция: производство и технологии. URL: <https://globecore.ru/nou-hau-tehnologii-proizvodstva-zhidk/>.

Поступила 15.03.2021

УДК 628. 5

И.Е. Тимофеев, Е.Н. Тимашева, А.С. Черноглазов **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОКРОЙ ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЕННЫХ ГАЗОВ ПОСЛЕ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

В статье рассматривается вопрос об изменении конструкции скруббера для очистки запыленных газов путем установки внутреннего тангенциального канала.

В процессе сушки зернистого хлористого калия образуются пылевые частицы, которые вместе с теплоносителем проходят сухую и мокрую очистку. В качестве аппаратов на этой последней стадии используются трубы Вентури совместно с полыми или насадочными

скрубберами. Как правило, полые скруббера для погашения скорости газожидкостного потока (отработанного теплоносителя) имеют значительные габариты: диаметр – 2–4 м, высота – до 12 метров. Такие размеры позволяют снизить скорость отработанного теплоносителя и, следовательно, уменьшить унос жидких и твердых частиц. С другой стороны, такие аппараты металлоемкие и требуют больших производственных площадей.

В полом скруббере газожидкостный поток движется в вертикальном направлении. Улавливание капель жидкости осуществляется только за счет сил тяжести. Эта сила направлена навстречу восходящему потоку. Для улавливания жидких частиц разных размеров за счет осаждения необходимо, чтобы скорость отработанного теплоносителя была меньше скорости витания этих частиц. Однако скорость газового потока не является постоянной и меняется в зависимости от температуры и объема теплоносителя.

В улавливании жидких и твердых частиц кроме сил тяжести участвуют и центробежные, но только на участке входа газового потока в скруббер. Для создания этой силы внутри скруббера необходимо установить тангенциальный внутренний канал, ограниченный двумя полками нижней, верхней и боковой стенок со стороны оси аппарата, и расположенной на половине длины окружности цилиндрической обечайки. Конструкция скруббера представлена на рисунке.

При среднем объеме отработанного теплоносителя на действующих сушильных установках БКПРУ-3 равном примерно 72 тыс. м³/час его секундный расход будет составлять 20 м³/сек. Скорость газового потока в нижней части скруббера диаметром 2800 мм будет 3,25 м/сек. Этого достаточно для уноса твердых и жидких частиц размером 3–4 мм в сепарационную часть скруббера, в котором скорость газового потока за счет больших размеров понижается до 2-х метров в секунду, при которой уносятся в атмосферу пылевые частицы размером 0,1 мм и менее.

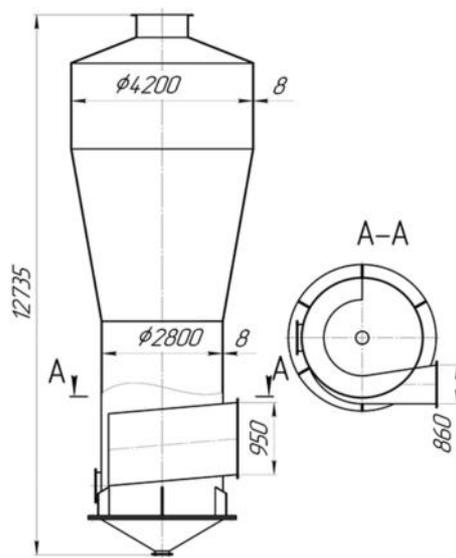


Рис. Полый скруббер

Площадь поперечного сечения газохода, входящего в скруббер, составляет $0,95 \cdot 0,86 = 0,82 \text{ м}^2$. Скорость теплоносителя во входном газоходе и канале, при условии равенства их площадей поперечных сечений, будет равна $20/0,82 = 24,4 \text{ м/с}$.

Если газожидкостный поток, содержащий частицы одинаковой массы в скруббере и канале, совершает круговой виток с радиусом равным половине диаметра скруббера, то равенство сил тяжести и центробежной силы можно выразить через скорость движения частиц равенством

$$q_c = \frac{v^2}{R},$$

отсюда

$$9,81 \cdot 1,4 = 13,73 \text{ или } v = 3,71 \text{ м/с.}$$

Кратность превышения центробежной силы над силой тяжести, выраженной косвенно для любых размеров частиц через скорость газового потока в данной конструкции скруббера, будет составлять $24,4/3,71 = 6,58$ раза. Таким образом, центробежная сила значительно влияет на повышение эффективности очистки газа от жидких и твердых частиц, что реализуется в данной конструкции.

Использование подобного технического решения в действующих технологических схемах сушильных установок потребует определения гидравлических сопротивлений цепи аппаратов на предмет существования определенного запаса напора тягодутьевого оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шияев М.И. Методы расчета пылеулавливающих систем: учебное пособие. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. 320 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 66.063

И.Ф. Киссельман, М.А. Шехерев

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МЕШАЛКИ ИЗВЕСТКОВОГО МОЛОКА

В статье рассмотрен вопрос об изменении конструкции лопастей перемешивающего устройства.

Аппараты с перемешивающими устройствами достаточно широко применяются при проведении технологических процессов. Например, в реакторах для проведения химических реакций. Вертикальные и горизонтальные валы с мешалками применяются в экстракторах, абсорберах, кристаллизаторах и других аппаратах.

Перемешивание способствует [1] увеличению скорости потока жидкости в слоях жидкости около стенок, улучшению теплообмена, взвешиванию частиц твердой фазы с днища аппарата и устранению различных отложений на его стенках и днище аппарата.

В данной работе рассмотрим модернизацию перемешивающего устройства мешалки известкового молока. В результате модернизации производительность мешалки возрастет, уменьшится время приготовления раствора известкового молока с массовой долей 3 % из известкового молока с массовой долей не менее 20 %.

Известковое молоко широко применяется для очистки рассолов содового и хлорного производства и в отделениях водоподготовки. Известково-содовый способ является одним из самых простых и дешевых способов умягчения воды. На рис. 1 представлен аппарат для перемешивания известкового молока с вертикальным валом.

Цех химводоподготовки филиала «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в городе Березники выпускает осветленную, умягченную и обессоленную воду, которая используется в следующих целях:

– осветленная вода используется для получения умягченной воды и для нужд цехов предприятия

– умягченная вода используется для получения обессоленной воды и для нужд цехов предприятия.

– химически обессоленная вода используется в производствах аммиака, слабой азотной кислоты, крепкой азотной кислоты.

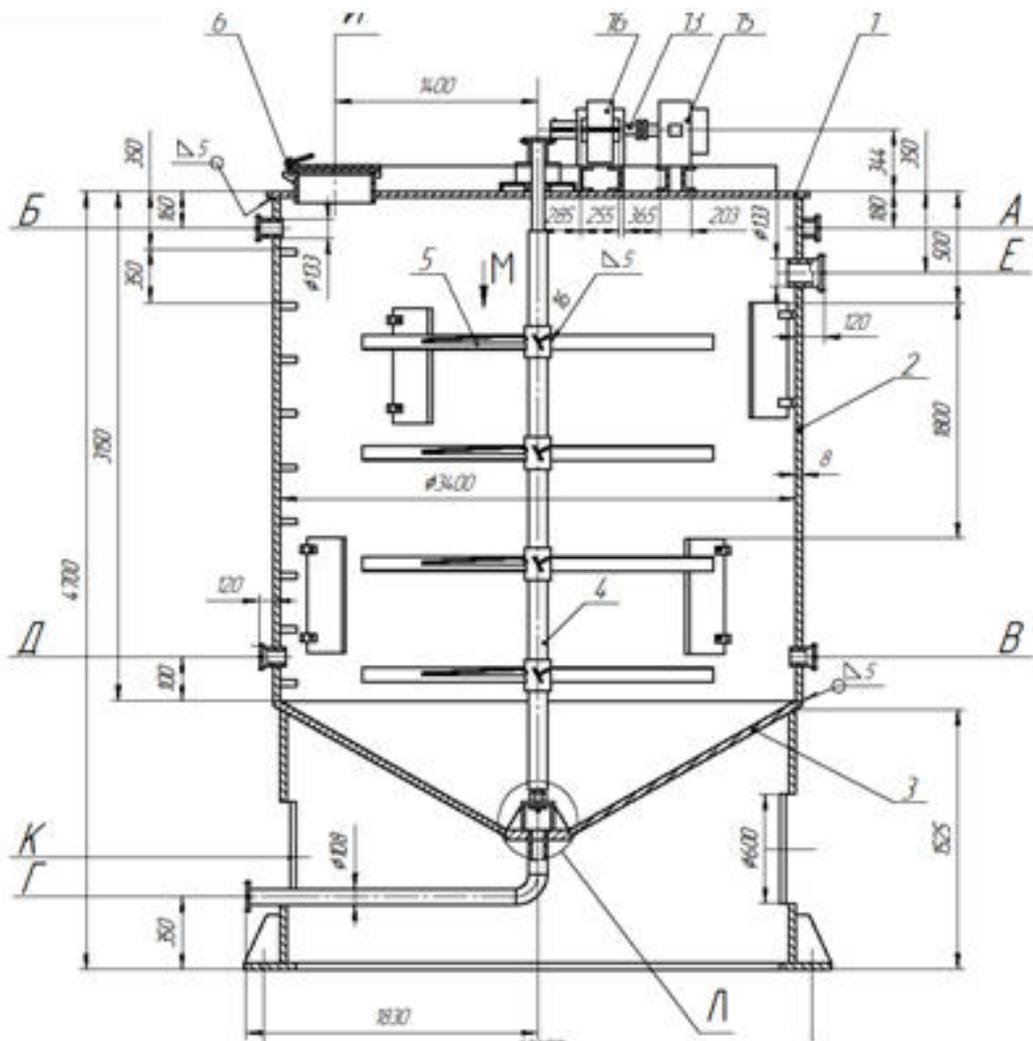


Рис. 1. Мешалка известкового молока

Предлагаемое мероприятие по модернизации включает в себя следующее техническое решение: замена перемешивающего устройства на лопасти (рис. 2). До модернизации перемешивающее устройство представляло из себя трубу диаметром 108 мм, после модернизации – 4 лопасти, приваренные под углом 30° .

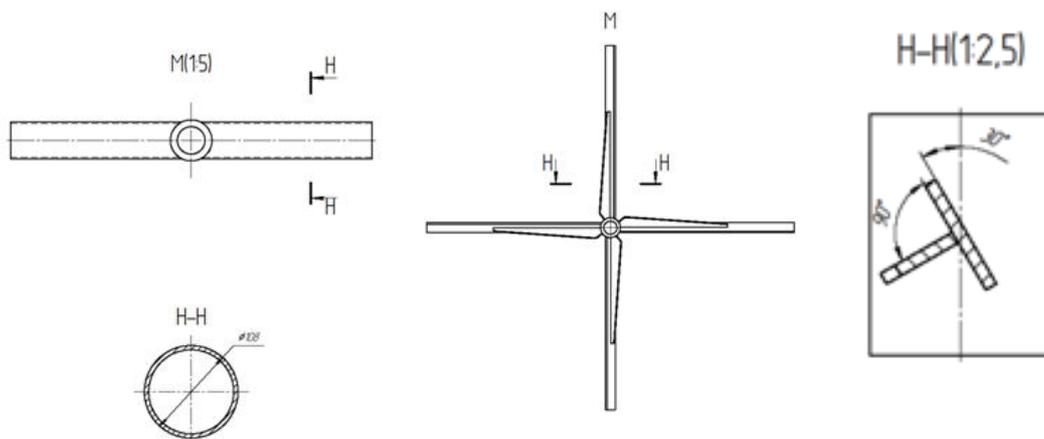


Рис. 2. Лопасти перемешивающего устройства до и после модернизации

Данное изменение конструкции лопастей увеличит интенсивность процесса перемешивания, а кроме этого снизит потребление электроэнергии на 268 кВт.

Таким образом, данная модернизация приведет к увеличению производительности, уменьшению времени приготовления известкового молока и снижению затрат на электроэнергию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. ч. II. С.-Пб.: НПО «Профессионал», 2006. 916 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 621.833

С.Э. Шаклеина, А.С. Мальцев, Д.А. Пунгин

ИССЛЕДОВАНИЕ КПД РЕДУКТОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИВОДА

В статье рассматривается исследование КПД механических передач на автоматизированном лабораторном комплексе в зависимости от режимов работы привода.

Исследование значения коэффициента полезного действия (КПД) для передач – достаточно важная задача для производства. Потеря мощности приводит к потере энергетических затрат. Снижение КПД характеризует износ деталей передач и разрушение рабочих поверхностей.

Коэффициент полезного действия редуктора (КПД) есть отношение полезной мощности к затраченной:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot i},$$

где P_1, P_2 – мощности на ведущем (затраченная) и на ведомом (полезная) валах редуктора, Вт;

T_1, T_2 – вращающие моменты на ведущем и ведомом валах редуктора, Н·м.

В свою очередь мощность потерь редуктора, Вт:

$$P_{\psi} = P_1 \cdot \psi,$$

где ψ – коэффициент относительных потерь в редукторе.

Потери в передачах достаточно сложно оценить расчетами, поэтому КПД определяют экспериментально или оценивают приближенно, основываясь на практическом опыте.

На величину потерь в червячном зацеплении оказывают влияние шероховатость рабочих поверхностей, режим и вид смазки, соотношения скоростей качения и скольжения в контакте и величина передаваемой полезной нагрузки.

В червячной передаче, как правило, наиболее низкие КПД по сравнению с цилиндрическими и коническими передачами. КПД увеличивается с увеличением числа заходов червяка и с уменьшением коэффициента трения или угла трения. Опытным путем установлено, что при наличии удовлетворительной смазки, величина коэффициента трения зависит от величины скорости скольжения.

Значения КПД червячных редукторов зависят от числа заходов червяка (z) и передаточного числа редуктора (i): $\eta = 0,65 \dots 0,8$ (при $i = 32 \dots 63, z = 1$), $\eta = 0,75 \dots 0,85$ (при $i = 16 \dots 32, z = 2$), $\eta = 0,8 \dots 0,9$ (при $i = 7 \dots 16, z = 4$).

В цилиндрических и конических редукторах потери сильно увеличиваются с уменьшением числа зубьев, особенно числа зубьев шестерни.

Средние значения КПД цилиндрических и конических редукторов находятся в пределах $\eta = 0,97 \dots 0,98$.

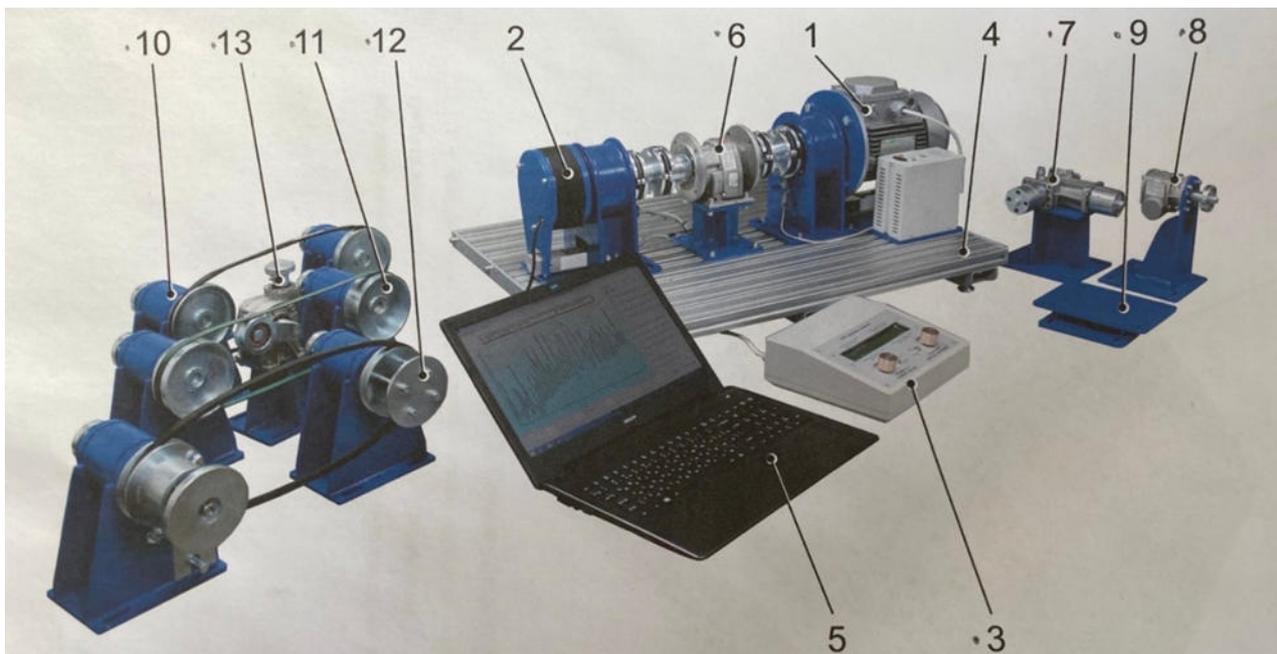


Рис. 1. Автоматизированный лабораторный комплекс «Механические передачи»: 1 – приводной модуль, 2 – модуль нагружения, 3 – панель управления, 4 – универсальное основание, 5 – Ноутбук Asus, 6 – цилиндрический редуктор, 7 – конический редуктор, 8 – червячный редуктор, 10, 11, 12 – ременная передача, 13 – натяжное устройство

На кафедре ТМП БФ ПНИПУ закуплен автоматизированный лабораторный комплекс «Механические передачи», который позволяет регулировать нагрузку на передачи, вращающий момент и получать графики зависимости частоты вращения входного и выходного вала от времени, КПД, мощности на входном и выходном валу (рис. 2, 3).

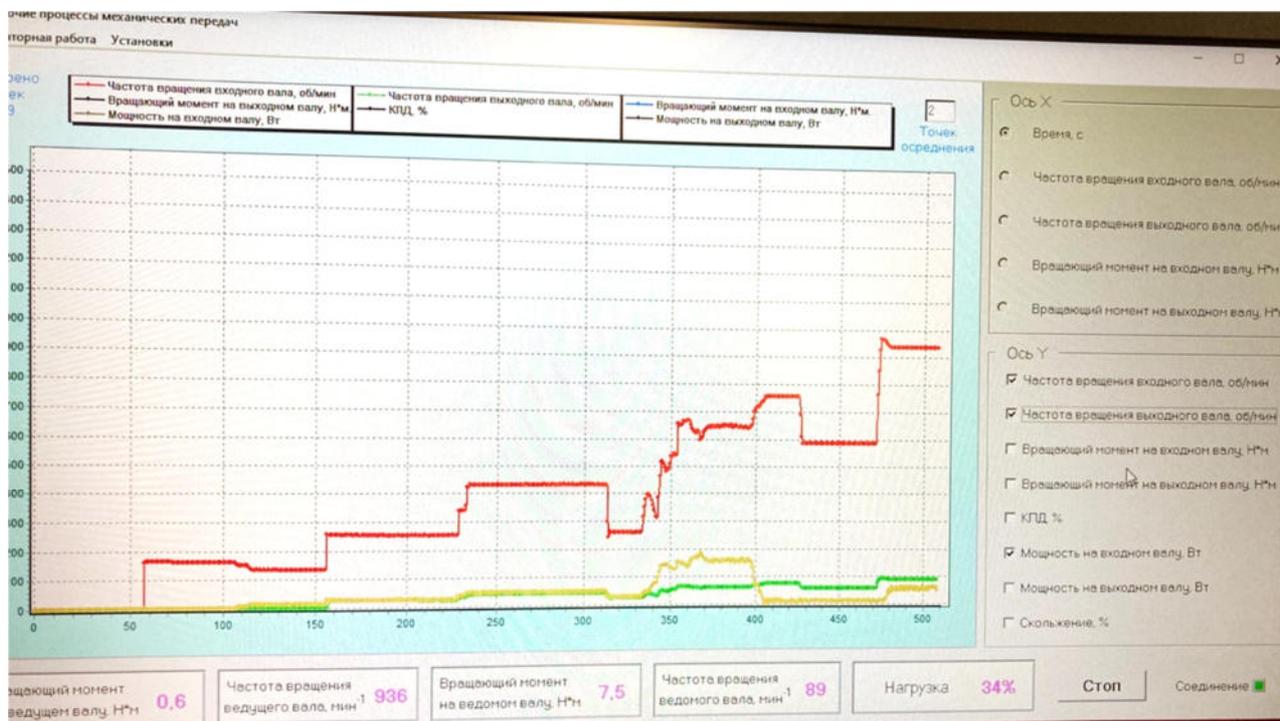


Рис. 2. Построение графиков частоты вращения

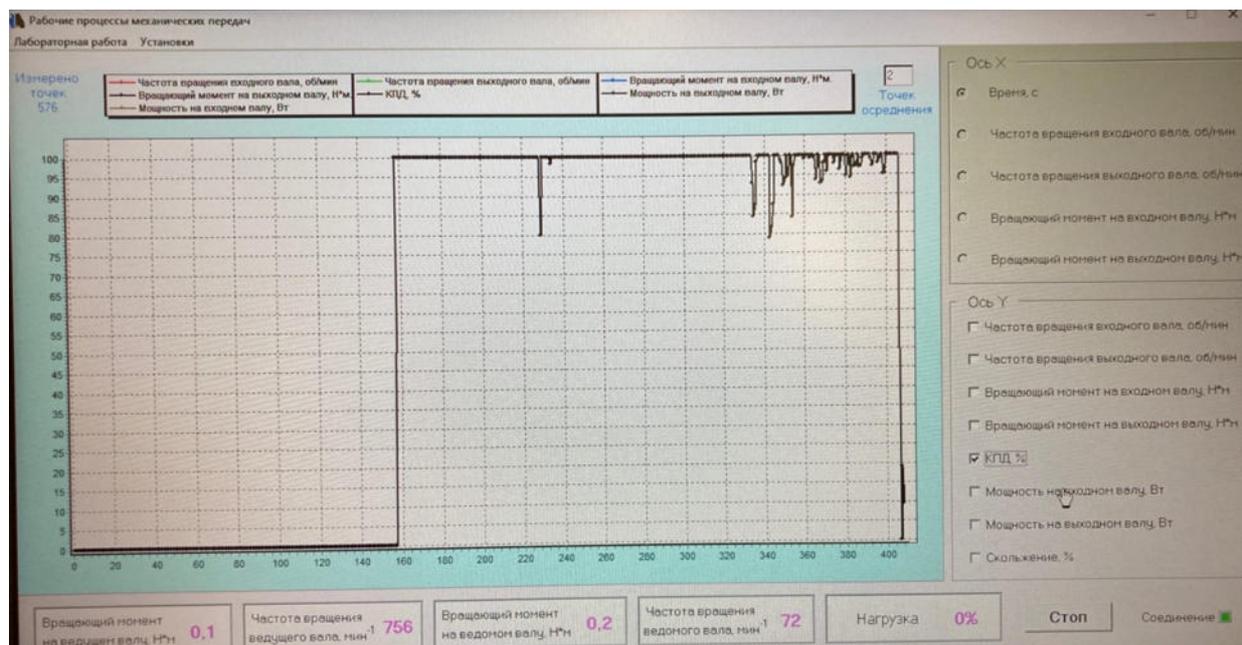


Рис. 3. Построение графиков определения КПД

На рисунке 3 представлен график изменения КПД червячной передачи. При проведении эксперимента увеличивали нагрузку на привод и значение вращающего момента. Минимальное значение КПД = 0,8, что соответствует табличным значениям.

Меняя по схеме расположение редуктора и вида ременной передачи, получаем различные значения КПД и исследуем влияние режимов работы привода на КПД редуктора. Таким образом мы можем проверить табличные данные КПД с реальными значениями и определить, как влияют режимы работы привода на полученные значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин». М.: Издательство «Машиностроение». 2007. 464 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 66.023: 539.4

С.Э. Шаклеина, А.А. Якимова
**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ
 СТЕРЖНЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ
 ПАССАТ**

В статье приводится расчет на прочность и устойчивость стержневой мельницы в программе ПАССАТ. Предложена модернизация по смазке подшипниковых узлов мельницы.

Стержневая мельница относится к мельницам барабанного типа, в которой истирание происходит за счет стержней, находящихся внутри барабана. Барабан внутри футерован для защиты от износа и трения. Стержневые мельницы используются для измельчения минерального сырья и полуфабрикатов при производстве строительных материалов, в горно-химической промышленности и других производствах.

В данной работе произведен расчет корпуса аппарата на прочность и устойчивость (рис. 1) в программе ПАССАТ. Материал корпуса – сталь Ст3, давление в аппарате – 0,031 МПа, температура среды – 20°C. Аппарат имеет диаметр 3200 мм, длину – 4500 мм.

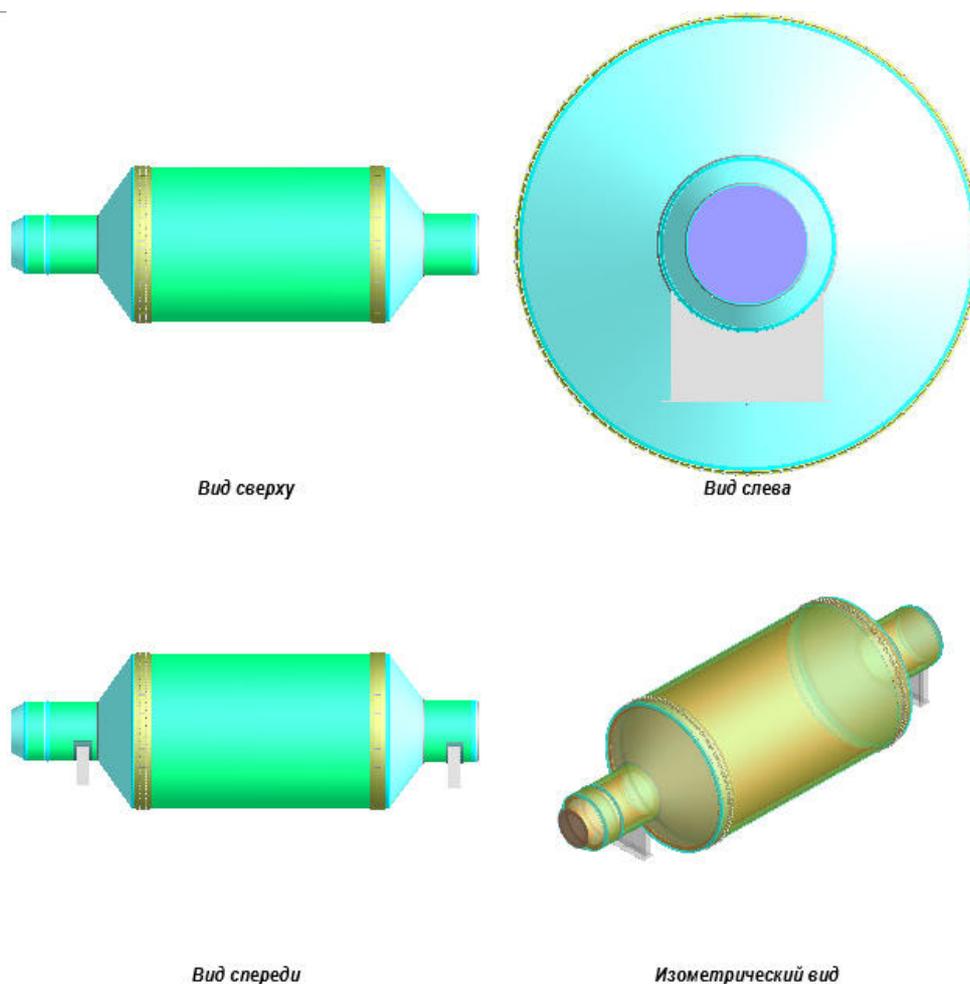


Рис. 1. Общий вид мельницы

Модель аппарата была создана в программе ПАССАТ. Конструкция была проверена на прочность и устойчивость с учетом выбранной толщины стенки при статическом нагружении. Опорные конструкции необходимо проверять на прочность и устойчивость в рабочих условиях и условиях испытаний по ГОСТ 34233.5-2017.

Горизонтальные аппараты необходимо проверять на жесткость с учетом возникающих перемещений от нагрузки. Программа выполняет расчеты всех элементов корпуса на прочность и устойчивость. Если условия не выполняются, программа выдает ошибку и рекомендации по изменению того или иного узла. Полный прочностной отчет по данному аппарату составляет 94 страницы. Сделать все расчеты вручную в таком объеме займет большое количество времени.

Рудоразмольное оборудование постоянно работает с перегрузом. Поэтому важным и актуальным становится работа гидроподпора не только при запуске мельницы, но и в течение всего времени ее работы, что фактически позволяет увеличить максимально возможную загрузку мельницы без потери ресурса ходимости подшипника.

Гидростанция гидроподпора предназначена для создания масляного клина между шейкой вала и вкладышами опорных подшипников скольжения рудоразмольных мельниц. Масляный клин образуется при помощи давления масла, которое подается гидростанцией гидроподпора в подшипник скольжения в момент запуска мельницы во избежание возможных задиров баббитового покрытия вкладышей подшипника. Нагнетание масла

происходит через специальные заводские отверстия, расположенные внизу опорного подшипника. Масляный клин формируется вдоль всей нижней части подшипника, затем масло через дренажные отверстия, расположенные на середине подшипника, возвращается в систему циркуляции масла.

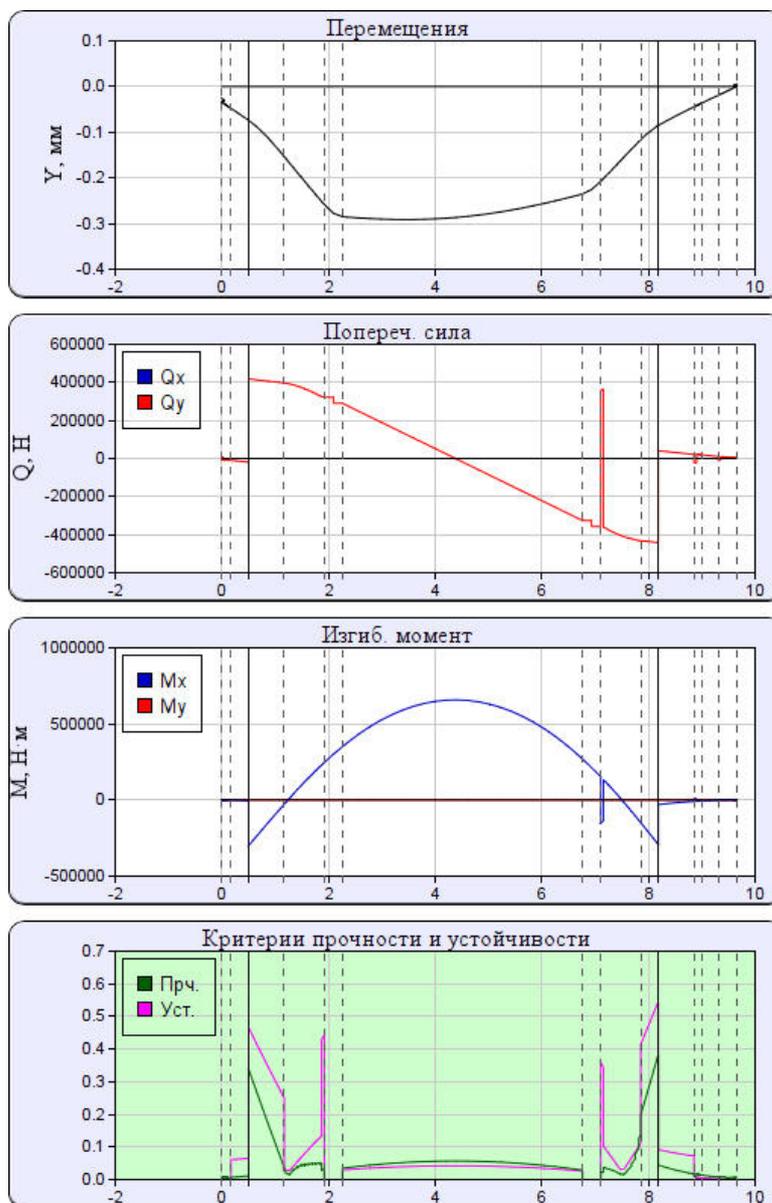


Рис. 2. Определение поперечной силы изгибающего момента и перемещений в рабочих условиях

Гидростанция гидроподпора состоит из электродвигателя, насоса пластинчатого, запорно-регулирующей, контрольной и предохранительной арматуры, фильтрующей системы, где магнитный фильтр (актуально для железорудного концентрата) установлен на входе масла в гидроподпор из стационарной маслосистемы опорного подшипника. В результате исключается возможность попадания даже мельчайших частиц породы в систему смазки подшипников.

В стандартном исполнении управление гидростанцией происходит в ручном режиме – подключение и визуальный контроль приборов. При необходимости возможна установка приборов КИП для автоматизации управления станцией гидроподпора с целью ее интеграции и синхронизации с системой управления мельницей. Таким образом, исключается возможность запуска мельницы без запуска гидростанции гидроподпора.

ВЫВОД

Таким образом, рекомендуем для плановой безаварийной работы мельницы использовать сразу две станции гидроподпора (основная и резервная). Это позволит исключить риск внеплановой остановки мельницы и ремонта опорного подшипника из-за выхода из строя, например, насоса пластинчатого основной станции гидроподпора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учеб. пособие. Тамбов: издательство ТГТУ. 2004. 75 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 617.3:615.477

В.С. Ботев, И.К. Борисова, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев **ЭКЗОСКЕЛЕТ В МЕДИЦИНЕ**

В статье даны краткие определения и понятия экзоскелетов, а также их строение и применение в медицине. Изучены некоторые виды экзоскелетов для восполнения утраченных функций человека.

Медицинский экзоскелет предназначен для облегчения жизни человека с ограниченными физическими возможностями. Это специальная биокибернетическая конструкция для восстановления при отсутствии или ограничении подвижности конечностей. Его движения идентичны движению определенной части тела человека с соразмерным увеличением силы использующего электродвигатели, рычаги, гидравлику и др. Конструкцией можно управлять самостоятельно через кнопки, находящиеся в рукоятке костылей [1].

На протяжении многих лет люди стремились модернизировать свои возможности. Человек – существо, которое не идет на поводу биологии и совершенствует свои возможности гораздо быстрее, чем делает это сама эволюция. Так как у человека есть много слабых мест, он старается дополнять и усовершенствовать свои функции благодаря созданию различных высокотехнологических машин и оборудований, а также усиливает умственные возможности с помощью каких-либо компьютерно-вычислительных систем, а недостающие части тела «заменяет» биокибернетическими протезами.

Экзоскелеты в XXI веке весьма актуальны в помощи парализованным людям и людям с ограниченными возможностями движения, благодаря механизмам, предназначенным для функционирования некоторых частей тела и человека в целом, а также улучшают его физические показания во много раз.

Ниже описаны основные виды экзоскелетов.

Промышленные. С помощью приборов значительно облегчаются условия труда на строительных площадках и предприятиях. Это особенно видно, когда грузчики выполняют погрузочные операции [1, 2, 3].

Военные. Область, где сосредоточены самые разнообразные модели и используются передовые технологии. Солдаты используют экзоскелеты не только во время боевых действий, как принято считать в обществе, но и при организации различных спасательных и разведывательных операций.

Медицинские. Основная цель – для пациентов, которые частично/полностью не имеют способность свободно передвигаться. Он используется в качестве вспомогательного

средства, когда человек проходит терапевтический курс восстановления, например, после инсультов или травм.

Необходимые атрибуты экзоскелета для применения в медицине: обеспечение выполнения ряда важнейших функций в условиях деградации ресурсов оператора, масса, габариты, а также эргономичность.

На данный момент основным производителем экзоскелетов в России является компания ExoAtlet (рис. 1), предназначенная для реабилитации пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата и нервной системы в нижней части тела. Чтобы передвигаться, пациент должен использовать костыли, подключенные к системе. Экзоскелет управляется кнопками, расположенными на костылях, и приводится в движение сигналами от датчиков и электромиограммы. Прописанная программа экзоскелета и движущие элементы повторяют естественные движения человека, что сокращает время восстановления двигательной функции пациента [4].



Рис. 1. Экзоскелет с электронным управлением

Существуют два вида экзоскелетов:

– активные (рис. 2) – они оснащены приводами, которые работают за счет источника питания, установленного на самой конструкции. Такие устройства обычно с электрическими сервоприводами (пневматика и гидравлика) в несколько раз увеличивают прилагаемую силу воздействия человека на объекты и его выносливость, так как прилагаемые для управления экзоскелетом усилия минимальны [5, 6];



Рис. 2. Активная модель экзоскелета

– экзоскелет пассивного действия (рис. 3) – перераспределяет силу и инерцию человека, благодаря специальной системе подкрепленных соединений, установленных на рабочие суставы и мышцы. Такой экзоскелет уменьшает нагрузку на мышцы и суставы человека до 34%.

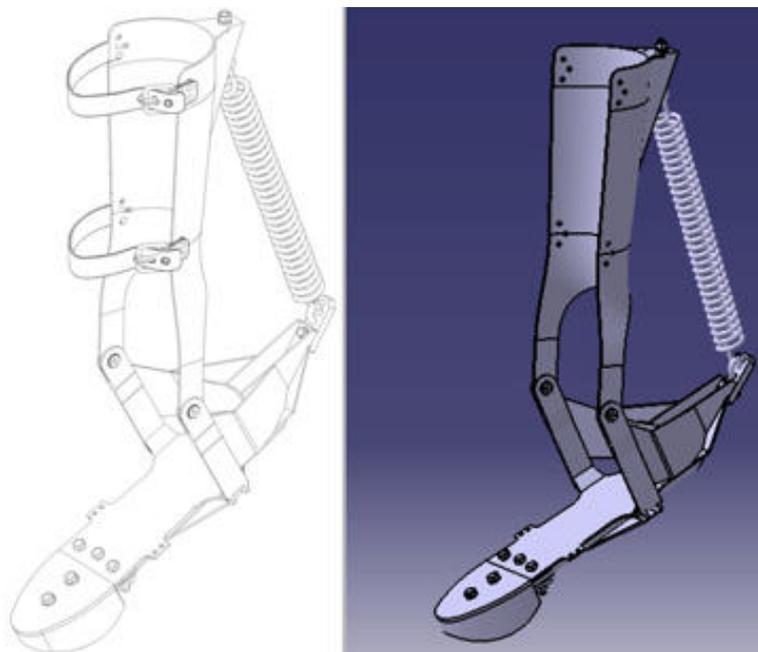


Рис. 3. Пассивная модель экзоскелета

Экзоскелеты уже сейчас являются все более распространенными в различных областях. Благодаря таким приборам снижается нагрузка на опорно-двигательную систему людей, уменьшаются травмы.

Медицинские образцы помогают людям оправиться от серьезных травм и болезней «поднять пациента» с парализованными нижними конечностями [7].

Развитие экзорехабилитации рассматривается как непрерывный сложный процесс, сочетающий ходьбу в экзоскелете с другими методами реабилитации, что должно привести к улучшению самочувствия больных, а в некоторых случаях – к частичному или даже полному восстановлению способности к ходьбе.

С развитием индустрии экзоскелетов и снижением их стоимости они становятся более доступными и получают еще большее распространение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поезжаева Е.В. Концепция развития робототехники: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.
2. Поезжаева Е.В. Промышленные роботы: учебное пособие для вузов: в 3 ч. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.
3. Поезжаева Е.В. Искусственный интеллект в теории механизмов и машин и робототехнике: учебное пособие: в 3 ч. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020.
4. «Экзоскелет – не костюм из будущего, а необходимость». URL: <https://rb.ru/longread/exoskeletons/> (дата обращения: 10.03.2021).
5. «Экзоскелеты: принцип действия, конструкция, применение». URL: <https://top3dshop.ru/blog/exoskeleton-explained-review.html> (дата обращения: 11.03.2021).
6. «Экзоскелет как средство медицинской реабилитации». URL: <https://symbionix.ru/ru/informaciya/ekzoskelet-kak-sredstvo-meditsinskoj-reabilitatsii.html> (дата обращения: 11.03.2021).

УДК 621

И.Ю. Головатенко, В.А. Тимочкина, Е.В. Поезжаева, Д.Н. Кучев
РОБОТЫ-ПОМОЩНИКИ В БЫТУ

В статье рассматриваются самые популярные роботы-помощники в быту. Рассмотрены некоторые виды роботов, предназначенные для бытовых применений, представлена их работа, а также области применения, их плюсы и минусы.

В настоящее время большое внимание уделяется роботам-помощникам, которые упрощают жизнь человека. Роботизированная техника развивается и постепенно проникает во все сферы жизни. Главная цель роботов – помогать людям, выполнять за них их работу. Если раньше роботы могли исполнять роль человека, заменяя его на заводе, где часто требуются одни и те же действия в работе, например, при производстве автомобилей, то сейчас наступило то время, когда бытовые роботы практически есть в каждом доме. Самое удобное, они помогают людям решать насущные проблемы, а также экономить время и силы. Есть люди, которые просто не любят и не желают прибирать дома, для таких как они и создали роботов-помощников в быту.

Бытовые роботы, призванные помогать людям в их повседневной жизни, набирают все большую популярность, что неудивительно, ведь разнообразие таких роботов растет с каждым годом. Уже сегодня есть достаточно много роботов: пылесосы, газонокосилки, очистители бассейнов, снегоочистители.

Робот-пылесос. Робот-пылесос выглядит как небольшая коробочка в виде круглой формы на колесиках. Он передвигается по дому в зависимости от того, какой маршрут ему задан. Робот удобен тем, что собирает шерсть, мелкий мусор и пыль, которую даже человек не видит.

Робот-пылесос оснащен встроенным аккумулятором, а также камерой, которая помогает ему ориентироваться в помещении, чтобы не убирать одно и то же место дважды. Он сначала строит карту очистки на основе данных со встроенной камеры, затем приступает непосредственно к очистке, после чего возвращается в исходную точку. Удобно, если пылесборник будет заполнен роботом во время уборки, то он вернется на базу, очистит его и продолжит уборку.

Если есть препятствие, робот сам его обходит, но если это мелкая крошка или мусор, он соответственно уберет ее и продолжит свой путь. Для передвижения робот использует два колеса, с помощью которых он вращается. Также внутри есть две направляющие щеточки, которые подметают мусор в направлении турбощеточки. Она же направляет весь мусор в пылеуловитель, а дальше устройство захватывает мусор. Все это оборудование питается от литий-ионного аккумулятора емкостью в несколько ампер-часов (рис. 1). Недостатком такого робота-пылесоса является низкая мощность всасывания. Он отлично подойдет тем, у кого гладкое покрытие – линолеум или ламинат. Конечно, тем людям, у кого дома ковер, робот не поможет ничем, им также придется делать уборку самим, потому что робот-пылесос не сможет передвигаться по ковру.



Рис. 1. Робот-пылесос

Робот-мойщик окон. Роботы для мытья окон (рис. 2) совсем недавно появились на рынке бытовой техники. Технологии развиваются, и вместе с этим спрос на такую продукцию становится все больше. Люди уже не представляют себе, как можно прибираться дома без таких помощников.

Давайте посмотрим, как работает этот робот. Во-первых, робот мгновенно измеряет все окно, затем выбирает и программирует самый быстрый и эффективный способ очистки. Если возникает проблема, он прекращает очистку, после чего начинает мигать индикатор, который подает звуковой сигнал. Вы всегда будете знать рабочее состояние, потому что индикаторы расположены выше и ниже устройства. Во-вторых, робот поставляется с очень удобным пультом дистанционного управления.

В результате робот-мойщик окон может следующее:

- убирать различные виды окон;
- очищать окна автоматически при обычном нажатии на кнопку;
- безопасен, даже на тех окнах, которые расположены высоко над уровнем земли – например, в небоскребах;
- самое главное и удобное – не оставляет разводов.



Рис. 2. Робот-мойщик окон

Робот-газонокосилка. Он заряжается от сети либо с помощью сетевого адаптера. Его небольшие габаритные размеры и бесшумная работа позволяют наслаждаться тихим отдыхом на природе, глядя на гладкий, ухоженный газон, а самое главное, чистый. Робот-газонокосилка – это устройство в пластиковом корпусе,двигающееся самостоятельно без чьей-либо помощи. Обеспечивают эффективную стрижку газона металлическое шасси и вращающийся диск. Самое удобное, что такой робот имеет два датчика: механический, который позволяет обнаружить препятствие, и датчик дождя. Робот никогда не промокнет, если начнется дождь, просто сам возвратится в то место, где нет дождя.

На наш взгляд, полезными опциями для этого робота могут быть: противоугонная защита; защита детей; контроль высоты газона – исключает повторное движение по скошенным участкам; регулировка мощности автоматически; встроенная камера.

Вывод. На сегодняшний день ассортимент бытовых роботов разнообразен и достаточно широк. Каждому человеку понравятся эти роботы-помощники, потому что при первом же их использовании роботы облегчают жизнь. Не нужно убирать самому, мыть окна – это сделают роботы в быту.

Каждый, у кого в доме есть животные, подумает о покупке робота-пылесоса, так как он значительно упростит жизнь человеку. В районах с сильно загрязненным воздухом окна часто становятся пыльными, поэтому для людей, живущих в таких районах, есть робот-помощник, который поможет вымыть окна без разводов. Кому-то нужно чистить ковер каждый день, а кому-то надоело срезать траву летом. Робот-газонокосилка подрежет траву, тем самым дав отдохнуть владельцу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поезжаева Е.В. «Концепция развития робототехники» / учеб. пособие. Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2017. 439 с.
2. Тимофеев А.В. «Роботы и искусственный интеллект. М.: Наука, 2018. 192 с.
3. Куафе Ф. «Взаимодействие робота с внешней средой». Москва: ИЛ, 2018. 465 с.

Поступила 15.03.2021

УДК 620.179

А.Х. Ситдиков

ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЙ АГРЕГАТ ГПА-16П «УРАЛ»

На территории Чайковского ЛПУ активно происходит замена ГПА-Ц-16 на ГПА-16П «Урал». В статье сделан вывод, о том, что применение нового ГПА-16П «Урал». Позволяет снизить расходы за счет высокого КПД, снижения уровня шума, уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Для обеспечения транспортировки все возрастающих объемов газа реализуется масштабная программа реконструкции и модернизации существующей газотранспортной системы (ГТС). Проекты по развитию и повышению надежности ГТС определены в качестве приоритетных направлений инвестиционной программы компании.

Цели. Комплексное авторское исследование высокоэффективных авиационных двигателей. Газоперекачивающая установка базировалась на авиационном двигателе ПС-90, который получил название ГПА-16П «Урал». Он предназначен специально для реконструкции компрессорных цехов, оснащенных ГПА-С-16. Он обладает рядом преимуществ, среди которых следует отметить экономичность, снижение уровня шума, снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

ГПА-16П «Урал» предназначен для привода нагнетателя НК ГПА-С-16/76.

Входное устройство (ВУ) представляет собой профилированный канал, обеспечивающий подачу воздуха в компрессор с минимальными потерями.

ВУ с центральным приводом и приводной коробкой является силовым элементом двигателя, стойки входного корпуса нагреваются воздухом системы противообледенения двигателя и горячим маслом, циркулирующим в системе смазки двигателя.

Приводные устройства, обеспечивающие работу систем двигателя, расположены на приводной коробке. Кроме того, на приводной коробке имеется запасной привод, который используется для поворота вала ротора ГГ вручную специальным ключом или электроприводом.

Компрессор двигателя представляет собой 13-ступенчатый осевой компрессор с регулируемым впускным направляющим устройством (ВНА) и поворотными направляющими (НА) 1-й и 2-й ступени с регулируемыми радиальными зазорами последних

5 ступеней компрессора и перепускными клапанами воздуха за счет 6-й, 7-й и 13-й ступеней. Детали проточной части компрессора имеют эрозионностойкое покрытие.

Трубчато-кольцевая горелка с двенадцатью тепловыми трубами и усиленным корпусом работает на газе.

Газогенераторная турбина осевая – 2-ступенчатая охлаждаемая турбина имеет усиленный корпус и изготовлена из коррозионностойких и термостойких материалов.

Свободная (силовая) турбина (СТ) осевая трехступенчатая – используется для привода нагнетателя ГПА. Соединение с ротором газогенератора только газодинамическое.

Модули ГГ и СТ соединены друг с другом фланцевым соединением на силовых корпусах ГГ и СТ и узлах рамы подмотора.

Трансмиссия предназначена для передачи крутящего момента на ротор нагнетателя, вал ротора СТ соединен с валом ротора-нагнетателя через упругие муфты. Для предотвращения доступа к вращающимся узлам и деталям трансмиссия закрывается защитными кожухами, которые монтируются на выходном устройстве.

Устройства ввода и вывода ГТУ также расположены под корпусом. Воздуховод ГПА с переходными элементами системы очистки воздуха соединен с входным устройством ГТУ, а переходник к выхлопному тракту ГПА соединен с выходным устройством (улиткой).

Можно сделать вывод, что обновление ГТС с заменой ГПА-С-16 на ГПА-16П «УРАЛ» окажет положительное влияние как на ТГК, так и на всю газотранспортную отрасль в целом. ГПА-16П «УРАЛ» использует современные авиационные технологии:

- экономика является очень важным показателем в наше время быстрого потребления невозполнимых газовых ресурсов России;
- экологическая безопасность является не менее важным показателем в эпоху глобальных природных изменений, влияющих на жизнь и здоровье всего человечества;
- модульность – характеристика, позволяющая производить монтаж, демонтаж, ремонт и наладку ГПА и его систем с минимальными временными, трудовыми и материальными ресурсами;
- высокая степень автоматизации – характеристика, позволяющая четко контролировать процесс транспортировки газа и техническое состояние агрегата и его систем в любое время и на любом этапе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козаченко А.Н. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. М.: Нефть и газ, 1999. 463 с.
2. Алиев Р.А., Белоусов В.Д., Немудров А.Г. и др. Трубопроводный транспорт нефти и газа. М.: Недра, 1988. 368 с.
3. Громов А.В., Гузанов Н.Е., Хачикян Л.А. и др. Эксплуатационнику магистральных газопроводов: справочное пособие. М.: Недра, 1987. 176 с.

Поступила 15.03.2021

РАЗДЕЛ IV.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 504.054

С.А. Андрусъ

АВАРИЙНЫЕ РАЗЛИВЫ НЕФТИ: СРЕДСТВА ЛОКАЦИИ И МЕТОДЫ ЛИКВИДАЦИИ

Приведен краткий обзор средств локации нефтяных пятен при авариях, перечислены методы ликвидации нефти, перечислены достоинства и недостатки их применения.

На сегодняшний день во всем мире нефть является одним из важнейших видов энергетического сырья, что приводит к ежедневному увеличению темпов ее добычи. Такая ситуация характерна и для России: ведутся разработки новых месторождений, увеличиваются объемы добычи нефти.

Наряду с большим износом оборудования растет и число чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефти. Поэтому проблема защиты окружающей среды все более актуальна.

На всех предприятиях нефтяной промышленности на каждом из этапов производственной деятельности применяется ряд мероприятий, который направлен на охрану и снижение рисков для экологии региона. Актуальны как мероприятия по охране окружающей среды, так и совершенствование методов локации, ликвидации аварий при разработке и транзите нефти с целью минимизации всех возможных отрицательных последствий.

Аварийные ситуации вероятны как при разработке новых месторождений, так и на всех этапах транзита нефти. Выделяют три основных причины аварий:

- 1) износ оборудования и, как следствие, его поломка;
- 2) человеческий фактор (ошибки персонала);
- 3) аномальные природные и погодные условия.

По периодичности аварии при буровых работах можно условно разделить на две группы: внезапные (залповые выбросы нефти в процессе бурения в зонах с аномально высоким пластовым давлением) и регулярные «нормальные» (выбросы при бурении, которые можно остановить за несколько часов). Опасность первого вида аварий в их внезапности и длительном катастрофическом характере при больших перепадах давления. Регулярные аварии являются главной причиной хронического негативного воздействия. Независимо от вида абсолютно все аварии приводят к серьезным нарушениям функционирования экологической системы в целом.

Процесс локализации и ликвидации разлива нефти при любой аварии состоит из выполнения комплекса мероприятий, которые основаны на применении стандартных методов с использованием необходимых инструментов и средств. Первоочередное действие при аварии – локализация пятен, цель – исключить дальнейшее распространение загрязнения на другие территории, снижение общей зоны загрязнения.

Один из видов локализации аварий нефтяного характера – боновые ограждения. Они служат для удержания нефти на поверхности воды и для ее отвода.

Боновые ограждения имеют следующую классность:

I класс – применяется на защищенных акваториях;

II класс – применяется на прибрежной зоне;

III класс – применяется на открытой воде.

Классификация бонов по способу применения:

- самонадувные – при необходимости быстрой распаковки;
- надувные тяжелые – при ограждениях крупногабаритных судов;
- устойчивые к сгоранию – при горении нефти на воде;
- сорбционные – при одновременном сорбировании нефти.

Не всегда локализация нефтяного разлива бонами возможна. Например, на реках со значительным течением рекомендуется сдерживать пятно направляемыми струями воды и судами – экранами.

Для локализации и сбора нефти применяют так называемые буксиры – нефтесборные системы и суда, которые специализируются на данных видах аварии. Ко всем таким судам применяются следующие требования: отличная маневренность и управляемость, возможность сбора нефтепродуктов в значительных объемах.

При аварии с разливом нефти на земле используют тип ограждений, который носит общее название дамбы. К ним относятся запруды, траншеи, обвалки и прочие механические ограждения. Их применение зависит от конкретного места аварии, времени года и размера разлива.

Данные виды средств предназначены для локализации нефтяного пятна. После того как оно будет сконцентрировано, приступают к следующему этапу – ликвидации.

Все используемые методы ликвидации можно условно разделить на четыре группы:

1) термический способ – сжигание нефти на месте аварии. Достоинства метода: высокая скорость ликвидации разлива нефти, минимальные затраты при минимальном количестве используемых средств. Недостатки: необходимость применения дополнительных мер пожарной безопасности, образование канцерогенных веществ при сжигании нефти;

2) механический способ – сбор нефти подручными инструментами. Достоинства: возможность применения метода в течение всего года, высокая эффективность по сравнению с другими методами ликвидации, возможность применения для сбора любых видов нефтепродуктов. Недостатки: наличие нефтяной пленки на водной поверхности после проведения работ;

3) физико-химический способ основан на использовании химических сорбентов. Достоинства метода: низкая стоимость расходов на хранение сорбентов, возможность применения независимо от климатических условий. Недостатки: появление токсичности при проведении работ, применение метода ограничено температурой окружающей среды;

4) биологический способ, основанный на стимуляции локального почвенного биоценоза с использованием специально отобранных видов микроорганизмов. Достоинства: наименьший ущерб для экологии. Недостатки: большая продолжительность ликвидации.

Наиболее используемый способ ликвидации – механический. Его применение наиболее эффективно сразу же после разлива, так как слой нефти еще имеет необходимую толщину для быстрого сбора.

Трудности, которые могут возникнуть при ликвидации нефтяного разлива: воздействие погодных и климатических условий, а также течения, что затрудняет сбор и локализацию нефтяного пятна. Кроме того, загрязнения акваторий негативно влияют на скорость локализации нефтяного разлива.

Основные принципы, которыми нужно руководствоваться при локализации и ликвидации нефтяного разлива:

- 1) кратчайшие сроки проведения операции;
- 2) все мероприятия не должны принести больший вред экологии, чем авария.

При системном анализе результативности того или иного применяемого метода локализации и ликвидации нефтяного разлива при каждой из случившихся аварий целесообразно определить эффективный комплекс последовательных мероприятий, который

позволит в кратчайшие сроки ликвидировать аварийный разлив нефти и свести к минимуму неблагоприятные последствия для экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вылкован А.И., Венцюлис Л.С., Зайцев В.М., Филатов В.Д. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти: научно-практическое пособие. СПб.: Центр-Техинформ, 2000.
2. Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика. Мат. II Всерос. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 17–18 нояб. 2016 г.). Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2016. 686 с.
3. РД 31.4.01-99. Средства ликвидации разливов нефти в море. Классификация.

Поступила 01.02.2021

УДК 622.692

И.С. Корепанов

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДЕ

Объектом исследования является изучение методов сбора разлившихся нефти и нефтепродуктов. Предметом исследования стал разлив нефти и нефтепродуктов на воде. В ходе работы был выполнен обзор и анализ методов сбора разлившихся нефти и нефтепродуктов. Задачей работы являлось провести сравнительный анализ имеющихся на данный момент технологий и методов сбора разлившихся нефти и нефтепродуктов, выявить преимущества и недостатки каждого из методов. На основании выполненной работы сделан вывод.

Введение

Разливы нефти представляют собой очень опасное явление, поскольку это затрагивает морскую экосистему, и существование морских форм жизни подвергается неоправданной угрозе. Поскольку разведка нефти в морях и океанах стала обязательной, а разливы нефти в конечном итоге происходят случайно и неожиданно, в результате чего становится важным использовать различные методы очистки разливов нефти [1].

Нефть является одним из самых распространенных загрязнителей в океанах. Ежегодно океаны загрязняются примерно 3 млн метрических тонн нефти. Разливы нефти различаются по своей тяжести и степени наносимого ими ущерба. Это можно объяснить различиями в типе нефти, месте разлива и существующих погодных условиях. Распространение и поведение разлитой нефти в морях определяется различными химическими, физическими и биологическими процессами [2].

Но независимо от этого разливы нефти вызывают серьезную озабоченность, поскольку они могут нанести большой ущерб экосистеме. Эти последствия ощущаются не только в районе разлива, но и могут распространяться на обширные регионы, оказывая негативное воздействие на береговые линии и наземную живую природу в тысячах километров от места разлива [2].

Способы ликвидации разливов нефти в море

Существуют различные методики, которые могут быть использованы для ликвидации нефтяных разливов. В связи с угрозой загрязнения окружающей среды в мировой практике нефтедобычи разработаны методы ликвидации аварийного разлива нефти (ЛАРН):

1. Использование боновых заграждений – это очень простой и популярный метод борьбы с разливами нефти. Оборудование, называемое сдерживающими бонами, действует как ограждение, чтобы предотвратить дальнейшее распространение нефти. Боны плавают на поверхности воды и состоят из трех частей:

- «надводный борт» – это часть, которая поднимается над поверхностью воды, содержащая нефть и предотвращающая ее разбрызгивание сверху;
- «юбка» помещается ниже поверхности и удерживает нефть от сжатия под бонами и выхода наружу;
- своего рода «кабель» или «цепь», соединяет части для укрепления и стабилизации бон.

Соединенные секции бон размещаются вокруг зоны разлива нефти до тех пор, пока она не будет полностью окружена и сдержана.

Плюсы метода:

- этот метод эффективен только тогда, когда нефть находится в одном месте;
- он эффективен в течение нескольких часов после разлива нефти, в противном случае площадь разлива становится слишком большой для управления.

Минус метода:

- он не может быть успешно использован при бурных морских волнах, высоких скоростях ветра или при приливах.

2. Использование скиммеров. После того как нефть была ограничена с помощью нефтяных бон, скиммеры или масляные совки могут быть развернуты на лодках для удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности воды. Скиммеры – это машины, специально предназначенные для всасывания нефти с поверхности воды, как обычный пылесос. Они используются для физического отделения нефти от воды, чтобы ее можно было собирать и перерабатывать для повторного использования.

Плюс метода:

- скиммеры могут быть использованы для эффективного извлечения большей части разлитой нефти, поэтому они экономически жизнеспособны.

Минус метода:

- наличие мусора представляет собой серьезное препятствие для скиммеров, так как скиммеры могут легко засоряться.

3. Использование сорбентов. Сорбенты – это материалы, которые впитывают жидкости либо абсорбцией (втягивая через поры), либо адсорбцией (образуя слой на поверхности). Оба эти свойства значительно облегчают процесс очистки. Материалы, обычно используемые в качестве нефтяных сорбентов, – сено, торфяной мох, солома или вермикулит.

Плюс метода:

- нефть может быть восстановлена, это предотвращает потери и дальнейшее загрязнение окружающей среды.

Минус метода:

- после абсорбции сорбентные материалы должны быть полностью извлечены. Это трудная задача и если ее проигнорировать, то может быть еще хуже;
- сорбенты после абсорбции становятся тяжелее (от 3-х до 15-и раз) и в результате могут утонуть, что затрудняет их извлечение, а также представляет опасность для водных организмов на морском дне;
- сорбенты наиболее эффективны при небольших разливах или для ликвидации оставшихся следов более крупного разлива.

4. Горение на месте. В этом методе нефть, плавающая на поверхности, воспламеняется, чтобы сжечь ее. Такое сжигание нефти на месте может эффективно устранить до 98% разлива нефти, что больше, чем большинство других методов.

Плюс метода:

- эффективен (устраняет до 98% разлива нефти).

Минусы метода:

- токсичные пары, выделяющиеся при горении, могут нанести значительный ущерб окружающей среде, а также морской флоре и фауне;
- процедура работает на разливах, которые являются относительно свежими, прежде чем нефть растечется на большую площадь и уменьшится в толщине.

5. Использование диспергаторов. Когда разлитая нефть не может быть удержана с помощью бон, возможно ускорить распад нефти. Диспергирующие агенты, такие как Corexit 9500, представляют собой химические вещества, которые распыляются на разлив с помощью самолетов и лодок, что способствует естественному разрушению компонентов нефти.

Они позволяют нефти химически связываться с водой, увеличивая площадь поверхности каждой молекулы. Это гарантирует, что пятно не будет перемещаться по поверхности воды и легче разлагается микробами.

Плюс метода:

- этот способ можно эффективно использовать для разливов на больших площадях.

Минусы метода:

- использование диспергаторов может привести к образованию смоляных шариков: нефть соединяется с водой и смешивается с песком и мусором, присутствующими в ней. Это приводит к образованию больших смоляных шаров, плавающих на поверхности воды, которые часто прибывают к берегам;

- токсичность диспергаторов может влиять на морские организмы, особенно на немобильные, такие как кораллы и водоросли.

6. Горячая вода и мойка под высоким давлением. Эта процедура в основном используется в ситуациях, когда нефть невозможно ликвидировать механическими методами с помощью бон и скиммеров. Он используется для вытеснения разлившейся нефти из мест, которые обычно недоступны для машин.

Водонагреватели используются для нагрева воды примерно до 170°C, которая затем распыляется вручную с помощью моек высокого давления или форсунок. Таким образом, нефть смывается на поверхность воды, которая может быть собрана с помощью скиммеров или сорбентов.

Плюс метода:

- используется для вытеснения разлившейся нефти из мест, которые обычно недоступны для машин.

Минусы метода:

- выделенная нефть должна быть немедленно и надлежащим образом собрана, чтобы предотвратить дальнейшее загрязнение;

- организмы, попадающие в зону прямого распыления, имеют высокую вероятность погибнуть от горячей воды.

7. Использование ручного труда. Как следует из названия, этот метод требует ручных инструментов и ручного труда для очистки загрязняющих веществ. Она включает в себя использование ручных средств (руки, грабли, лопаты и т. д.), чтобы очистить поверхность от нефти и маслянистого мусора. Поместите их в специальные контейнеры для удаления мусора с береговой линии.

Иногда для оказания какой-либо дополнительной помощи и выхода в любые труднодоступные районы может использоваться механизированное оборудование.

Плюс метода:

- этот процесс является более экономически выгодным, так как для его осуществления могут быть наняты неквалифицированные рабочие с минимальной подготовкой.

Минусы метода:

- этот метод применим только для очистки на береговых линиях;

- использование тяжелой техники может нанести ущерб береговым линиям, поэтому их следует по возможности избегать.

8. Биологическая очистка. Биоремедиация относится к использованию специфических микроорганизмов для удаления любых токсичных или вредных веществ. Существуют различные классы бактерий, грибов, архей и водорослей, которые разлагают нефтепродукты путем метаболизма и расщепления их на более простые и нетоксичные молекулы (в основном жирные кислоты и углекислый газ). Иногда в эту зону могут быть добавлены реагенты и удобрения. Эти удобрения на основе фосфора и азота обеспечивают достаточное количество питательных веществ для микробов, чтобы они могли быстро расти и размножаться.

Этот процесс обычно не используется, когда разлив произошел в глубоководных морях, и постепенно вводится в действие, как только нефть начинает приближаться к береговой линии.

Минусы метода:

- эта процедура занимает много времени (даже годы), поэтому при необходимости принятия срочных мер можно использовать более быстрые решения, такие как боны, скиммеры или сорбенты;

- удобрения имеют столь же высокий шанс помочь росту нежелательных водорослей, которые потребляют большую часть доступного кислорода и отрезают солнечный свет от перехода на более глубокие уровни воды. Это может негативно сказаться на морских обитателях и оказаться контрпродуктивным.

9. Химическая стабилизация масла эластомерами. Сразу же после разлива нефти непосредственная забота заключается в том, чтобы предотвратить распространение нефти и загрязнение прилегающих территорий. Хотя механические методы, такие как нефтяные боны, эффективно сдерживают нефть, они имеют определенные ограничения в своем использовании.

Совсем недавно эксперты использовали такое соединение как эластол, который в основном представляет собой полиизобутилен (ПИБ) в белом порошкообразном виде, чтобы ограничить разливы нефти. Соединение желатинизирует нефть на поверхности воды и таким образом удерживает ее от растекания по водной глади. Желатин легко извлекается, и это делает процесс очень эффективным.

Плюс метода:

- это метод быстрого действия, с типичным временем реакции 15–40 минут.

Минус метода:

- хотя ПИБ не токсичен и обычно содержится в пищевых продуктах, желатин может представлять опасность запутывания или ухудшения здоровья водных обитателей.

10. Естественное восстановление. Самый простой способ борьбы с разливом нефти заключается в самой природе (солнце, ветер, погода, приливы и отливы) или естественных микробах. Он используется, когда береговая линия слишком удалена или недоступна, или воздействие на окружающую среду от очистки разлива потенциально невыгодно.

Благодаря постоянству этих элементов масло обычно испаряется или распадается на более простые компоненты.

Плюс метода:

- это один из самых экономичных методов.

Минус метода:

- это очень трудоемкий и ненадежный процесс, поэтому он нуждается в постоянном и тщательном контроле. Его не следует путать с «сидеть и ничего не делать» [3].

Хочется также отметить, что главной задачей в настоящее время является разработка «скелета» модели и вычислительной структуры для ликвидации аварийного разлива нефти, позволяющих включить других существенных методов (пока не обнаруженных или не формализованных), которые можно применять на более поздних стадиях. Помимо этого, специалисты обязаны следить за научными разработками в области ЛАРН, как в отечественной практике, так и в мировой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стоит ли России спешить с освоением шельфа. URL: <http://glasru.ru/stoit-li-rossii-speshit-s-osvoeniem-arkticheskogo-shelfa/>.
2. Морская экосистема. Нарушение экологического равновесия. URL: <http://rosgiproles.ru/?p=7851>.
3. Аварийные разливы нефти: средства локализации и методы ликвидации. URL: http://www.secuteck.ru/articles2/prom_sec/avariynie_razlivi (дата обращения: 24.05.2015).

Поступила 01.02.2021

УДК 66.02

А.А. Гилева, И.В. Крепышева

ФРУКТОЗА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

В данной статье проанализирован путь усваивания фруктозы и ее влияние на организм человека. На основании этой информации приведены возможные последствия чрезмерного употребления взятого моносахарида.

Долгое время считалось, что сахароза и, особенно, составная ее часть – глюкоза, являются, чуть ли, не самыми главными врагами человеческого организма. Возникновение многих недомоганий и болезней, вызванных чем угодно, могли списать на негативное воздействие именно глюкозы.

Людам свойственно искать проблемы во всем, а найдя «виновника», придумать себе вместо него «полезную» альтернативу. В вопросе пользы или вреда сахара, врагу – глюкозе – нашли замену в виде фруктозы, являющейся вторым компонентом состава сахарозы.

Во второй половине XX века специалисты предлагали заменять глюкозу фруктозой людям больным метаболическим синдромом и сахарным диабетом 2-го типа, так как фруктоза не оказывает влияния на секрецию инсулина, нарушение которого характерно для диабета. В этом и заключается парадокс. Не влияя на секрецию инсулина, почти не изменяя показатели содержания глюкозы в крови, фруктоза намного сильнее связана с рисками возникновения диабета и ожирения. Если раньше проводили связь, что диабет преимущественно является недугом у людей, страдающих ожирением, то с началом возрастания потребления фруктозы как более полезного аналога, эта болезнь все чаще стала развиваться у людей, им не страдающих.

Фруктоза более выгодна с экономической точки зрения. Она в большом количестве входит в состав кукурузного сиропа, который распространился тогда же во второй половине XX века. Кукуруза выращивалась в огромных количествах, что делало ее довольно дешевым сырьем. Фруктоза в 1,5 раза слаще, чем сахароза в целом, что также делает ее более выгодным аналогом подсластителя. Из-за экономической выгоды производители усиленно пытаются продвигать свою продукцию как более полезную. Благо, людям, которые не особо осведомлены о влиянии фруктозы на организм человека с научной точки зрения, легко внушить любой красивый и обнадеживающий заголовок о «полезном» фруктовом сахаре.

Фруктоза, как и глюкоза, хорошо всасывается в печень, но дальнейшее превращение ее в пируват (пировиноградную кислоту) происходит разными путями.

Если усваивание глюкозы – это хорошо контролируемый процесс, то процесс усваивания фруктозы – его противоположность.

Ферменты гексокиназа (глюкокиназа) и фосфофруктокиназа переносят фосфорную группу с молекулы АТФ на молекулу глюкозы. Данные ферменты и являются причиной контролируемости процесса: их активность полностью зависит от концентрации конечного

продукта – пирувата. То есть, когда концентрация достигает определенных пределов, процесс работы ферментов прекращается. Пируват образуется без излишков, а концентрация АТФ остается постоянной.

Иначе, чем у глюкозы, работает фермент, усваивающий фруктозу. Фруктокиназа или кетогексокиназа, обозначаемая латинскими буквами *КНК*, работает по схожему механизму, присоединяя фосфатную группу от молекулы АТФ к молекуле фруктозы. Однако этот процесс идет неконтролируемо. Фруктокиназа, не обращая внимания на концентрацию конечного продукта, продолжает работать, пока весь полученный запас фруктозы не иссякнет. Кроме того, образуется мочевая кислота как побочный продукт процесса усваивания. Она образуется за счет распада АМФ – продукта расщепления избыточного количества АТФ [4].

Почему же важно, чтобы конечный продукт – пируват – не превышал определенной концентрации на выходе?

Из получившегося в организме человека пирувата после употребления фруктозы образуется соединение ацетил-КоА, которое участвует в образовании жирных кислот. Соединяясь с глицерином, жирные кислоты образуют триглицериды. Их избыток вызывает нарушения в работе эндотелия, отделяющего стенки артерий от крови, из-за чего менее плотным частицам липидов проще в него проникнуть. Окисляясь в эндотелии, они вызывают риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Функция клеток жировой ткани (адипоцитов) состоит как раз в том, чтобы хранить в себе образовавшиеся жиры, но от избытка жирных кислот адипоциты переполняются настолько, что начинают усиливать секрецию своих гормонов – адипокинов. Гормоны жировой ткани различают нескольких видов с различными функциями. На основании этих функций избыток жирных кислот может приводить, в том числе, к повышенному кровяному давлению, нарушению работы почек, увеличению количества сосудов и др. Адипонектин – единственный гормон, синтез которого уменьшается в увеличенных жировых клетках, что также приводит к отрицательному эффекту. Его задача регулировать концентрацию глюкозы в крови и расщеплять жирные кислоты. Следовательно, чем меньше адипонектина, тем выше уровень глюкозы в крови. В совокупности все вышеописанные признаки повышают риски развития диабета 2-го типа.

От избытка жирных кислот адипоциты могут не только увеличиваться, но и полностью отмирать. Тогда липиды начинают откладываться в висцеральной жировой ткани, то есть вокруг органов. Клетки таких органов не в состоянии распознавать сигналы инсулина и принимать глюкозу. Клетки начинают голодать.

Нельзя забывать и о побочном продукте метаболизма фруктозы – мочевой кислоте. Она влияет на свертываемость крови, артериальное давление, метаболизм липидов, восприимчивость к инсулину, может быть причиной возникновения острых воспалений, заболеваний микрососудов почек. Мочевая кислота, как и триглицериды, вызывает дисфункцию эндотелия, увеличивая образование в нем активных форм кислорода. Это приводит к подавлению синтеза оксида азота, влияющего на расширение сосудов, приводя, таким образом, к гипертензии – повышенному артериальному давлению. Также из-за суженных от нехватки оксида азота капилляров мышц затрудняется доступ инсулина, а следовательно, и глюкозы в клетки.

Опасность фруктозы также заключается в том, что она не вызывает чувства насыщения, потому что никак не влияет на контролируемые это участки головного мозга. Также фруктоза не влияет на регулирование «гормона голода» – грелина [3]. То есть, мозг считает калории, полученные из, например, сладких газированных напитков или соков неполноценными. Такую же особенность можно отметить и у глюкозы. Так, на основании исследования, в ходе которого молодым здоровым людям давали сначала сладкие глюкозные или фруктозные напитки, а затем узнавали, что они предпочтут – денежную сумму через месяц или высококалорийную еду сразу – большинство выбрали еду [1].

Необходимо помнить, что все выводы сделаны на основании исследований, проводящихся в искусственно созданных условиях, в которых возможна исключительно фруктозная диета. Также стоит отметить, что чаще всего такие исследования проводят на грызунах, организм которых все же не является идеальной моделью организма человека.

Соблюдение меры будет, пожалуй, самым правильным решением касемо данного вопроса. Хотя это и выбор каждого, но без правильного и грамотного подхода не стоит насильно исключать фруктозу, как и сахар в целом, полностью из своего рациона. Это может привести к другим, не менее серьезным последствиям, как, например, к ограничительным расстройствам пищевого поведения. Исключением могут являться индивидуальные особенности и непереносимости организма.

Употребляя фруктозу вместе с фруктами и другими растительными продуктами, как это и было задумано природой, едва ли можно ощутить на себе все те негативные последствия, о которых говорилось ранее, так как содержащаяся в них клетчатка замедляет и усложняет бесконтрольную ферментацию фруктозы. Однако все же при условии, что фрукты не являются основной или единственной частью рациона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Luo S., Monterosso J.R., Sarpelleh K., Page K.A. Differential effects of fructose versus glucose on brain and appetitive responses to food cues and decisions for food rewards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2015; 112(20): 6509–6514. DOI:10.1073/pnas.1503358112.

2. Stanhope K.L., Schwarz J., Havel P.J. Adverse metabolic effects of dietary fructose: Results from recent epidemiological, clinical, and mechanistic studies. *Current Opinion in Lipidology*. 2003; 24(3): 198-206. DOI: 10.1097/MOL.0b013e3283613bca.

3. Teff K.L., Elliott S., Tschöp M., Kieffer T., Rader D., Heiman M., Townsend R., Keim N., D'Alessio D., Havel P. Dietary fructose reduces circulating insulin and leptin, attenuates postprandial suppression of ghrelin, and increases triglycerides in women. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2003; 89(6):63-72. DOI: 10.1210/jc.2003-031855.

4. Резник Н. Фруктоза – враг человека? // *Химия и жизнь*. 2016. №3. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433206/Fruktoza_vrag_cheloveka.

Поступила 02.02.2021

УДК 66.02

К.А. Леонтьев, И.В. Крепышева

НЕФТЕШЛАМЫ – СЫРЬЕ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

В статье рассмотрены состав нефтешламов, механизм их образования, а также способы переработки и утилизации. Рассмотрены перспективные методы переработки на примере России.

Нефтяная промышленность является лидером по загрязнению окружающей среды в России. Ежегодно в природу выбрасываются миллионы тонн отходов производства. Одним из самых многочисленных отходов является нефтяной шлам (нефтешлам). Эти отходы, преимущественно, имеют 4-й класс опасности, но количество таких шламов негативно влияет на природу, нанося до 50% вреда окружающей среде, обусловленного нефтедобычей.

Нефтешламы – это сложная и опасная для окружающей среды смесь, которая состоит из нефтепродуктов, механических примесей (глина, песок, окиси металлов) и воды. Причем соотношение составляющих элементов может быть самым различным. В зависимости от состава встречаются в твердом и жидком видах. Такая смесь токсична, отравляет все живые

организмы (в том числе и растения). Нефтяные шламы относятся к классам опасности 2,3,4 в зависимости от их состава. Поэтому, во избежание экологической катастрофы, необходимо правильно переработать или утилизировать такую смесь.

Нефтяные шламы образуются при переработке, транспортировке и добыче нефти. Они подлежат обработке, однако большая часть подвергается захоронению. По своему составу и механизму образования нефтешламы делят на 5 видов [1]:

- 1) образующиеся на дне водоемов после разлива нефти;
- 2) отходы, получаемые при бурении нефтяных скважин;
- 3) полученные в процессе очистки нефти;
- 4) образующиеся при хранении или транспортировке нефти;
- 5) грунтовые, которые являются продуктами соединения нефти и грунта.

Образуются, в основном, в случае аварии.

Интересно, что углеводородный состав таких смесей непостоянен. Он может меняться в процессе хранения за счет реакций конденсации, полимеризации, изомеризации [2].

Рассмотрим способы переработки нефтешламов [3]:

- обработка реагентами и разделение на составляющие;
- ультразвуковое воздействие;
- прогон через центрифугу с целью получения товарной нефти;
- биологическая переработка;
- сжигание в печах;
- обезвоживание.

Помимо переработки нефтешламы могут быть утилизированы методом инкапсуляции или захоронением на специальных полигонах.

Таблица

Переработка нефтешламов в зависимости от их состава

Состав	Способ обработки	Применение продуктов обработки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Любые нефтешламы	Обезвоживание, сушка	Переработка полученных твердых продуктов в целевые
	Смешивание с растительными остатками и дальнейшее брикетирование	Получение дешевых топливных брикетов, которые сжигаются в печах для твердого топлива
	Добавление негашеной извести с дальнейшей сушкой	Используются как подсыпка при нивелировке поверхности в строительстве, так как выщелачиваемость такой массы крайне мала
	Сжигание	Используется как топливо
Нефтеотходы, образующиеся при зачистке резервуаров	Без обработки	Получение компонентов органоминеральной смеси для улучшения поверхностей технологических дорожек и площадок
Нефтеотходы, имеющие в своей составе гидрофобные углеводороды	Без обработки	Получение водоотталкивающих покрытий

1	2	3
Нефтешламы с высокой долей тяжелых углеводородов	Химическая переработка	Получение битумов
Нефтеотходы с большим содержанием летучих, легко выгорающих компонентов	Без обработки	Используются как выгорающие компоненты сырьевой смеси при получении керамического кирпича
Нефтеотходы, содержащие большое количество воды	Обезвоживание на установках гетерофазного деления	Получение технической воды

Используя данные таблицы, можно увидеть разнообразие применений нефтеотходов. Несомненно, переработка нефтеотходов может привести к снижению себестоимости многих товаров.

На данный момент в России ведется работа над поиском новых методов переработки и применения нефтешламов. Только в Татарстане к концу 70-х годов прошлого столетия накопилось около 1 млн. тонн этой смеси. Такой объем нефтешламов не может не вредить природе. Поэтому в настоящее время уже запущена установка по их переработке. На данной установке из 600 тыс. тонн нефтешламов получили 250 тыс. тонн нефти экспортного качества. Оставшиеся отходы состоят из технической воды и твердого шлама. Твердый шлам после переработки используют в качестве дорожного покрытия.

Наибольший интерес для переработки составляют жидкие отходы. Они содержат в своем составе до 90% нефти. Переработка таких отходов может не только очистить природу, но и принести прибыль предприятию. Поэтому запускаются установки, предназначенные для переработки нефтешлама в районах нефтедобычи. С помощью этой установки из жидких отходов получают нефть товарного качества, сточную воду, которую возвращают в производство. Производительность таких установок составляет около 10 тонн/час. Полученные нефтепродукты по качеству соответствуют мазуту и в этом качестве реализуются. Так же в России практикуется метод биологической очистки нефтешламов.

Однако не все нефтешламы целесообразно перерабатывать. Их переработка затруднена некоторыми факторами, такими как:

- финансовый убыток в процессе переработки;
- состав нефтешламов не постоянен, в связи с чем трудно определить метод переработки данной смеси;
- многие нефтешламы содержат малую долю продуктов, которые можно реализовать в дальнейшем;
- потребность в строительстве новых установок.

Поэтому часть отходов нефтедобычи, особенно в Западной Сибири, подвергается захоронению. Такие отходы засыпают грунтом. Однако через год после первой засыпки, нефтешламы вытесняют грунт. По истечении данного срока нефтешламы подвергаются засыпке песком вторично. В настоящее время компания «Роснефть» испытывает новый метод захоронения нефтешламов путем закачки в пласт, который находится на огромной глубине под землей. Преимуществом данного метода перед традиционным захоронением является отсутствие контакта с окружающей средой и, как следствие, меньший вред окружающей среде. Поэтому такой метод захоронения в настоящее время является одним из самых перспективных.

Подводя итоги, стоит сказать, что нефтешламы не являются бесполезным продуктом. Поиск способов переработки таких отходов является одной из глобальных проблем, которые

должно решить человечество в целом. Переработка нефтешламов не только приведет к снижению себестоимости продуктов переработки, но и замедлит процесс загрязнения природы. А получение топлива из нефтешламов поможет сохранить природные ресурсы, например, уголь, однако не стоит забывать, что переработка отходов нефтедобычи не всегда экономически целесообразна, что замедляет данный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. 2001. 56 с.
2. Соколов Леонид. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов. 2017. С. 137.
3. Ветошкин А.Г. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности: Учеб. пособие. В 2-х частях. Ч.2. Переработка и утилизация промышленных отходов, 2019. С 61–62, 174–175.

Поступила 02.02.2021

УДК 66.02

М.А. Наумова, И.В. Крепышева **ХИМИЯ В ЧАЙНОЙ ЧАШКЕ**

В данной статье рассмотрены виды чая и технология их производства, возможные методы анализа качества готового продукта, химический состав чайного листа, а также влияние содержащихся веществ на человека.

Кофе уделяется много внимания, но мало кто говорит о чае. Появлению чая мир обязан Китаю, ведь впервые употреблять чай как лекарство и напиток стали именно в Поднебесной в V веке н.э. [1]. Чайный лист произрастает на кусте *Camelliasinensis* (рис. 1).



Рис. 1. Чайный куст Camelliasinensis

Существует несколько видов чаев, основанных на способе обработки чайного листа. Они отличаются, главным образом, по вкусу, цвету и аромату. Эти параметры зависят от длительности окисления, то есть ферментации свежесобранных листьев. Виды чаев, а также длительность и процент окисления представлены в таблице.

Виды и характеристики чая

Вид	Длительность окисления	Процент окисления
Зеленый чай	Не более 2 дней	3–12 %
Белый чай		12–17 %
Желтый чай	Около 3 дней	3–12 %
Улун	От 2 до 4 недель	50%
Пуэр	От 2 до 40 лет	До 100 %

Как видно из таблицы, меньше всего подвергается ферментации зеленый чай. Белый чай хоть и имеет практически одинаковый срок ферментации, но проходит немного иную обработку. Желтый чай имеет ту же степень окисления, что и зеленый, но перед ферментацией обязательно «томится». К слову, раньше данный вид чая производился только для императора и его окружения, а технология производства держалась в строжайшем секрете. Улун, также известный как Черный дракон, – всем нам знакомый черный чай, однако на родине, в Китае, он считается красным. Черным чаем китайцы называют пуэр, в окислении которого принимают участие плесневелые грибки *Aspergillus acidus*.

Так как же ферментируются чайные листья? Стоит отметить, что между сортами чая разница лишь в том, насколько сильно лист подвергается окислению. В технологии окисления не используются никакие посторонние реагенты, единственные участники процесса здесь – химические вещества листа и кислород воздуха.

Процесс запускается в момент срывания листа с куста или дерева. При получении зеленого, белого и желтого чая листьям не дают сильно окислиться, процесс останавливают нагреванием. Для улун и пуэра листья должны сначала пожухнуть, затем их раскатывают для большего контакта химических веществ с воздухом. Пуэр после этого выдерживают во влажной камере со строго контролируемыми условиями. Процесс так же останавливается нагреванием.

Чай – настоящий клад химических соединений. Такое богатство привлекает внимание химиков и биологов, которые и по сей день изучают влияние напитка на человеческий организм. Содержание различных веществ в чайном листе представлено на рис. 2. Помимо приведенных в схеме, в состав чайного сырья входят еще около 700 летучих органических соединений, также влияющих на вкусовые качества готового продукта.

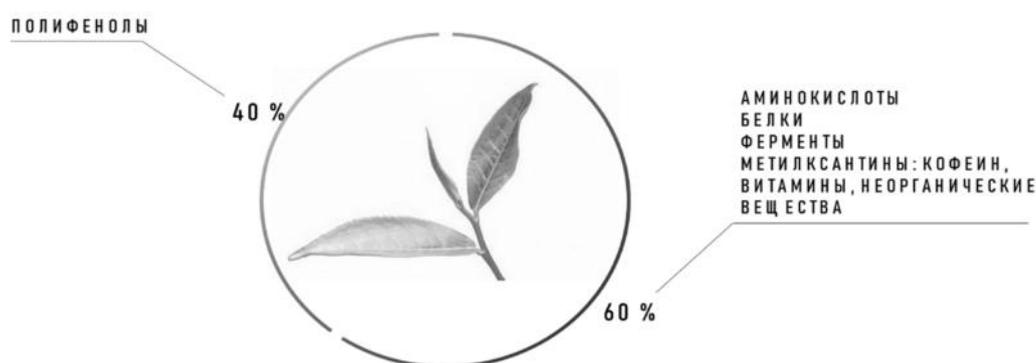


Рис. 2. Состав чайного листа

Как видно из схемы, в напитке содержится большое количество полифенолов, а если быть точнее, то полифенолов растительного происхождения – танинов. Большая часть танинов – это конденсированные **танины-флавоноиды**, не разрушающиеся в воде. Они придают напитку аромат, терпкость, цвет, а также обладают антиоксидантными свойствами. В июльских и августовских побегах число танинов значительно больше, чем в майских или сентябрьских. Количество дубильных веществ зависит от возраста листа: чем он старше, тем чай будет обладать более терпким вкусом.

Из флавонолов при обработке чайных листьев образуется два класса веществ фенольной природы – **теафлавины** и **теарубигины** (рис. 3, 4).

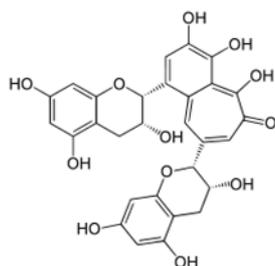


Рис. 3. Теафлавин

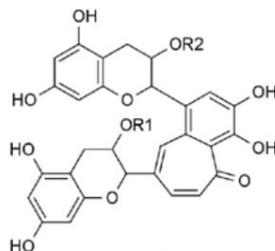


Рис. 4. Теарубигин

К флавоноидам также можно отнести **антоцианины**. В зависимости от среды они способны менять окраску: в кислой среде они дают бледную окраску, которая темнеет по мере увеличения щелочности среды. Этим свойством объясняется осветление свежезаваренного чая при добавлении лимона.

Возвращаясь к технологии производства чая, процесс ферментации с химической точки зрения – это окисление полифенолов в теафлавины и теарубигины под действием кислорода воздуха в присутствии ферментов – оксидаз. Как уже упоминалось, окисление начинается сразу после сбора листа и усиливается при их увядании или завяливании. Остановить этот процесс можно нагреванием листьев, дезактивируя оксидазы [2].

Современные методы аналитической химии позволяют разными способами анализировать качество чая. Вид чая позволяет установить спектрофотометрический метод. По данным проведенных экспериментов, основная полоса поглощения черного чая лежит в области ближнего ультрафиолета и сине-зеленой части видимого спектра. Зеленый чай здесь имеет некоторое отличие: помимо ультрафиолетового, как в случае с черным чаем, его вторая полоса поглощения располагается в синей части спектра [3].

Для оценки содержания полифенолов может быть использован хемилюминесцентный метод. Исследования показывают, что при добавлении разных видов чая в карбонатный буферный раствор наблюдается хемилюминесценция (ХЛ), интенсивность которой зависит от вида чая. Это обусловлено окислением фенольных соединений до хинонов, а зависит данный процесс от способа ферментации чайного листа. Наиболее сильная ХЛ свойственна желтому чаю из-за наибольшего содержания полифенолов, на втором месте по интенсивности располагается зеленый чай, а далее расположились красный и черный чай [4].

То, что чай обладает антиоксидантными и бодрящими свойствами, – общеизвестный факт. В чашке крепкого чая содержится больше кофеина, чем в чашке слабого кофе. Кофеин составляет 1–6 % от сухой массы чайного листа. Он связывается с рецепторами вещества, в норме вызывающего сон, подавляя его функцию. Помимо кофеина имеется еще два стимулирующих вещества, придающих напитку горьковатый привкус – это теобромин и теофиллин.

До 1 % сухой массы листа составляет аминокислота теанин, оказывающая на психику действие прямо противоположное кофеину. Совместное присутствие теанина и кофеина, баланс стимулирующего и расслабляющего воздействия, делает чай уникальным напитком.

Но интересен напиток не только этим. Другие компоненты чая – катехины, теарубирины, теафлавины и полисахариды – оказывают противовоспалительное действие, препятствуют развитию болезни Альцгеймера и Паркинсона, корректируют давление, увеличивают эластичность сосудов и препятствуют появлению опухолей. По результатам медицинских исследований, у людей, в течение шести и более лет регулярно употребляющих чай (при расходе заварки 10 грамм на человека), реже наблюдается истончение артерий [5].

Таким образом, чай по технологии производства является наиболее чистым продуктом; одной лишь длительностью окисления чайного листа можно получить разнообразие видов чая. Это настоящий клад химически активных веществ, способных влиять сразу в противоположных направлениях. Их идеальный баланс и делает чай таким особенным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чай // Википедия: свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Чай> (дата обращения: 05.09.2020).
2. Курамшин А.И. Чайные церемонии химиков // Химия и жизнь XXI век. 2017. №2. С. 44–47.
3. Оборотова Л.А., Кондакова А.О. Сравнительный спектральный анализ разных видов чая (зеленого, черного и иван-чая). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32655286>.
4. Каниболоцкая Л.В., Лебедева О.С., Шендрик А.Н. Хемилюминесценция в реакциях окисления водных экстрактов чая кислородом в водно-щелочной среде. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9428662>.
5. Море Э.Э. Влияние зеленого чая на здоровье человека. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32655286>.

Поступила 02.02.2021

УДК 66.02

В.А. Русинов, И.В. Крепышева

ВЛИЯНИЕ АЛКОГОЛЕСОДЕРЖАЩИХ НАПИТКОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

В данной статье рассмотрена и проанализирована реакция человеческого организма на этиловый спирт – главную составляющую любого алкогольного напитка, описаны изменения психоэмоционального и физического состояния человека после употребления алкоголя.

Так уж сложилось, что большинство людей на протяжении столетий, а то и тысячелетий ассоциируют любой праздник с распитием того или иного вида горячительных напитков. Сторонники здорового образа жизни могут с этим не согласиться, однако на самом деле учеными ООН установлено, что каждый четвертый житель нашей планеты употребляет или употреблял алкоголь. Всего в мире выпивают около 2 млрд. человек, 63% от этого числа составляют мужчины. Мало кто задумывается, почему так происходит, как человеческий организм реагирует на горячительные напитки, почему человек пьянеет? Давайте это выясним.

«Похититель рассудка» – так именуют алкоголь с давних времен. Об опьяняющих свойствах спиртных напитков люди узнали не менее чем за 8000 лет до н.э. – с появлением керамической посуды, давшей возможность изготовления алкогольных напитков из меда, плодовых соков и дикорастущего винограда. Алкогольные напитки в древности получали из пальмового сока, ячменя, пшеницы, риса, проса, маиса. В древней Индии приготавливали

напиток «сома», который пили жрецы во время ритуальных церемоний, жертвоприношений, он считался напитком бессмертия. В древней Греции виноградное вино считалось даром богов. Уже тогда было замечено, что неумеренное употребление любых опьяняющих напитков опасно. Поэтому греки, как правило, пили виноградное вино, разбавленное водой, так оно лучше утоляло жажду, и человек не пьянел [1].

Каждый горячительный напиток содержит в себе этиловый спирт, имеющий химическую формулу – C_2H_5OH . Именно этот компонент оказывает первоочередное влияние на человека, он вызывает чувство эйфории и расслабленности, а также еще некоторые сопутствующие проявления. Под его действием поведение, мышление и общее состояние мужчин и женщин начинает меняться. Давайте проанализируем реакцию человеческого организма на выпитую рюмку водки, кружку пива или бокал вина.

Первоначально при попадании алкоголя в организм этанол разносится по токам крови, смешиваясь с водой, так как известно, что этиловый спирт хорошо растворим в воде и липидах. В первую очередь «мишенью» этанола являются эритроциты – главные «поставщики» кислорода в ткани организма и в один из центральных органов нашей нервной системы – головной мозг. Этиловый спирт пагубно влияет на эритроциты, разрушая их внешнюю защитную оболочку, также под его воздействием между эритроцитами теряется специальный заряд, отталкивающий их друг от друга. В результате этого наши красные кровяные тельца склеиваются в сгустки и не дают кровотоку нормально функционировать, вследствие чего мозг получает меньше кислорода, и его клетки начинают страдать от кислородного голодания. Человек при этом воспринимает реальность по-другому, перестает думать трезво. В кровь выбрасывается гормон удовольствия – дофамин. Для расщепления и дальнейшей очистки организма от этанола в печени вырабатываются особые ферменты – алкогольдегидрогеназа и ацетальдегиддегидрогеназа, первый из которых катализирует в будущем окисление этанола до ацетальдегида – CH_3COH , а второй, в свою очередь, будет являться катализатором для превращения образовавшегося ацетальдегида в уксусную кислоту – CH_3COOH . Однако, прежде чем ацетальдегид будет преобразован в безвредную для организма уксусную кислоту он попадает в мозг, где соединяется с дофамином, образуя вещество сходное по своему действию с морфином – наркотическим веществом, отвечающим за то самое чувство эйфории. Именно таким образом происходит опьянение.

Дальнейшее увеличение дозы алкоголя будет приводить к еще большему образованию сгустков крови, вследствие этого мозг будет получать еще меньше кислорода. Более того, весь организм начнет испытывать кислородное голодание, называемое – гипоксией, что приводит к неприятным последствиям:

- ухудшается общее самочувствие;
- появляется головная боль;
- мыслительная деятельность человека значительно падает;
- речь становится невнятной и несвязной;
- отмечаются нарушения внимания и памяти;
- человек не может нормально ориентироваться в пространстве, иначе говоря, его координация нарушается;
- возникает головокружение;
- нарушается сон, некоторые ошибочно полагают, что после выпитого спиртного человек как раз не испытывает проблем со сном, однако это вовсе не так, ведь в таком состоянии организм не может отдохнуть должным образом и именно поэтому утром человек может чувствовать себя разбитым, лишенным сил и подавленным морально и физически.

Без сомнений алкоголь влияет на все процессы, происходящие в нашем теле. Огромные изменения он оказывает на гормональную систему. Алкоголь увеличивает выработку такого гормона как кортизол. Кортизол – это катаболический гормон, который разрушает белки, способствует накоплению жира, а также повышает уровень глюкозы в крови. Так же употребление даже малых доз алкоголя снижает на 20% синтез белка. Синтез

белка представляет собой создание новых элементов для любого волокна или органа в нашем теле [2].

Спиртные напитки по-разному влияют на организм отдельно взятого человека, так происходит ввиду особенностей каждого организма, кто-то пьянеет быстрее, кто-то медленнее, а есть и те, кто вовсе могут не пьянеть долгое время даже при употреблении значительного количества алкоголя. Как известно, организм при попадании в него алкоголя выделяет один из особых ферментов – ацетальдегиддегидрогеназу для переработки ацетальдегида, подавляющее его количество находится в печени, меньшее его количество находится в скелете и сердечной мускулатуре. Данный фермент образуется во время отмирания клеток печени. Интересный факт – кровь человека, ведущего здоровый образ жизни, не содержит данное вещество, поэтому у такого человека возникает алкогольная непереносимость.

В зависимости от активности вышеупомянутого фермента организм человека пьянеет быстро или медленно. Активность ацетальдегиддегидрогеназы зависит от нескольких факторов:

- возрастные особенности, чем старше человек, тем проблематичнее происходит удаление продуктов разложения этилового спирта из организма;
- половые особенности, женщины и мужчины пьянеют по-разному: как правило, женщины быстрее подвергаются влиянию горячительных напитков;
- вес, люди, имеющие лишний вес медленнее подвергаются действию этилового спирта;
- генетические особенности и наследственность.

Например, жители Крайнего Севера практически не имеют ацетальдегиддегидрогеназы, и поэтому алкогольное опьянение у них наступает очень быстро. Если провести сравнение с представителями южных стран, то можно понять, почему так происходит. Южане употребляют виноград и вино намного чаще, чем это делают северные жители, поэтому их организм быстрее реагирует на попавший в организм алкоголь и имеют больше фермента, который расщепляет спирт на безопасные компоненты. Однако, это не отменяет того факта, что при частом употреблении спиртного интенсивность ацетальдегиддегидрогеназы снижается, и этанол распадается медленнее, вследствие чего опьянение наступает быстрее.

Разумеется, употребление алкоголя в больших количествах не приведет ни к чему положительному для здоровья организма и психологического здоровья человека. На фоне частого его употребления у человека возникает алкоголизм.

Термин «алкоголизм» (от лат. *alcoholismus*) обозначает заболевание, характеризующее определенной совокупностью патологических (болезненных) изменений, которые проявляются в организме при воздействии длительного, неумеренного употребления алкоголя. Термин «алкоголизация» означает прием спиртных напитков независимо от количества и распространенности. Бытовое употребление алкоголя влечет за собой алкогольное опьянение, определяющееся как острая алкогольная интоксикация (отравление) [3].

Алкоголизм – это самая распространенная разновидность токсикомании – болезненного пристрастия к веществам, официально не относящимся к наркотическим. Также алкоголизм характеризуется психической и физической зависимостью от приема спиртных напитков, на фоне которых наблюдается деградация личности и поражение внутренних органов. Психологическая зависимость развивается на фоне влияния этанола на нервную систему человека. Появляется чувство эйфории, расслабленности, исчезает тревожность, человек становится более коммуникабельным и уверенным в себе. Ввиду такого воздействия на организм и ЦНС появляется стремление в использовании алкоголя в качестве легкодоступного антидепрессанта. Этот способ подавления стрессового состояния действительно работает, однако это лишь временно снимает напряжение, и человеку рано или поздно придется снова прибегнуть к употреблению алкоголя, но уже в большей дозе.

Потребность в алкоголе начнет прогрессировать, и изменения в организме, такие как провалы памяти и незаметное для самого человека увеличение дозы спиртного, начнут сочетаться не только с психологической, но и физической зависимостью, со временем это приведет к пагубным последствиям для организма. Алкоголизм – это заболевание, тесно связанное с социальными взаимодействиями. У многих людей первоначальное употребление горячительных напитков связано с семейными, национальными или корпоративными традициями. В обществе, где большинство людей употребляют алкоголь, очень трудно оставаться трезвенником. Алкоголизм у социально благополучных людей может быть обусловлен повышенным стрессом и ответственностью на работе. Однако независимо от того, какой фактор является первопричиной употребления алкоголя в больших количествах, последствия этого будут одинаковы – сформируется алкоголизм со стремительно развивающейся деградацией личности.

Развитие у человека опьянения – это нормальная реакция организма на попавший в него с алкоголем этанол. Главное в этой ситуации, чтобы это состояние не создавало угрозы здоровью и жизни как самого человека, так и тех, кто находится в его окружении, так как поведение пьяного человека резко отличается от его «трезвого» поведения, и его действия могут оказаться непредсказуемыми. Поэтому важно ограничивать себя в употреблении алкоголя, сводя его к «умеренному» количеству.

Следует сделать вывод, что абсолютно безвредной дозы алкоголя не существует, так как этиловый спирт в любом количестве – это яд для человеческого организма. Понятие «умеренного потребления» – это лишь условная доза алкоголя, которая наносит минимальный ущерб здоровью человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчинников П.Ю. Вредное влияние алкоголя на организм человека. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26509282>.
2. Гайдук Д.В., Халев И.А. Влияние алкоголя на физическую работоспособность. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30000981>.
3. Непочатова Е.С., Пономарева Е.А. Алкоголь, его влияние на организм. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32351615>.

Поступила 02.02.2021

УДК 66.02

Э.К. Сидорович, И.В. Крепышева **ИСКУССТВЕННАЯ КРОВЬ**

В статье рассмотрена проблема нехватки донорской крови для людей; представлены возможные вариации источников кровезаменителя, их достоинства, недостатки и применение.

Вначале стоит задуматься, с чего бы людям так углубляться в науку и интересоваться получением собственной искусственной крови?

Каждый человек имеет потребности и у каждого они индивидуальные. Казалось бы, человечество на сегодняшний день уже способно себя обеспечить всем тем, что нужно для нормальной жизнедеятельности, но человек жаден, ему хочется все больше и больше. Поэтому он начинает придумывать что-то новое для разнообразия или для упрощения жизни. Каждый раз убеждаешься, что это еще не финиш человеческих идей, разработок и изобретений. И на этот раз целью для обеспечения человеческой жизни оказалась кровь. Количество крови в организме человека составляет 7–8%, в среднем 5 литров на человека.

Кровь или, как ее еще называют, «жидкая ткань», выполняет одну из важнейших функций – переносить кислород, насыщая клетки организма [1].

Случай из жизни человечества. История с пациентом, который попал в аварию и нуждался в переливании крови, но вместо крови медики использовали гемоглобин-ассоциативные переносчики кислорода (гемопюр) из-за отказа переливания донорской крови по причине религиозных взглядов. В итоге состояние человека нормализовалось, и его выписали из больницы через пару недель.

Спрос на кровь: для себя или же других? Мы знаем, «спрос рождает предложение».

Достоинства искусственной крови заключаются в следующем: [2]

- практична – совместима со всеми группами крови;
- гемопюр хранится более 3-х лет при комнатной температуре, в то время как эритроциты донорской крови сохраняются при температуре –65 градусов;
- намного легче ввести в организм, также практична и в полевых условиях для военных;
- дает сигнал не задумываться, что эта кровь заражена какой-либо инфекцией;
- увеличивает время хранения донорских органов, предназначенных для трансплантации.

В Европе и США еще нет одобрения к медицинскому применению гемоглобин-ассоциативных переносчиков кислорода, так как они увеличивают риск сердечного приступа и преждевременной смерти, поэтому используются в особых случаях.

Компания, которая разработала гемопюр, HbO2 Therapeutics, утверждала, что препарат прошел клинические проверки, но, не имея одобрения у властей медицинской организации здравоохранения, спас жизни более 2000 человек.

Главной задумкой препарата гемопюр, по задумке медиков, было неполное замещение донорской крови, чтобы хоть как-то ослабить проблему нехватки крови. Предполагалось, что искусственная кровь будет выполнять функции донорской крови, при этом будет универсальной, то есть подходить пациентам с любой группой крови. А значит, больные с самой редкой группой и резус-фактором смогут без проблем получить переливание в любое время и в любом количестве.

Можно сказать, что донорской крови «много, но мало», то есть смысл этой фразы в том, что людей на Земле 7,8 млрд, но очереди для сдачи донорской крови не выстраиваются, хотя, казалось бы, в этом нет ничего сложного, более того, за сдачу крови людям платят деньги. Также одной из причин нехватки донорской крови является срок ее хранения, который по некоторым меркам кажется небольшим, всего 42 дня. Но при хранении в течение 10 суток эритроцитарной массы возможность крови к переносу кислорода значительно уменьшается из-за протекающих в ней химических процессов.

Поэтому люди разработали различные методы переливания крови (табл.).

Таблица

Методы переливания крови [3]

Клеточные элементы (клетки крови)	Препараты крови, получаемые из плазмы
Эритроцитарная масса	Комплексного действия (цельная плазма, бета-глобулины и альбумин)
Тромбоцитарная масса	Гемостатического действия (криопреципитат, тромбин и антигемофильный протеин)
Лейкоцитарная масса	Иммунологически активные (большинство происходят из гамма-глобулинов)

Исследования кровезаменителей проводят десятками лет, и за это время набралось много достойных претендентов, которые можно поделить на 2 группы:

перфторуглеродные – на основе эмульсии перфторуглеродов;

гемоглобиновые – на основе производных дыхательных пигментов (гемоглобинов человека, животных, внеклеточных дыхательных пигментов некоторых беспозвоночных).

Перфторуглеродные (фторуглероды)

Этой группе принадлежат все углеводороды, в которых все атомы водорода H замещены на атом фтора F. Используют для получения кровезаменителя высшие и особенно полициклические фторуглеродные. Из фторуглеродных создавали тонкодисперсные эмульсии с помощью ПАВ для получения пригодных кровезаменителей. Перфторуглеродные эмульсии в силу своей химической инертности можно считать относительно безопасными, но лишь для введения в небольших количествах в кровь.

Перфторуглероды при введении в организм:

- повышают газообмен и метаболизм в тканях;
- транспортируют огромное количество кислорода;
- улучшают кровоток и периферическую микроциркуляцию;
- возобновляют центральную гемодинамику;
- обладают отчетливым кардиопротекторным действием, сорбционными и диуретическими свойствами;
- повышают активность дофаминергической и серотонинергической антистрессорных систем, тем самым нормализуя общее периферическое сосудистое сопротивление.

Отдача кислорода клеткам у препаратов выше по сравнению с гемоглобином из-за маленького размера частиц эмульсии, а эритроциты в 100 раз больше, из-за этого контактирующая поверхность перфторуглеродной эмульсии, если сравнивать с эритроцитарной массой того же объема, намного выше.

Количество кислорода O₂, растворенного в объеме перфторуглеродного раствора, имеет линейную зависимость от его концентрации в легочных альвеолах, в то время как у эритроцитарной массы – это криволинейная (S-образная) зависимость в случае с гемоглобином. У гемоглобина – это эволюционное приспособление: четвертичная структура позволяет регулировать присоединение и высвобождение кислорода. Тем самым данные препараты имеют большое количество преимуществ, чтобы занять свое место среди одобренных кровезаменителей.

Условно историю создания перфторуглеродных кровезаменителей можно разделить на 3 поколения.

Представители первого поколения «Флюозол» и «Перфторан». Флюозол получили в Японии в 1979 году. Он представляет собой смесь перфтордекалина и перфтортрипропиоамина с использованием смеси плуроника F-68(ПАВ).

Флюозол признали эффективным и относительно безопасным и одобрили к медицинскому применению. В 1989 году он уже был в продаже. Флюозол был способен только на то, чтоб улучшить транспортировку кислорода, но его возможностей не хватало, чтоб стать полноценным газопереносчиком. Также к минусам можно отнести угнетение лейкоцитов и активацию системы комплимента, когда препарат хранили в виде трех отдельных составляющих, которые перед применением необходимо было разморозить, смешивать и оксигенировать, что является очень долгим и непрагматичным процессом. То, что его одобрил FDA – достаточно хорошее достижение для препарата, но все же его спектр применения был сужен до применения только при внутрисосудистой коронарной ангиопластике (хирургическая операция для расширения сосудов сердца).

В России также велись исследования и разработки по созданию кровезаменителей на основе перфторуглеродных эмульсий с 1970-х годов. В 1985 году появилась разработка института теоретической и экспериментальной биофизики – Перфторан. Главным разработчиком этого препарата был Ф. Белоярцев. Перфторан – первый отечественный газотранспортный кровезаменитель. Он сделан путем смешивания перфтордекалина («голубая кровь») и перфторметилциклогексилпиперидина, вся эта смесь стабилизирована проксанолом и доведена до состояния эмульсии. В феврале 1996 года эмульсия Перфторан

была выпущена уже другой компанией, зарегистрирована в РФ и разрешена для медицинского применения и промышленного выпуска. Оказалось, что Перфторан – это 10%-ный раствор эмульсии, поэтому его кислородная емкость примерно в 3 раза меньше, чем у цельной крови, поэтому он не способен был заменить кровь, как и предыдущий препарат «Флюозол». Перфторуглеродные кровезаменители первого поколения оказались не идеальны, они имеют малую стабильность, трудности в подготовке к клиническому применению и достаточно приличный список побочных эффектов. Но такими «пороками» грешат все газотранспортные кровезаменители.

Ко второму поколению перфторуглеродных кровезаменителей относится препарат Охугент, который разработали в начале 2000-х годов. Это эмульсия перфтороктилбромида (C₈F₁₇Br) или, проще, перфлуброн (прекрасно подходит в качестве препарата для магнитно-резонансной томографии МРТ).

Плюсы этого препарата в том, что он устойчив в обычных условиях, ему не страшны стерилизация и замораживание. Препарат Охугент имеет самую высокую растворимость, также очень хорошо выводится из организма. Но в 2007 году он не прошел третью стадию клинических испытаний: результаты показали высокий рост количества инсультов.

Препараты третьего поколения люди пока еще не разработали. Существуют только прототипы, в лучшем случае находящиеся на стадии доклинических исследований. По последним научным публикациям, большое внимание завоевывают перфторуглероды, которые не токсичны по отношению к клеткам человека и в экспериментах по консервации органов животных, но делать выводы об их полезности человечеству пока еще рано.

Гемоглобиновые

Английский биохимик Макс Фердинанд Перуц получил в 1962 году Нобелевскую премию за огромный вклад в исследование гемоглобина. Гемоглобин – это сложный внутриклеточный железосодержащий белок, содержащий гем – пигментную группу, включающую атом двухвалентного железа Fe²⁺, которая способна обратимо связываться с кислородом, обеспечивая его перенос в ткани.

Гемоглобин – тетрамер, который состоит из 4-х субъединиц – 4-х полипептидных цепей: α1, α2, β1, β2. Все субъединицы соединены друг с другом водородными связями по принципу изоэлектрического тетраэдра. Всего на тетрамер приходится 4 гема, по одному на каждую субъединицу (рис.) [1].

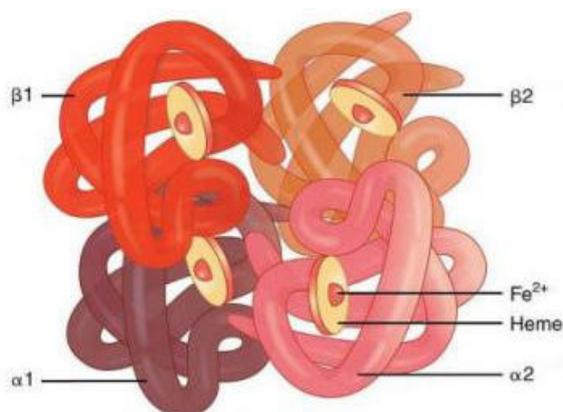


Рис. Структура молекулы гемоглобина

Эритроциты с гемоглобином, нагруженным кислородом из легких, транспортируются по кровотоку к клеткам органов и тканей, где кислород высвобождается, а при возвращении обратно он связывает в тканях небольшое количество углекислого газа и освобождает его в легких. Одним из параметров, отвечающих за качество гемоглобина, является его уровень сродства. Высокое сродство – когда гемоглобин охотно присоединяет и не отдает организму кислород, что для кровезаменителя не очень хорошо.

Кровь коров

Большинство гемоглобин-ассоциативных переносчиков кислорода содержат гемоглобин природного происхождения, чаще всего из крови коров. Вообще «гемопюр» – это раствор полимеризованного бычьего гемоглобина. Получают его из крови коровы, выделяют эритроциты, затем их разрушают и получают свободный гемоглобин. Дальше гемоглобин очищают и проводят его полимеризацию. Кстати, гемоглобин животных куда лучше, чем человеческий, из-за того, что у него ниже сродство к кислороду. Один из главных плюсов коровьего гемоглобина в том, что его предостаточно для людей и из-за этого он дешевле.

Беспозвоночные

Еще один вид гемоглобин-ассоциативных переносчиков – *Nematina*. Пескожила – многощетинковые черви, содержащие в крови дыхательный пигмент, переносящий кислород. Их дыхательный пигмент M101 – типичный внеклеточный гемоглобин, плавающий в крови в виде свободных молекул. Гемоглобин пескожила обладает большой способностью связывать кислород, сродство его в 4 раза меньше, чем у цельной крови человека. Кривая связывания кислорода имеет линейный характер (в этом похож на перфторуглероды). Кроме того, этот пигмент способен отчасти предотвращать появление потенциально опасных активных форм кислорода и свободных радикалов. Его применяют только для транспортировки донорских органов.

Ферма для крови

Еще один способ получить альтернативу донорской крови – «разведение» эритроцитов, т.е. выращивание красных кровяных клеток человека из стволовых клеток крови. Проект ферм для крови принадлежит Бристольскому университету, который финансируется Национальными институтами здравоохранения США. Цель их исследований – будет ли время жизни выращенных эритроцитов в кровотоке отличаться от обычных донорских эритроцитов. Об этом мы сможем узнать только в будущем.

Свободный гемоглобин

В начале прошлого века ученые выяснили, что гемоглобин способен сохранять свою структуру и функции вне эритроцита. В 1916 году в Бостоне устроили первые переливания свободного гемоглобина. Свободный гемоглобин имеет гораздо большее сродство к кислороду, чем эритроцитарный, тем самым следует, что его способность присоединять кислород и отдавать его нарушена. Также люди заметили огромное количество различных побочных эффектов, самые серьезные – повышенное давление и сильное замедление пульса. Свободный гемоглобин способен легко присоединять оксид азота (II), который в небольших количествах необходим для регулировки работы сердечно-сосудистой и нервной системы, но при больших концентрациях NO может вызывать сужение просвета сосудов, неконтролируемые сокращения гладкой мускулатуры. Именно этим объясняется его кардио- и нефротоксичность. Другие пороки свободного гемоглобина – малый период действия препарата и олигурия.

Чтобы избавиться от перечисленных проблем, ученые придумали полимеризовать свободный гемоглобин, тем самым увеличивая его радиус и количество переносимого им кислорода. Очень важно, что у такого гемоглобина снижается сродство с кислородом, что приближает его к параметрам цельной крови. При полимеризации свободного гемоглобина у него появляются полезные свойства, такие как, устойчивость к окислению при хранении, способность повышать выделение эритроцитов, стимулировать кроветворение, увеличивается время их пребывания в сосудистом русле.

Ни одна из перечисленных групп препаратов не совершенна, хоть и на данный момент почти все побочные эффекты решены с помощью полимеризации молекул. К сожалению, это не решает две важные проблемы. Первая проблема – активные формы кислорода O₂, они являются высокотоксичными для человека, поэтому провоцируют спазмы сосудов, препятствуя транспортировке кислорода к тканям. Антиоксиданты организма человека имеют возможность обезвреживать эти токсичные формы кислорода, но в конкретных

пределах. Вторая проблема – высвобождение углекислого газа CO₂. В организме человека для ускорения этого процесса существует фермент карбоангидраза, который выступает в роли катализатора, повышающего скорость реакции гидратации углекислого газа, но в искусственных и биосинтетических внеклеточных субстратах такого не предусмотрено.

Ученые углублялись все дальше, пробовали все новые и новые вариации кровезаменителей, но каждый новый вариант приносил с собой большое количество новых побочных эффектов, которые негативно влияли на организм человека. Создание полифункционального полигемоглобинферментного комплекса, имеющего в составе вещества, предотвращающие любые побочные эффекты, могло бы решить проблемы нехватки донорской крови. Патент на этот препарат получен, но дальнейшие исследования прекратились из-за нехватки денег. [3]

С каждым годом население нашей планеты увеличивается, следовательно, и объемы крови, необходимые для лечения людей также увеличиваются. Поэтому в наше время люди стараются использовать любые кровезаменители: как гемоглобиновые, так и перфторуглеродные. Врачи при этом учитывают заболевания людей и делают вывод, какой конкретно применять кровезаменитель.

Несмотря на многочисленные усилия, человечеству пока не удалось получить того самого полноценного кровезаменителя с газотранспортной функцией, который отвечал бы всем требованиям и имел минимальный список побочных эффектов. Остается только надеяться, что ученые смогут достигнуть этой цели и получить тот самый кровезаменитель, который человечество бы могло создавать в неограниченных объемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гемоглобин // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 12.11.2020).
2. Курамшин А.И. Ненастоящая кровь // Химия и жизнь – XXI век. 2018. №5. С. 20–23.
3. Пульвер А. Вместо крови // Химия и жизнь – XXI век. 2017. №8. С. 26–32.

Поступила 02.02.2021

УДК 66.02

А.В. Таратухина, И.В. Крепышева

ЦАРСТВО МОРФЕЯ: КАК СОН ВЛИЯЕТ НА НАШЕ ЗДОРОВЬЕ

В статье проанализировано значение сна для организма человека, представлены особенности гормонов, отвечающих за бодрствование и засыпание, а также рассмотрены болезни человека, вызванные нехваткой сна в современном мире.

Двадцать первый век считается веком информационных технологий, сегодня они задействованы во всех сферах жизни человека. Несмотря на это, люди стали меньше спать, ухудшилось качество сна, потому что перед сном многие просматривают социальные сети, телевизионные программы, работают за компьютером. Все это, не дает организму полноценно настроиться на сон.

Сон является сложным биологическим процессом, который помогает обрабатывать новую информацию, оставаться здоровым и чувствовать себя отдохнувшим. Так же для хорошего сна нам необходим гормон мелатонин.

Мелатонин является нейрогормоном, который образуется в шишковидной железе в ночное время, а затем выпускается в кровоток. При его получении в организме человека

происходит цепочка превращений, представленная на рисунке 1. Он синтезируется из аминокислоты триптофана, которая переходит в серотонин, который, в свою очередь, под воздействием N-ацетилтрансферазы превращается в мелатонин.

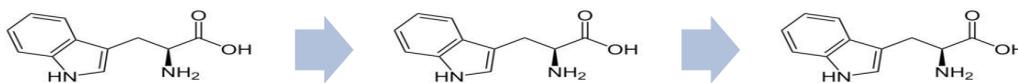


Рис. 1. Структурная цепочка превращения мелатонина

Мелатонин есть у большинства позвоночных животных, в том числе и у человека. Он помогает регулировать циркадный ритм и синхронизировать с солнечным циклом день и ночь. Мелатонин дает послы организму о том, что ночное время наступает, и таким образом человек расслабляется и засыпает легче. Этот гормон вырабатывается также и в сетчатке глаза, тромбоцитах, коже, клетках костного мозга и др. [3]

Мелатонин не только помогает регулировать циркадный ритм, но связывается с рецепторами в организме и помогает расслабиться. Так, мелатонин связывается с рецепторами в головном мозге, чтобы помочь уменьшить нервную активность, помогает регулировать температуру тела, кровяное давление, деятельность эндокринной системы, замедляет процесс старения и обладает антиоксидантными свойствами, участвует в регуляции функций пищеварительного тракта и работы клеток головного мозга. Уровень мелатонина начинает расти в теле, когда темно, так он сигнализирует телу, что пришло время сна. Таким образом, свет подавляет выработку мелатонина, при этом снижается активность кортизола, который производится, когда человек бодрствует.

Кортизол – это гормон, который производится корой надпочечников. Из холестерина образуется прогестерон, который, в свою очередь, подвергается окислению 17-гидроксилазой по 17 атому углерода. После этого вступают в реакцию еще два фермента 21-гидроксилаза и 11-гидроксилаза, в итоге, получается кортизол. Основные элементы цепочки: холестерин, прогестерон и кортизол. Структурная цепочка превращений приведена ниже на рисунке 2. Кортизол является внутренним «будильником» и помогает просыпаться по утрам, он максимально вырабатывается в утренние часы, и его уровень спадает к 9 часам вечера, с возрастом его уровень не уменьшается. Случай, когда уровень кортизола повышается в организме несколько раз и не связан с патологией – это беременность. Также он может увеличиваться при стрессе, сильной физической, умственной нагрузках, и это приводит к появлению чувства усталости, слабости в мышцах [4].

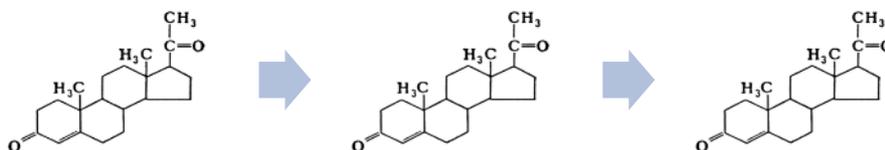


Рис. 2. Структурная цепочка превращения кортизола

Существует много различных факторов, которые понижают выработку мелатонина в ночное время: стресс, курение, воздействие большого количества света в ночное время, смена работы или графика, дефицит естественного света в течение дня и т.д. [2] Ниже приведена таблица с установленными нормами сна для человека.

Нормы сна для человека

Возраст человека	Нормированное количество часов сна (ч)
Новорожденные (0–1 год)	16–18
Дети дошкольного возраста (2–6 лет)	11–12
Дети школьного возраста (6–13 лет)	Не менее 10
Подростки (14–17 лет)	9–10
Взрослые (18 и старше)	7–8

Если будет дефицит сна, то могут развиваться различные болезни: бессонница, апноэ сна, парасомнии, синдром беспокойных ног, нарколепсия. Что это за болезни?

Бессонница относится к неспособности заснуть или спать. Это может быть вызвано стрессом, беспокойством, гормонами, проблемами с пищеварением, биоритмом. Она вызывает депрессии, трудности с концентрацией внимания, раздражительность, изменение веса.

Апноэ сна характеризуется паузами в дыхании во время сна. Это серьезное заболевание, из-за которого организм получает меньше кислорода, апноэ может также привести к пробуждению в ночное время.

Синдромом беспокойных ног является подавляющая необходимость двигать ногами. Это побуждение иногда сопровождается покалыванием в ногах. Синдром может возникнуть и в дневное время, однако наиболее распространено в ночное время.

Нарколепсию можно охарактеризовать как «нападающий сон», который происходит во время вашего бодрствования. Это значит, что вы вдруг чувствуете себя очень усталым и можете заснуть без предупреждения. Расстройство может также вызвать паралич сна, из-за которого человек не в состоянии двигаться сразу после пробуждения. Нарколепсия может возникнуть самостоятельно, но также связана с определенными неврологическими расстройствами, такими как рассеянный склероз.

Парасомнии являются классом расстройств сна, которые вызывают ненормальные движения и поведение во время сна. К ним относятся следующие нарушения: лунатизм, разговоры во сне, стоны, кошмары, скрежетание зубами [1].

Общие симптомы расстройства сна включают в себя трудности с засыпанием, дневную усталость, сильное желание вздремнуть в течение дня, изменение веса, депрессию, отсутствие концентрации, снижение производительности, раздражительность, беспокойство, непреднамеренные изменения в графике сна и бодрствования, непривычные модели дыхания.

Одним из способов корректировки циркадного ритма и улучшения сна является применение препаратов мелатонина, который выпускается в таблетках. В Российской Федерации доступен как лекарственный препарат под такими названиями – мелаксен, мелалур, соннован, мелатонин и т.д. Но перед приемом лекарств нужно проконсультироваться с врачом, так как есть побочные эффекты.

Подводя итог, можно сказать, что не нужно недооценивать силу сна и считать, что он является второстепенным, наоборот, он является неотъемлемой частью нормального и здорового функционирования организма, сон помогает человеку восполнять жизненные силы. Все вышесказанное дает понимание того как важен сон, и какие последствия могут возникнуть, если человек не будет получать «здоровую дозу» сна, который помогает нам перевести дух в современном мире, полном стрессовых ситуаций, работы, учебы и спешки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузунов Р.В. Диагностика и лечение нарушений сна в практике терапевта: учеб. пособие. М.: 2009 г.
2. Царева Е.В. Нарушения сна у жителей мегаполиса. URL: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-12-48-53>.

3. Грибакин С.Г., Давыдовская А.А. Триптофан, серотонин, мелатонин: нутрициология сна. URL: elibrary_22857086_31598794.pdf.

4. Родионова Е. Эндокринология. Большая медицинская энциклопедия. М.: Изд-во «Эксмо», 2014. 576 с.

Поступила 02.02.2021

УДК 66.02

М.Ю. Ячменева, И.В. Крепышева

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СЕКРЕТЫ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В данной статье описаны виды косметических средств, приведены примеры полезных и вредных веществ, используемых для их производства.

Огромную роль в нашей жизни играют косметические средства. Благодаря им мы можем следить за своей внешностью, придавать ей красивый и ухоженный вид. Эти средства также являются частью ежедневной заботы о лице и теле.

Все косметические средства можно разделить на три вида:

1. Гигиеническая косметика – средства защиты, очищения, увлажнения, придания мягкости и дезинфекции.

2. Лечебная косметика. Преимущественно этот вид косметики применяется в косметологии для устранения каких-либо видимых дефектов на нашем теле. Ее нельзя использовать без консультации со специалистом.

3. Декоративная косметика. Она является распространенным атрибутом многих представительниц прекрасного пола. Используя данный вид косметики, мы можем изменить свой внешний вид, подчеркнув достоинства и замаскировав имеющиеся недостатки [4].

Несмотря на борьбу за производство натуральных продуктов, в создании косметических средств используются искусственные вещества. И далеко не все эти вещества безвредны. Но нельзя утверждать то, что натуральные вещества безопаснее синтетических, так как у любого человека может быть аллергия на тот или иной компонент. Следовательно, необходимо тщательно подойти к выбору того или иного средства. К тому же не всегда производитель честен с нами и указывает весь состав продукта, поэтому стоит проявлять внимательность и осторожность.

Рассмотрим состав косметических средств. Ежедневно мы пользуемся различными средствами. Но далеко не всегда они оказывают ту пользу, которая указана на упаковке или сказано в рекламе. Происходит это в связи с тем, что в составе содержатся тяжелые химические соединения. Такими веществами являются:

1. Лаурилсульфат (LS) – самый дешевый компонент, который остается после переработки нефти. Производители используют его в косметических средствах для образования пены. Пользоваться косметикой, имеющей в составе такое вещество, не рекомендуется из-за того, что лаурилсульфат накапливается в клетках кожи и разрушает ее защитный барьер, а также вызывает раздражение.

2. Парабены – химические вещества, обладающие антибактериальными и противогрибковыми свойствами, поэтому они используются производителями как надежный консервант. Их также применяют для производства ароматизаторов. Из-за легкого проникновения парабенов в кожу эксперты считают, что существует возможность возникновения гормональных нарушений. Некоторые исследования показывают, что метилпарабен вызывает преждевременное старение кожи и способствует повреждению ДНК.

3. Сульфаты – компоненты, имеющие моющие и очищающие свойства. Эти вещества распространены в ежедневных средствах по уходу за кожей. В основном от этих соединений и их производных может появиться аллергическая реакция. Они не приносят большого вреда здоровью, так как эти средства наносят на короткое время, после чего смывают. Однако об использовании кремов для лица и тонкой кожи век стоит задуматься, ведь их наносят ежедневно и пользуются длительное время [1].

4. Этанолламины (DEA) – синтетические производные аммиака. Их добавляют в вещества с пенящейся и кремовой консистенцией. Могут вызвать раздражение кожи или слизистых. В больших количествах способны стать причиной изменения кожных покровов и проблемы с щитовидной железой. При взаимодействии с некоторыми компонентами косметики этаноламины могут выделять нитрозамины – вредные химические вещества.

5. Триэтаноламин (TEA), содержащийся в составе шампуней, гелей для душа и мыла, является распространенной причиной образования аллергических реакций.

6. Глицерин. Не следует применять продукцию, содержащую этот компонент, при низкой влажности. Он вытянет влагу с нижних клеток кожи, вследствие чего они потеряют свою эластичность.

7. Силоксаны (силиконы) чаще всего используются в декоративной косметике в различных средствах для смягчения, сглаживания и увлажнения. Некоторые косметологи утверждают, что силиконы опасны для здоровья кожи. Это соединение закупоривает поры и не дает коже дышать и приводит к преждевременному старению. Ученые также проводят исследования на предмет того, что некоторые силиконы могут не только влиять на репродуктивную, иммунную и нервную системы, но и нарушать гормональный фон.

8. Фталаты – компоненты, используемые для придания продуктам эластичности и увеличения их способности удерживать цвет и запах. Они проникают в организм через кожу и являются возможной причиной эндокринных нарушений. Большинство косметических средств имеют приятный запах, следовательно, в них имеются такие вещества. Чтобы скрыть их наличие, многие производители маскируют их под словом «ароматы». В эту категорию не относят косметические средства, содержащие эфирные масла, т.к. они обладают лечебным действием, которое создано природой [4].

9. Пропиленгликоль (PEG). В косметике он используется в качестве увлажнителя, проводника запахов и других ингредиентов. Это соединение необходимо для придания продукции кремовой консистенции. Его используют как загуститель, растворитель, смягчитель и вещество, удерживающее влагу. Косметические препараты могут содержать в себе этиленоксид и диоксан. Оба вещества являются крайне вредными для нервной системы. При частом использовании может способствовать замедлению роста и делению клеток, т.к. очень тяжело выводится из организма. Может вызвать раздражение на тонкой коже. Кроме того, пропиленгликоль увеличивает проницаемость кожи не только для полезных, но и для вредных веществ.

10. Тальк. Задерживает влагу и препятствует окислению материалов. В основном он используется в различных порошковых средствах в качестве наполнителя. Это вещество закупоривает поры, не давая коже дышать, что приводит к воспалениям и размножению бактерий. Так как тальк впитывает воду, кожа после его применения часто страдает от обезвоживания. Частицы талька надолго остаются в организме и способны оседать на внутренних органах. Представляет собой опасность при вдыхании – оседая в легких, он провоцирует рост фиброзных тканей.

11. Формальдегид. В косметике это вещество используют в качестве консерванта, особенно при производстве увлажняющих продуктов и средств для волос. Он используется в создании концентратов косметических средств. Он может выделяться из косметических веществ и всасываться через кожу. В небольших дозах некоторые соединения формальдегида могут вызвать раздражение кожи и глаз.

12. Синтетические отдушки или ароматизаторы – сложная смесь искусственных компонентов нужная для придания приятного аромата косметическому средству. Иногда

производители пользуются ими, чтобы подавить его основной химический запах, который сам по себе не очень приятен. В составе некоторых продуктов они могут значиться как «ароматизатор», но если нет пометки «натуральный», будьте уверены, что это просто смесь химикатов. Отдушки – это всегда микс веществ. Не все они достаточно изучены, поэтому есть большая вероятность возникновения аллергии, приступов астмы или мигрени [1].

Но не только пагубное воздействие оказывают химические соединения. Существует также ряд веществ, которые помогают улучшить внешний вид человека без побочных эффектов:

1. Бикарбонат натрия. Под таким сложным научным термином кроется всем известная пищевая сода. Она оказывает смягчающий и отшелушивающий эффект на кожный покров. При этом мягко воздействует на кожу, не оставляя микротрещин [6].

2. Пергидроль. Проще говоря, это перекись водорода сильной концентрации. Она обладает сильным обесцвечивающим и противомикробным действием. Может использоваться для получения блонда без краски.

3. Танин – идеальный компонент косметического средства, который предназначен для борьбы с повышенным потоотделением и ухода за проблемной кожей [2]. Суживает поры, уменьшает выделение кожного жира и помогает избавиться от перхоти. Это соединение способствует образованию защитного слоя кожи [3].

4. Цетацеум – питательное и смягчающее вещество. Делает кожу более плотной и эластичной. Характеризуется легким впитыванием в кожу. Также его часто применяют в парфюмерной промышленности.

5. Салол – противомикробное вещество, имеющее тонкий приятный запах. Он защищает кожу от ультрафиолетовых лучей. Оказывает отбеливающее воздействие [3, 5].

В заключение следует сказать о том, что не нужно слишком концентрировать свое внимание на составе продукта. Большинство продукции содержит вредные для организма компоненты, но не стоит забывать и о полезных веществах. Ведь в каждом товаре можно найти как положительные, так и отрицательные стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вредные компоненты в косметике: 8 ингредиентов, которых стоит избегать. 2018. URL: <https://www.glamour.ru/health/vrednye-komponenty-v-kosmetike-8-ingredientov-kotoryh-stoit-izbegat> (дата обращения: 21.09.2020).
2. Косметология. Вещества растительного происхождения в косметике. 2019. URL: https://www.krasotka.biz/Veschestva_rastitelnogo_proishojdeniya_v_kosmetike/ (дата обращения: 12.12.2020).
3. Состав косметических средств. Из чего состоит косметика. 2012. URL: <https://lady.webnice.ru/beauty/?act=article&v=2> (дата обращения: 10.12.2020).
4. Химия в косметике – ЭЛЕМЕНТарные секреты косметологии. 2015. URL: <https://www.sciencedebate2008.com/khimiya-v-kosmetike/> (дата обращения: 01.12.2020).
5. Химия в косметологии. 2020. URL: http://neochemistry.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=832 (дата обращения: 23.10.2020).
6. Sodiumb carbonate. 2018. URL: <http://apico.life/blog-ru/sodium-bicarbonate/> (дата обращения: 13.12.2020).

Поступила 02.02.2021

У.А. Красовская, И.В. Крепышева

ВСПЕНЕННЫЕ ПЛАСТМАССЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Изучены виды пенопластов. Описаны химические, физические и механические свойства пеноматериалов. Выявлен наиболее выгодный вид пеноэпоксидов.

Эпоксидными соединениями называют широкий класс веществ, содержащих в своей цепи эпоксидную группу, или α -окисный цикл [8]. За счет высокой реакционной способности они легко вступают в реакции присоединения с фенолами, спиртами, аминами, кислотами и другими, благодаря этому класс эпоксидных соединений достаточно широк. В промышленности большее значение имеют продукты взаимодействия различных диолов и полифенолов с эпихлоргидрином.

Сырьем для получения эпоксидных полимеров служат 4,4'-дигидроксибензилпропан и эпихлоргидрин. Их взаимодействие приводит к образованию эпоксидных олигомеров. На первой стадии образуются сами эпоксидные смолы, на второй стадии происходит их отверждение.

Эпоксидные смолы (ЭС) обладают исключительными свойствами, из-за чего область их применения очень велика. Главная особенность ЭС – способность отверждаться как на холоде, так и при нагревании, также они обладают высокими механическими свойствами и небольшой усадкой при отверждении. В качестве электроизоляционных и герметизирующих материалов используются в радиоэлектронике, приборостроении, электротехнике. Клеевые швы из ЭС характеризуются высокой механической прочностью, устойчивы к действию воды, кислот, щелочей, неполярных растворителей. ЭС являются идеальными акцепторами хлористого водорода и используются в качестве стабилизатора при переработке поливинилхлорида, являются основной составляющей цемента. ЭС с кварцевым песком используют для шпатлевания полов, облицовки резервуаров. При добавлении битума получают материал для изготовления полов, настилов на бетонном или дорожном покрытии. Благодаря теплостойкости некоторых смол их используют для литья изделий из термопластичных материалов. Также из некоторых ЭС, таких как ЭД-6, ЭД-П и Э-41, получают газонаполненные материалы – пеноэпоксиды [3].

Газонаполненные материалы, в данном случае – пеноэпоксиды, относятся к полимерам, а точнее к пластическим массам [1]. Пеноэпоксиды – многокомпонентные вещества, в состав которых кроме полимера входят стабилизаторы, пластификаторы, красители, наполнители и другие.

Пластические массы можно получить практически из всех полимеров. Они отличаются легкостью, хорошими тепло- и изоляционными свойствами, электрическими характеристиками. Больше всего в них ценятся чрезвычайно малая кажущаяся плотность, высокая плавучесть, водостойкость, стойкость к действию топлив и масел.

Газонаполненные материалы по структуре делятся на две условные группы:

- 1) пенопласты – материалы с закрытыми, не сообщающимися друг с другом ячейками;
- 2) поропласты – материалы с сообщающимися между собой ячейками [4].

В отдельную группу выделяют интегральные пенопласты, которые имеют на поверхности монолитную корку.

Пенопласты обладают хорошими тепло- и электроизоляционными свойствами; поропласты, в свою очередь, имеют большое водо- и влагопоглощение, лучшую звукоизоляцию различных частот, большее сопротивление периодических сжимающих деформаций и обладают лучшими демпфирующими свойствами. Пенопласты из эпоксидных смол характеризуются хорошим сцеплением, стабильностью размеров, стойкостью к перепадам температур и к химическим воздействиям.

Для получения большинства пенопластов композицию на основе полимера (олигомера) смешивают со вспенивающим агентом (например, твердым газообразователем, легкокипящей жидкостью или инертным газом) [4]. В некоторых случаях вспенивание происходит в результате химического взаимодействия компонентов, сопровождающегося выделением газа. Форму полученной вспененной композиции фиксируют отверждением или охлаждением. Практическое применение нашли пенополиуретаны, пенополистирол, пенополивинилхлорид, пенополиолефины, пенофенопласты, пеноминопласты, реноэпоксиды [7].

Кроме того, различают пеноматериалы жесткие, полужесткие и эластичные. Эластичные в основном используют в качестве амортизационного материала, жесткие и полужесткие – в качестве тепло- и звукоизоляционных конструкционных материалов.

Вследствие того, что существующие более дешевые пены имеют свойства, удовлетворяющие большинству промышленных требований, то пены из ЭС применяются реже и используются только для специальных целей.

Пеноэпоксиды – это вспененные пластмассы на основе ЭС, или как их еще называют – пеноматериалы или пенопласты, которые получают из ЭС и газообразователей, разлагающихся при нагревании. К ним относятся: карбаминоформальдегид, поливинилхлорид, фенолформальдегид, аналоги полиуретана и полистирола и другие [6]. Они представляют собой эпоксидные пенокомпаунды, образующие жесткий пористый конструкционный материал. Наиболее широко используются в строительстве в качестве термо- и звукоизоляционного, настилочного, набивочного материала, а также являются хорошими диэлектриками. Они обеспечивают надежную работу в условиях вибраций, ударных нагрузок и различных механических напряжений. Применение полимерных материалов с повышенной эластичностью позволяют получать изделия стойкие к ударному и вибрационному воздействию, циклическим температурным нагрузкам.

По пористой структуре различают пеноматериалы с закрытыми, открытыми порами и смешанной структурой. Закрытые поры имеют пеноматериалы, полости пор которых не связаны между собой. В открытых порах может циркулировать воздух (газ). Если пенопласт имеет оба вида пор – это смешанная структура. Пористая структура зависит от типа порообразователя и скорости вспенивания.

О влиянии отвердителей на процесс вспенивания и макроструктуру эпоксидных пенопластов известно очень мало. Так, более важным фактором, влияющим на макроструктуру пеноэпоксидов, является не вязкость системы, а скорость вспенивания, которая резко зависит от типа отвердителя.

Вспененные изделия могут принимать любую физическую форму – форму плиты, пленки, листа, обруча, нити, прутка, профиля, слоеных плит и т.п. Удельный вес вспененных изделий обычно находится в диапазоне от 5 до 800 кг/м³ с размером вспененной ячейки от 0,05 мм до 15 мм. Содержание количества ячеек в структуре материалов можно изменять от 0 до 100 %, в зависимости от выбранного сырья и технологического процесса.[5]

Рассмотрим основные виды пенопластов и их различия. В основном это – жесткие, замкнуто-ячеистые материалы, при помощи которых заполняют трехслойные конструкции, тепло- и звукоизоляцию.

Пенопласты получают в виде формованных деталей или блоков, так как они очень легкие, перевозка готовых изделий невыгодна. Предпочтительнее перевозить компоненты, а затем вспенивать их на месте использования [6].

1. Пенопласт ПЭ-1. Получают при взаимодействии ЭС и м-фенилендиамина. Вспенивающий агент, используемый при производстве – азо-бис-динитрил изомаляной кислоты. Большое значение имеет возможность получать изделия из ПЭ-1 любой необходимой формы. При заливке поверхность армирующих деталей должна быть обезжирена и гладко отполирована, иначе полученный пенопласт прилипнет к форме.

При его получении все компоненты, за исключением м-фенилендиамина, при $T = 60-70^{\circ}\text{C}$ перемешивают в течение 10–30 мин до получения однородной массы, затем

вводят расплавленный м-фенилендиамин и перемешивают 10–20 мин. После – полученную композицию разливают по формам, выдерживают 30–40 мин при $T = 50–60^{\circ}\text{C}$, затем повышают температуру до $110–120^{\circ}\text{C}$ и выдерживают 1–2 часа. По истечении времени изделие можно вынимать из формы.

2. Пенопласт ПЭ-2 отличается от ПЭ-1 добавлением при производстве 2,4-толуиленидиизоцианата, что позволяет увеличить теплостойкость.

При его получении все компоненты, при условии замены м-фенилендиамина на 2,4-толуиленидиизоцианат, при $T = 60–65^{\circ}\text{C}$ перемешивают в течение 10–15 мин, после чего смесь без перемешивания выдерживают 4–5 часов (или 16 ч при комнатной температуре). Только после этого вводят расплавленный м-фенилендиамин, перемешивают в течение 10–25 мин, далее разливают по формам и нагревают как ПЭ-1.

3. Пенопласт ПЭ-2Т – это жесткий газонаполненный материал. Он имеет преимущественно замкнутую ячеистую структуру. Благодаря применению в качестве отвердителя ЭС полиметиленифениленамина ПЭ-2Т превосходит по теплостойкости ПЭ-2 в 1,21 раз.

Получение пенопласта ПЭ-2Т: при $T = 60^{\circ}\text{C}$ смешивают ЭС и изоцианат в течение 5–10 мин и выдерживают смесь при $T = 60–65^{\circ}\text{C}$ на протяжении 4–5 часов. После чего при перемешивании вводят все остальные компоненты при $T = 70–80^{\circ}\text{C}$, выдерживают 10–15 мин, только после этого композицию выдерживают 1–1,5 часа при $T = 110^{\circ}\text{C}$ и 1,5–2 часа при $T = 160^{\circ}\text{C}$.

4. Пенопласт ПЭ-5. Отвердителем для ЭС в данном случае является эвтектическая смесь ароматических аминов и салициловой кислоты, вспениватель – пары фреона.

Получают пенопласт ПЭ-5 аналогично методу получения ПЭ-1.

5. Пенопласт ПЭ-6 – белоснежный мелкоячеистый легкий материал с равномерной структурой. Применяется преимущественно для герметизации деталей радио- и электротехнического назначения; для заполнения пустот судовых конструкций.

Получают пенопласт ПЭ-6 за счет вспенивания ЭС в присутствии катализаторов катионной полимеризации. Отверждается пенопласт при комнатной температуре, за счет выделения тепла реакции температура поднимается до $50–60^{\circ}\text{C}$, благодаря этому ПЭ-6 используют для заливки изделий, которые нельзя нагревать выше $T = 60^{\circ}\text{C}$. [1]

Рассмотрим физико-механические свойства отвердителей и вспенивающих агентов. Основываясь на данных из табл. 1, можно сделать выводы, что преимущество по всем параметрам имеют: отвердители – комплексы BF_3 со спиртами, эфирами и аминами; вспениватель – фреоны.

Таблица 1

Физико-механические свойства отвердителей и вспенивающих агентов

Показатель	Отвердитель и вспенивающий агент				
	Алифатич. полиамины; фреоны	Алифатич. полиамины; газообразователи	Эвтектич. смеси ароматич. полиаминов с катализаторами отверждения; фреоны	Полиамины с триметоксибороксином; фреоны	Комплексы BF_3 со спиртами, эфирами и аминами; фреоны
1	2	3	4	5	6
Кажущаяся плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	60–200	80–300	60–300	30–300	20–50
Прочность, $\text{кгс}/\text{см}^2$ При сжатии При статич. изгибе	0,25–3 0,55–3,5	0,4–5 1,2–6	0,3–6 0,7–7	0,05–4 –	0,03–0,15 0,07–0,2
Ударная вязкость, $\text{кДж}/\text{м}^2$	0,4–1,2	0,5–1,5	0,4–1,5	–	–

1	2	3	4	5	6
Предельная температура применения, °С	90–100	100–200	110–140	200–300	100
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,029–0,047	0,031–0,058	0,029–0,047	0,029–0,058	0,023–0,035
Электрическая прочность, кВ/мм при 50 Гц	3,0–3,5	3,0–5,0	3,0–5,0	–	–
Диэлектрич. проницаемость при 10 ⁶ Гц	1,07–1,35	1,10–1,50	1,10–1,50	–	1,05–1,10
Тангенс угла диэлектрич. потерь при 10 ⁶ Гц	0,002–0,006	0,002–0,007	0,002–0,007	–	0,001–0,002

Для наглядного различия свойств приведем таблицу физико-механических свойств эпоксидных пенопластов.

Таблица 2

Физико-механические свойства эпоксидных пенопластов

Показатели	ПЭ-1; ПЭ-2	ПЭ-2Т	ПЭ-5	ПЭ-6
Кажущаяся плотность, кг/м ³	90–320	80–250	20–250	20–50
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	0,7–5	0,7–3,5	0,25–2	0,03–0,11
Ударная вязкость, кДж/м ²	0,6–1,5	0,3–0,6	0,4–0,6	0,09–0,15
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	–	0,05–0,08	0,035–0,06	0,025–0,04
Рабочие температуры, °С	100 (ПЭ-1) 140 (ПЭ-2)	145–170	115	100
Водопоглощение за 24 ч, кг/м ³	0,3	0,1	0,2	0,3

По данным табл. 2 можно сделать выводы, что пенопласт марки ПЭ-6 превосходит по большинству параметров пенопласты остальных марок. ПЭ-6 имеет: наименьшую плотность (20–50 кг/м³), разрушающее напряжение (0,03–0,11 МПа), ударную вязкость (0,09–0,15 кДж/м²), коэффициент теплопроводности (0,025–0,04 Вт/м·К) и рабочие температуры (100°С). Пенопласт марки ПЭ-2Т имеет наименьшее водопоглощение 0,1 кг/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокомолекулярные соединения: учебник. – 2-е изд., испр. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 512 с.
2. Общая химическая технология полимеров: учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб.: Издательство «Лань», 2019. 208 с.
3. Гурман И.М., Кузнецова И.Б., Акутин М.С. Справочник по пластическим массам; под ред. М.И. Гарбара, В.М. Катаева, М.С. Акутина. М.: Химия, 1969. 517 с.

4. Швецов Г.А., Алимова Д.У., Барышникова М.Д. Технология переработки пластических масс: учебник для техникумов. М.: Химия, 1988. 512 с.
5. Кирова С.М., Кузнецов Е.В., Файдель Г.И. Технология пластических масс. 3-е изд, перераб. и доп. М.: Химия, 1985. 560 с.
6. Коршак В.В., Кутепов Д.Ф., Цейтлин Г.М., Зубакова Л.Б. Технология пластических масс. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1976. 608 с.
7. Николаев А.Ф. Технология пластических масс. СПб.: Химия, 1977. 368 с.
8. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. М.: Химия, 1982. 230 с.

Поступила 08.02.2021

УДК 66.02

Н.Д. Гусев, И.В. Крепышева
**ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ И НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ КОСМЕТИКИ
 НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

В данной статье рассмотрены свойства химических веществ, входящих в состав косметики. Показано положительное и негативное влияние данных косметических компонентов на организм человека.

Косметикой человечество пользовалось всю свою историю. Разные источники говорят, что в Древнем Риме было налажено производство косметики и парфюмерии. Производили крема, мази, краски для лица и волос, духи. Все население активно пользовалось косметикой [7].

В настоящее время косметика не потеряла своей популярности. Российский рынок косметики и парфюмерии входит в число пяти крупнейших по объему рынков Европы. С 2014 г. по 2017 г. наблюдается рост предложений косметики на 12,3%. По прогнозам экспертов, за период 2019–2023 гг. на рынке будет происходить увеличение объема продукции из-за наращивания производства и роста импорта [4].

Косметика предназначена для изменения внешнего вида человека в лучшую сторону, позволяет скрыть небольшие дефекты кожи. Для того чтобы косметический продукт приносил пользу, при его производстве должно использоваться сырье высокого качества, также оно должно быть природного происхождения и выращиваться в экологически чистых условиях, правильно обрабатываться и транспортироваться. К таким компонентам косметики относят эфирные масла (табл. 1).

Таблица 1

Эфирные масла, входящие в состав косметики

Наименование биологического активного вещества	Описание
<i>1</i>	<i>2</i>
Эфирное масло ореха мускатного	Омолаживает и регенерирует кожу, эффективно в борьбе с грибковыми инфекциями, применяется в шампунях против выпадения волос. Этот компонент имеет противовоспалительные и антибактериальные свойства [6].

1	2
Эфирное масло петрушки	Основной компонент апиол, используется дерматологами для лечения угрей, сухой себореи, пигментных пятен, оказывает противовоспалительное и антисептическое действие на организм.
Эфирное масло укропа	Основной компонент карвон, предназначен для проблемной кожи, применяется в средствах гигиены полости рта, обладает успокоительным и дезинфицирующим действием.
Эфирное масло фенхеля	Основной компонент анетол, добавляется в средства, предотвращающие появление морщин, угревой сыпи, оказывает бактерицидное и противовоспалительное действие.

Также к природному сырью относятся растительные масла, получаемые из семян и плодов (кукуруза, лен, аргано, кокос и т.д.). Известно, что масличные культуры богаты полезными веществами (кислоты и витамины), на организм человека оказывают увлажняющее, смягчающее, тонизирующее, укрепляющее, восстанавливающее действие (табл. 2) [3].

Таблица 2

Растительные масла, входящие в состав косметики

Наименование биологического активного вещества	Описание
Сафлоровое масло	Содержит олеиновую кислоту и витамин Е, питает и увлажняет кожу. Лосьоны, которые содержат это сырье, являются источником полиненасыщенных жирных кислот
Масло льняное	Применяется в составе косметических средств по уходу за волосами и кожей, содержит провитамины А, Е, F, смягчающие и питающие кислоты.
Масло рыжика	Является источником полиненасыщенных жирных кислот и токоферолов, применяется в питании и увлажнении кожи, поэтому входит в состав средств для массажа и ароматерапии.
Конопляное масло	Содержит большое число различных кислот и жирорастворимых витаминов. Единственное растительное масло, которое является источником стеариновой кислоты (омега-3). Оказывает на кожу укрепляющее и увлажняющее действие.

Наряду с разными маслами в косметике используются растения, например, водоросли – незаменимый природный компонент для косметики. Для человека интересны такие химические соединения, получаемые из водорослей промышленным способом, как фикоколлоиды (альгинат, фукоидан) [8].

Фикоколлоиды часто задействованы в пищевой и косметической промышленности, используются в качестве загустителей для пищевых продуктов, для образования гелей, в качестве стабилизаторов.

Альгинаты широко применяются как стабилизаторы эмульсий (кремы, лосьоны), как загустители в зубных пастах, используются при производстве мыла, шампуней, Добавка

альгината в крем размягчает и увлажняет кожу. Если в лосьонах присутствует данная добавка, то волосы становятся шелковистыми и приобретают внешний блеск.

Фукоидан образует вязкие растворы, которые обладают коллоидными свойствами, именно поэтому используются для получения стабильных суспензий и эмульсий. На его основе можно получать противоопухолевые и противовирусные препараты. В зависимости от вида сырья, используемого при производстве, растворы фукоидана имеют следующие свойства (табл. 3).

Таблица 3

Свойства растворов фукоидана, получаемого из разного сырья

Виды водорослей	Свойства раствора
Fucusvesiculosus	Антикоагулянтная и антитромботическая активность
Fucusserratus	Иммуномодулирующие действие
Ascophyllumnodosum	Антиопухолевое и антипролиферативное свойство

В течение года кожа человека впитывает более 2,5 кг косметических средств. Ежедневно человек наносит на свое тело более 500 различных химических веществ. [1]

Косметика играет значимую роль в жизни человека, поэтому потребитель должен понимать, какие опасные компоненты она содержит, какой вред могут принести повседневные гигиенические и косметические процедуры.

В табл. 4 представлены вещества, которые потенциально могут оказать на организм человека негативные последствия. Эти вещества часто входят в состав ежедневно применяемых косметических средств (шампуни, гели для бритья, крема и т.д.).

Таблица 4

Опасные компоненты, входящие в состав косметики

Наименование компонента	Описание
Диэтаноламин и триэтаноламин	Обладают сильнощелочными свойствами. Их добавляют в состав средств, которые регулируют уровень кислотности. Вещества вызывают раздражение кожных покровов.
Лаурилсульфат натрия	Изначально использовался в промышленности для очистки оборудования, потом стал применяться в косметических очистителях и шампунях. Американские исследования показали, что это вещество опасно в малых дозах.
Парабены (метилпарабен, пропилпарабен, этилпарабен и т.д.)	Присутствуют в спреях, увлажнителях, попадают в организм человека через кожу. Ученые полагают, что парабены способствуют развитию раковых опухолей груди [5].
Формальдегиды	Применяются в качестве консервантов, благодаря им происходит подавление роста микробов. Если в косметике имеет место превышение допустимой концентрации формальдегидов, то у человека возникают проблемы с кожей, органами чувств и повышается риск возникновения рака.
Тяжелые металлы	Существуют, как минимум, 20 металлов, которые токсичны для организма человека (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть и т.д.). Металлы могут негативно влиять на нервную систему, вызывают нарушение работы внутренних органов, повышают риск развития рака кожи [2].

Человек всегда будет хотеть выглядеть эстетически правильно, для этого он будет прибегать к разным косметическим продуктам.

Покупая косметику, надо понимать, что ее качество напрямую зависит от состава. Чтобы желаемый эффект был достигнут, будет лучше, если косметический продукт изготовлен из органического сырья и, по возможности, не содержит опасных веществ в составе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартазарян А.С., Доника А.Д. Современная косметика как токсикологическая проблема // Успехи современного естествознания. 2014. № 6. С. 86–87.
2. Дмитренко В.П., Сотникова Е.В., Кривошеин Д.А. Экологическая безопасность в техносфере. М.: Издательство «Лань», 2016. 524 с.
3. Маслиничное сырье как источник натуральных ингредиентов для косметики / Л.А. Санова [и др.] // Вестник всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2013. № 1. С. 45–46.
4. Пак В.В., Неуструева А.С. Российский рынок косметики и парфюмерии: текущее состояние, тренды и перспективы развития // Электронный журнал Меридиан 2020. №9 (43). С. 96–98.
5. Сапронова Е.С. Возможная опасность компонентов в косметике и их влияние на организм на человека // Вестник науки. 2019. № 6 (15). С. 381–384.
6. Сверхкритические флюиды: теория, этапы становления, современное применение: учебное пособие / М.П. Разгонова [и др.] М.: Издательство «Лань», 2019. 192 с.
7. Чуйко Л.В. История декоративно-прикладного искусства. Древний мир: учеб. пособие. М.: Изд. Омский Государственный Технический Университет, 2019. 127 с.
8. Шошина Е.В., Капков В.И. Аквакультура водорослей. Лабораторный практикум. М.: Изд. Мурманский Государственный Технический Университет, 2017. 100 с.

Поступила 08.02.2021

УДК 544.18

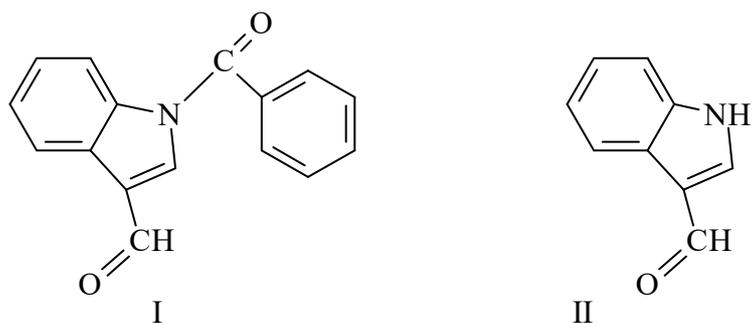
В.В. Ведрова, М.А Куликов

РАСЧЕТ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ 1-(ФЕНИЛКАРБОНИЛ)-1Н-ИНДОЛ-3-КАРБАЛЬДЕГИДА

С использованием полуэмпирического метода AM1 выполнен квантово-химический расчет молекулы 1-(фенилкарбонил)-1Н-индол-3-карбальдегида. Определены параметры молекулярной геометрии в значениях длин связей и валентных углов. Приведены данные по распределению электростатического потенциала и заряда на атомах.

С развитием компьютерной техники методы квантовой химии получили широкое применение. Их используют для изучения геометрических и энергетических параметров молекул, расчета переходных состояний, термодинамических и спектральных характеристик органических и неорганических веществ [1–3].

Целью представленной работы является анализ структурной геометрии и энергетических параметров молекулы 1-(фенилкарбонил)-1Н-индол-3-карбальдегида (I) по результатам квантово-химических расчетов. Рассматриваемое соединение является производным индол-3-карбальдегида (II). Данный альдегид широко используется для синтеза других производных индола, обладающих ценными физико-химическими свойствами [4–7].



Квантово-химические расчеты выполнены полуэмпирическим методом AM1, алгоритм оптимизации Polak-Ribiere. Расчеты включали в себя оптимизацию геометрии молекулы, определение длин связей, валентных углов, зарядов на атомах и других параметров. На рисунке представлена 3D модель молекулы, построенная по результатам расчета, с указанием нумерации атомов. Из рисунка видно, что молекула имеет плоское строение. Электронные переходы не осложнены стерическими факторами, что подтверждается явно выраженным распределением электростатического потенциала.

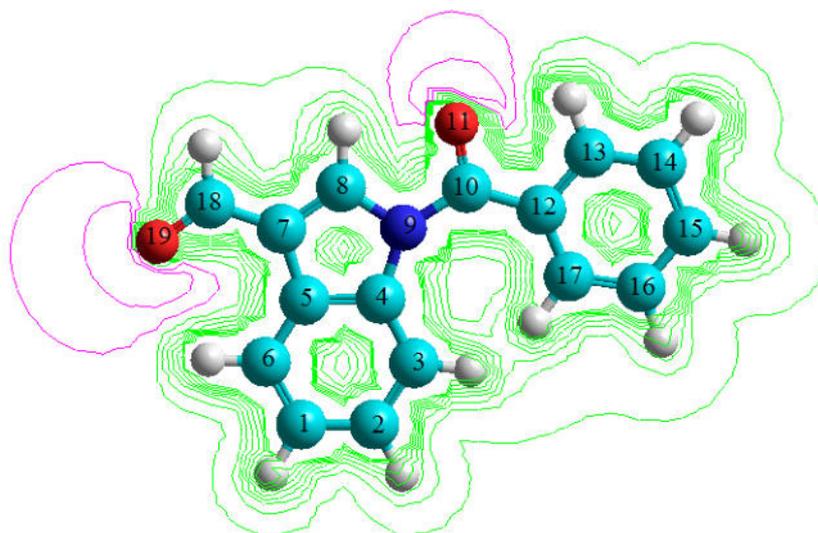


Рис. Результаты квантовохимических расчетов

В табл. 1 представлены величины зарядов на атомах углерода, азота и кислорода. Из данных видно, что атомы углерода, непосредственно связанные с гетероатомами, несут положительный заряд. При этом максимальный положительный заряд приходится на атом C₁₀, соединенный сразу с двумя гетероатомами. Сами гетероатомы несут отрицательный заряд, величина которого определяется электроотрицательностью атома.

Таблица 1

Величины заряда на атомах

Атом	Заряд, ед.зар.	Атом	Заряд, ед.зар.	Атом	Заряд, ед.зар.
C ₁	-0,140	C ₈	0,006	C ₁₅	-0,090
C ₂	-0,119	N ₉	-0,194	C ₁₆	-0,147
C ₃	-0,141	C ₁₀	0,375	C ₁₇	-0,085
C ₄	0,029	O ₁₁	-0,351	C ₁₈	0,253
C ₅	-0,046	C ₁₂	-0,113	O ₁₉	-0,298
C ₆	0,080	C ₁₃	-0,072	—	—
C ₇	-0,234	C ₁₄	-0,146	—	—

В работе были рассчитаны длины связей и валентные углы молекулы (I). Расчет показал выравненность связей в бензольных фрагментах, валентные углы близки к 120 градусам (табл. 2). Энергетические параметры молекулы представлены в табл. 3.

Таблица 2

Расчетные параметры молекулярной геометрии

Длина связи, Å		Валентный угол, град.	
C ₁ -C ₂	1,396	O ₁₉ -C ₁₈ -C ₇	124,3
C ₂ -C ₃	1,395	C ₁₈ -C ₇ -C ₈	125,6
C ₃ -C ₄	1,398	C ₁₈ -C ₇ -C ₅	127,7
C ₄ -C ₅	1,452	C ₈ -N ₉ -C ₁₀	114,6
C ₅ -C ₆	1,389	N ₉ -C ₁₀ -O ₁₁	113,1
C ₅ -C ₇	1,448	C ₄ -N ₉ -C ₁₀	139,5
C ₄ -N ₉	1,429	O ₁₁ -C ₁₀ -C ₁₂	115,6
C ₇ -C ₈	1,382	C ₁₀ -C ₁₂ -C ₁₇	129,0
N ₉ -C ₈	1,428	N ₉ -C ₁₀ -C ₁₂	131,3
C ₇ -C ₁₈	1,451	N ₉ -C ₄ -C ₃	135,1
C ₁₈ -O ₁₉	1,234	C ₇ -C ₅ -C ₆	130,1
N ₉ -C ₁₀	1,422	C ₁₀ -C ₁₂ -C ₁₃	113,5
C ₁₀ -O ₁₁	1,253	N ₉ -C ₈ -C ₇	112,0
C ₁₀ -C ₁₂	1,490	-	-
C ₁₂ -C ₁₃	1,417	-	-
C ₁₃ -C ₁₄	1,389	-	-
C ₁₄ -C ₁₅	1,396	-	-
C ₁₅ -C ₁₆	1,391	-	-
C ₁₆ -C ₁₇	1,397	-	-
C ₁₇ -C ₁₂	1,391	-	-

Таблица 3

Расчетные энергетические параметры

Полная энергия, ккал/моль	Энергия связей, ккал/моль	Энергия электронов, ккал/моль	Теплота образования, ккал/моль	Дипольный момент, D
-70211	-3495	-429321	44,7	5,1

По рассчитанным значениям теплот образования определен тепловой эффект реакции синтеза соединения (I) из индол-3-карбальдегида и бензоилхлорида при стандартных условиях. Реакция является эндотермической с тепловым эффектом 69 кДж/моль.

Таким образом, по результатам расчетов установлено, что молекула 1-(фенилкарбонил)-1*H*-индол-3-карбальдегида имеет плоскостное строение, а реакция его образования эндотермична.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квантово-химические расчеты: структура и реакционная способность органических и неорганических молекул / IX Всероссийская молодежная школа-конференция: сборник научных статей. Иваново: ИвГУ, 2018. 292 с.

2. Щербакова Г.И., Шаухин М.К., Кирилин А.Д., Стороженко П.А., Похоренко А.С. Квантово-химический расчет геометрии алкокси (гидрокси) (этилацетоацетат)-алюмоксана // Журнал общей химии. 2021. Т. 91. №2. С. 283–289 (DOI: 10.31857/S0044460X21020128).

3. Крисюк Б.Э. Квантово-химический расчет первичных реакций термоллиза 1,1-диамино-2,2-динитроэтилена (FOX-7) // Известия Академии наук. Серия химическая. 2020. №12. С. 2256–2264.

4. Дяченко В.Д., Матусов И.О., Дяченко И.В., Ненайденко В.Г. Реакция Кневенагеля с индол-3-карбальдегидом. Синтез 3-замещенных производных индола // Журнал органической химии. 2018. Т. 54. Вып. 12. С. 1763-1770 (DOI: 10.1134/S0514749218120063).

5. Суздаев К.Ф., Викрищук Н.И., Цирюльник С.А. Трехкомпонентная реакция 1-(оксиран-2-илметил)-1H-индол-3-карбальдегида, метиленактивных соединений и аминов // Журнал общей химии. 2020. Т. 90. №4. С. 501–507 (DOI: 10.31857/S0044460X20040022).

6. Carrasco F., Hernandez W., Chupayo O., Alvarez C.M., Oramas-Royo S., Spodine E., Tamariz-Angeles C., Olivera-Gonzales P., Davalos J.Z. Indole-3-carbaldehyde Semicarbazone Derivatives: Synthesis, Characterization, and Antibacterial Activities // Journal of Chemistry. 2020. – 7157281 (DOI: 10.1155/2020/7157281).

7. Bellamkonda Ya.N., Chamundeeswari S.P.V. Synthesis, spectroscopic, computational and drug docking studies of 1-(benzenesulfonyl)-2-methyl-1H-indole-3-carbaldehyde // Journal of molecular Structure. 2019. Iss.1181. P. 613–626 (DOI: 10.1016/j.molstruc.2018.12.069).

Поступила 02.03.2021

УДК 669.293

А.Д. Горина, Е.С. Озолина, Н.П. Нечаев

ТЕРМОДИФФУЗИОННОЕ ТИТАНИРОВАНИЕ И ЦИРКОНИРОВАНИЕ СТАЛИ 12X18H10T

В данной работе опытным путем были выбраны оптимальные параметры цирконирования и титанирования нержавеющей стали. Параметры контактного титанирования и пробный опыт по цирконированию позволяют после дополнительной доработки рекомендовать технологию контактного цирконирования оборудования в производстве губчатого циркония.

Термодиффузионное насыщение поверхности сталей коррозионностойкими металлами является одним из способов защиты конструкционных материалов от воздействия агрессивных сред. Данный способ защиты, наряду с известными из литературы [1] способами защиты (металлизация из расплава и плакирование), получил широкое распространение в металлургии редких и рассеянных металлов, в частности при получении титана, циркония и других металлов. Различают бесконтактный и контактный способы нанесения термодиффузионных титановых покрытий [2, 3]. В настоящее время бесконтактное титанирование реторт аппаратов восстановления и вакуумной сепарации является основным при производстве титановой губки. Оно состоит в титанировании новых реторт при высокой температуре в вакууме при условии, что расстояние между металлатором (титановая губка) и обрабатываемой поверхностью реторты около 100–150 мм. К недостаткам бесконтактного титанирования сталей и металлов относятся неравномерность получаемого титанового слоя по толщине и незначительная его толщина от 10 до 30 мкм. В настоящей работе показаны возможности контактного титанирования [4] нержавеющей стали и то, каким образом они достигаются, также дана оценка контактного нанесения циркониевых покрытий на сталь.

В качестве металлатора в опытах по контактному титанированию использовались отсеы титановой губки фракций – 1 + 0; – 2 + 1; – 12 + 2; – 25 + 12 мм. Титанирование образцов нержавеющей стали размерами 15x25 мм, толщиной 2 мм проводилось при 850–1000 °С в вакууме с остаточным давлением равным 13,3 Па. Продолжительность испытаний

1–9 часов. Толщина диффузионного титанового слоя определялась с помощью металлографии. Методика проведения испытаний и установка подробно описаны в [5].

В качестве металлизатора для бесконтактного титанирования нержавеющей стали используется низкосортная титановая губка категории ТГ-ТВ. Она брикетуется на прессе и в виде брикетов массой по 5 кг укладывается на специальную этажерку, устанавливаемую в реторту.

На рис. 1 показано изменение толщины диффузионного титанового слоя от температуры.

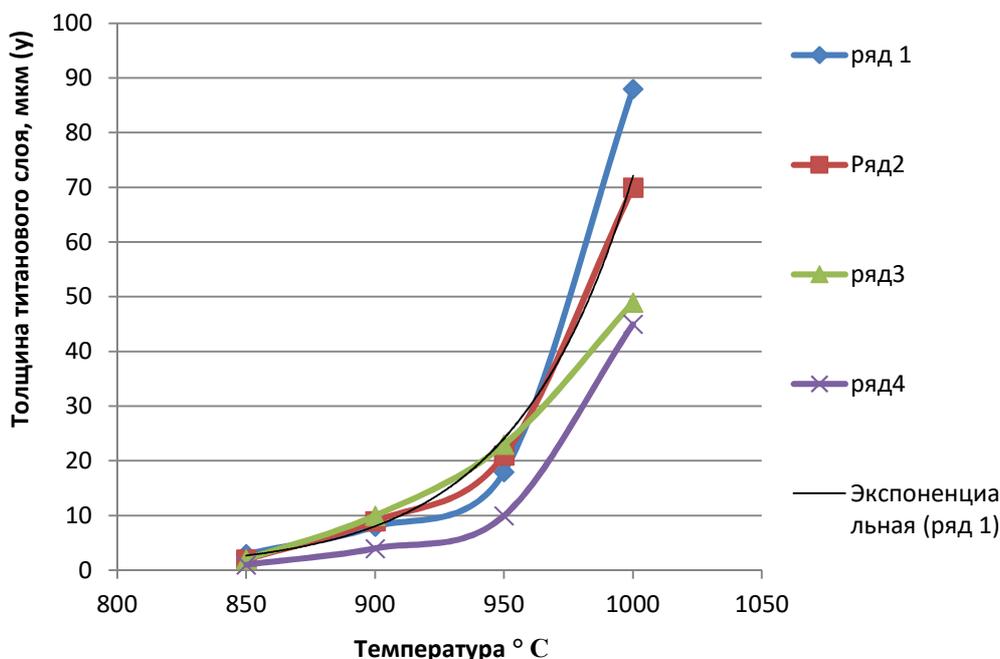


Рис. 1. Изменение толщины диффузионного титанового слоя от температуры при использовании различных фракций металлизатора: ряд 1 (–1 + 0), ряд 2 (–2 + 1), ряд 3 (–12 + 2), ряд 4 (–25 + 12)

Из рисунка следует, что по внешнему виду опытные кривые более всего похожи на экспоненты. После аппроксимации и сглаживания линии трендов полностью совпадают с экспериментальными кривыми. В общем виде семейство кривых (ряды 1–4) может быть описано уравнением температурной зависимости константы скорости диффузии, выраженной в данном случае толщиной титанового слоя

$$y = Ae^{-Bx},$$

где y – толщина диффузионного титанового слоя, мкм;
 A – предэкспоненциальный множитель;

$$B = \frac{E_a}{R},$$

где E_a – энергия активации диффузии, Дж;
 R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль · К;
 x – обратная температура (1/T).

Значения коэффициентов A и B в уравнении Аррениуса находятся графическим путем в координатах $\lg y - 1/T$.

Как видно из рис. 1, толщина слоев с повышением температуры быстро растет по экспоненте и составляет при 1000°C 70–88 мкм. Наибольшие по толщине титановые слои образуются при использовании мелких фракций титановых отсеков –1 + 0 и –2 + 1 мм. Такое

явление объясняется большей поверхностью металлатора мелких фракций и лучшего их контакта с поверхностью образцов, чем для крупных фракций титана. При повышении температуры свыше 1000°C толщина покрытия будет продолжать расти, но при этом возрастает вероятность обратной диффузии компонентов стали (железа, хрома, никеля) в титановую засыпку (металлизатор). Это очень нежелательное явление становится все более вероятным при приближении температуры к эвтектической точке на диаграмме состояния железо – титан [6]. По этой причине температура процесса титанирования не должна превышать 1000°C .

Влияние продолжительности титанирования на изменение толщины титанового слоя показано на рис. 2.

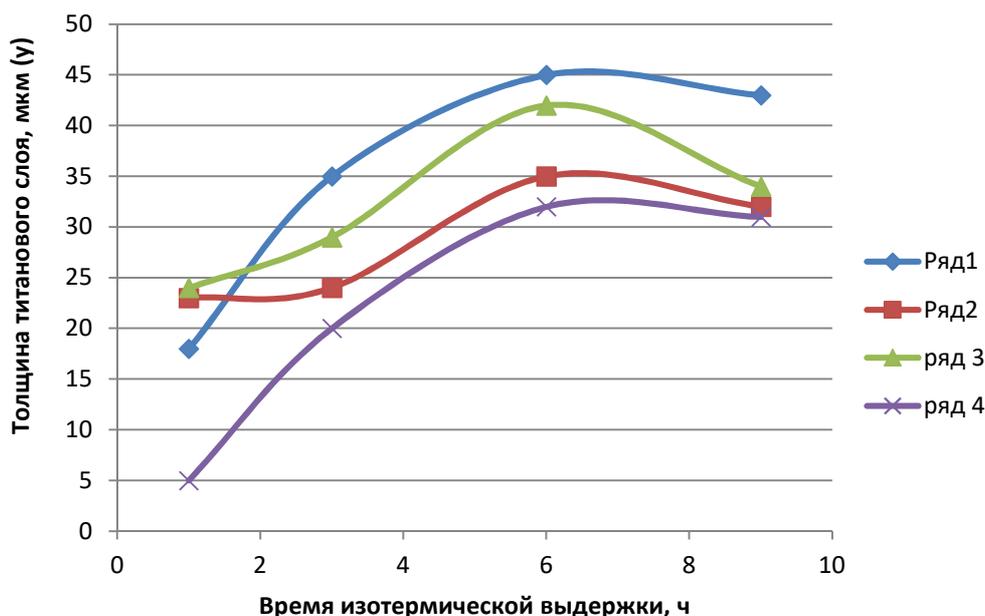


Рис. 2. Изменение толщины диффузионного титанового слоя от времени испытания при 950°C и различной крупности металлатора: ряд 1 – $(-1 + 0)$, ряд 2 – $(-2 + 1)$, ряд 3 – $(-12 + 2)$ и ряд 4 – $(-25 + 12)$

Из рис. 2 следует, что с увеличением времени титанирования при 950°C скорость процесса все меньше зависит от крупности частиц металлатора. Происходит сближение полиномиальных кривых, например, фракции 1 и 3: $-1 + 0$ и $-12 + 2$ мм, а также 2 и 4 с увеличением длительности контактного титанирования. Последнее происходит по причине спекания металлатора как мелких, так и крупных фракций. Причем мелкие фракции титана спекаются значительно сильнее крупных.

На основании изложенного, и, принимая во внимание высокую склонность к спеканию мелких фракций, следует признать, что металлатор крупностью – $12 + 2$ мм (ряд 3) при длительности выдержки 6 часов позволяет получать титановые слои большей толщины от 40 до 45 мкм. Температурный режим титанирования при данной продолжительности выдержки и вакууме равном 13,3 Па не должен превышать 1000°C , что позволит увеличить толщину покрытия до 50–80 мкм.

Полученные параметры контактного титанирования послужили основой для проведения пробного опыта по цирконированию нержавеющей стали марки 12X18H10T. Поскольку цирконий является более тугоплавким металлом, чем титан, температура была повышена до 1050°C . Продолжительность цирконирования составляла 6 часов. Остаточное давление в нагретом аппарате при контактной засыпке образцов стали стружкой циркония было значительно выше, чем в опытах с титаном. Оно изменялось от 65 Па до 140 Па.

Низкий вакуум повлиял на результаты опыта. Стружка циркония (засыпка) после процесса имела интенсивную окраску цвета побежалости от фиолетового до коричневого оттенков. Поверхность стальных образцов бала темно-серого цвета. Толщина образовавшегося слоя не превышала 5 мкм.

Таким образом, контактное насыщение нержавеющей стали титаном можно проводить в течение 6 часов при более низких температурах от 950 до 1000°C, чем бесконтактное насыщение (1000–1050°C) с использованием фракции металлатора –12+2 мм, что позволяет получать приемлемые по толщине и составу [4] термодиффузионные титановые покрытия при экономии электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии: уч. пособие / ИД «Интеллект», 2018. 343 с.
2. Шаповалов В.П. Дис. на соискание уч. ст. канд. техн. наук. М.: Запорожье: Институт стали, 1990.
3. Путина О.А., Гулякин А.И., Путин А.А. АС SU 959447 А1. 27.01.2000.
4. Путина О.А., Нечаев Н.П., Бондарева Э.П. Контактное термодиффузионное титанирование стали 12Х18Н10Т. Защита металлов, 1982, т. 18, № 4. 656 с.
5. Nechaev N.P., Polezhaev E.V. Effect of physicochemical treatment on titanium porous powder quality. Metallurgist, 2016, т.60, № 3–4. С. 339–341.
6. Лучинский Г.П. Химия титана. М.: Химия, 1971. 471 с.

Поступила 09.03.2021

УДК 504.054

Е.В. Самойлова, В.В. Самойлова, М.А. Романов, М.А. Куликов
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ
СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В статье рассмотрен процесс растворения шламовых отходов содового производства в соляной кислоте с получением жидкого хлорида кальция. Изучено влияние параметров перемешивания на ход процесса растворения, количество не растворившегося остатка и качество готового продукта.

Отходы, образующиеся в производстве кальцинированной соды аммиачным способом, не находят применения и размещаются в шламонакопителях. Организация таких накопителей требует отчуждения значительных территорий, что негативно сказывается на экологической обстановке. В настоящее время перед АО «Березниковский содовый завод» остро стоит вопрос сокращения площади шламохранилища. Поэтому разработка метода утилизации отходов содового производства является одной из актуальных задач.

В литературе опубликованы различные способы переработки твердых отходов производства соды. Их предложено использовать для получения сорбентов [1], строительных материалов [2], в дорожном строительстве [3] и других областях. Основным компонентом таких отходов является карбонат кальция [4].

Цель представленной работы заключается в исследовании процесса кислотного разложения шламов содового производства с получением раствора хлорида кальция.

Взаимодействие шлама с соляной кислотой проводили на лабораторной установке, изображенной на рис.

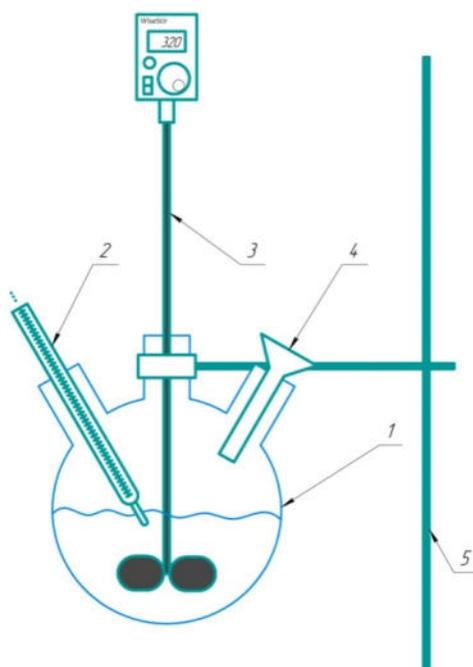


Рис. Схема лабораторной установки:

1 – трехгорлая колба; 2 – термометр; 3 – мешалка; 4 – воронка; 5 – штатив

В колбу-реактор загружали воду и соляную кислоту с таким расчетом, чтобы получить в конечном итоге 35 %-ный раствор CaCl_2 . Затем при перемешивании добавляли расчетное количество измельченного шлама. По окончании загрузки шлама массу перемешивали в течение 60 минут. Не растворившийся остаток отфильтровывали и определяли его технологические показатели. Фильтрат анализировали на соответствие требованиям нормативной документации на жидкий хлорид кальция. Результаты экспериментов представлены в таблице.

Таблица

Экспериментальные данные

$V_{\text{HCl}}, \text{ см}^3$	$V_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ см}^3$	$m_{\text{шлама}}, \text{ Г}$	Число оборотов мешалки, об/мин	$m_{\text{раствора}}, \text{ Г}$	$m_{\text{остатка}}, \text{ Г}$	Содержание $\text{CaCl}_2, \%$
165	50	98,5	0	226,0	26,6	29,5
165	50	98,5	320	258,4	18,6	34,8
165	50	98,5	400	255,7	12,3	35,1
165	50	98,5	500	257,2	13,8	34,0

Экспериментальным путем установлено, что наилучшие результаты получаются при скорости перемешивания 400 об/мин. В этом случае количество не растворившегося остатка минимально, а содержание хлорида кальция в растворе максимально. По нашему мнению, это можно объяснить, во-первых, неоднородностью пробы шлама, во-вторых, образованием высокодисперсных силикатных отложений на поверхности шлама.

Таким образом, проведенные исследования показали потенциальную возможность переработки шламовых отходов производства кальцинированной соды с получением жидкого хлорида кальция.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушанкова И.С., Докучаева Д.В., Калинина Е.В., Демина Е.Н. Применение сорбционных материалов на основе отходов производства кальцинированной соды для

очистки поверхностных вод с автомагистралей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2017. №4. С. 64–75 (DOI: 10.15593/24111678/2017.04.05).

2. Джандуллаева М.С., Адилова М.Ш., Алиева Ж.А., Холмухаматова Ф.Н. Использование карбонатных отходов содового производства в качестве сырья при производстве силикатного кирпича // Universum: Технические науки: электр. научн. журн. 2018. №12 (57).

3. Козлов С.Г., Вязовикова И.В., Черный С.А., Крепышева И.В. Использование отходов содового производства в дорожном строительстве // Фундаментальные исследования. 2013. №10. С. 2604–2611.

4. Крепышева И.В., Рудакова Л.В., Козлов С.Г. Физико-химические и токсикологические свойства шлама содового производства // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 1. С. 335–342.

Поступила 09.03.2021

УДК 661.832.321

М.А. Байдарова, О.К. Косвинцев

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ В ПРИСУТСТВИИ ПЕНОГАСИТЕЛЯ «ПОЛИНОР МР-4202»

В статье рассмотрены особенности массовой кристаллизации; приведены результаты исследования кристаллов хлористого калия в присутствии пеногасителя на лазерном анализаторе; определен оптимальный расход пеногасителя.

В настоящее время в химической промышленности широкое распространение получил процесс формирования кристаллов (кристаллизация) из растворов. Массовой кристаллизацией называют образование значительного количества кристаллов определенного вещества в промышленных объемах [1]. Хлористый калий получают из сильвинита двумя методами: как галургическим способом (методом кристаллизации и избирательного растворения), так и методом флотации.

При галургическом способе производства хлорида калия процесс кристаллизации сопровождается интенсивным пенообразованием, вследствие чего затрудняется автоматическое управление уровня насыщенного щелока, что приводит к снижению выхода целевого продукта. Вместе с тем, пенообразование осложняет перекачивание насыщенного раствора, приводит к брызгоуносу, а также зарастанию поверхностей кристаллизаторов и трубопроводов кристаллами KCl, в результате происходит нарушение работы производства, что в свою очередь затрудняет ведение технологического процесса. Для снижения уровня пены в вакуум-кристаллизаторах используют пеногасители [2].

Кристаллизация хлорида калия осуществляется в вакуум-кристаллизаторах, принцип действия которых состоит в том, что под вакуумом происходит ступенчатое выпаривание воды, а также одновременно осуществляется охлаждение раствора. Кристаллизация KCl проводится вследствие снижения количества воды (в результате ее испарения) и уменьшения температуры кристаллизующего раствора. При получении кристаллических продуктов часто возникает необходимость регламентировать такой показатель как гранулометрический состав [3].

Данное исследование направлено на определение влияния добавки испытуемого пеногасителя на размер образующихся при кристаллизации в регулируемой вакуум-кристаллизационной установки (РВКУ) кристаллов хлорида калия. Исследование частиц хлористого калия проводилось на лазерном анализаторе Mettler Toledo [4].

Целью представленной работы является исследование гранулометрического состава хлористого калия, поступающего на склад, отобранного в результате проведения опытно-промышленных испытаний пеноподавателя «Полинон МР 4202» для предотвращения пенообразования в корпусах установки регулируемой вакуум-кристаллизации.

Для исследования распределения кристаллов хлористого калия по размерам в стакан помещали навеску хлорида калия (примерно 5 г) и 200 мл этилового спирта, затем данный раствор перемешивали, после чего было проведено исследование частиц хлористого калия на лазерном анализаторе.

Для вывода результатов на монитор компьютера была использована программа icFbrm. Расход пеногасителя настраивали и поддерживали в зависимости от расхода насыщенных щелоков, поступающих в соответствующую линию ВКУ.

В ходе опытно-промышленных испытаний были опробированы различные расходы пеноподавателя как на линии А (98% КСl), так и на линии Б (95% КСl). Последовательность изменения режимов подачи пеноподавателя была спланирована с учетом постепенного уменьшения его расхода по сравнению с установленной нормой для пеногасителя, который применяется в настоящее время.

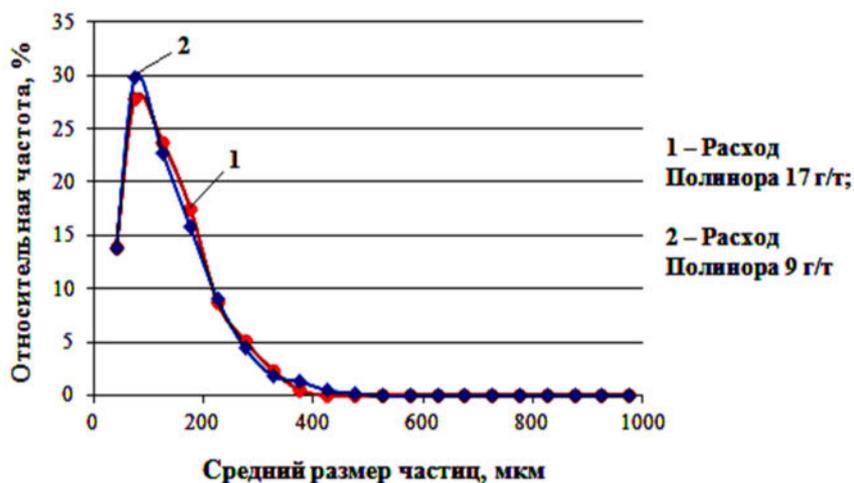


Рис. 1. Гранулометрический состав хлорида калия, поступающего на склад, полученного при различных режимах ОПИ на линии А

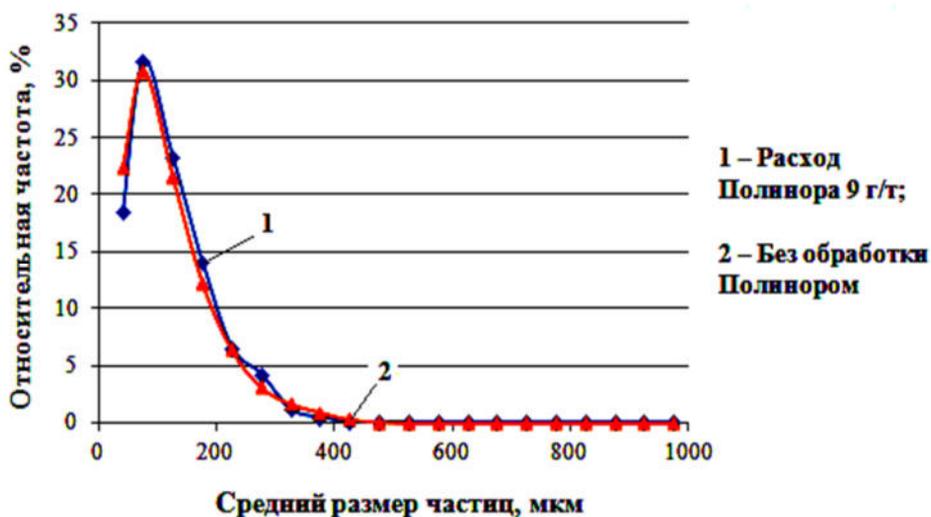


Рис. 2. Гранулометрический состав хлорида калия, поступающего на склад, полученного при различных режимах ОПИ на линии Б

Из рисунков 1 и 2 можно прийти к выводу о том, что хлорид калия, поступающий на склад, при расходе пеногасителя марки «Полинон МР 4202» – 9 г/т. По сравнению с другими

режимами уменьшается доля мелких и увеличивается доля средних фракций. Следовательно, в процессе кристаллизации хлористого калия большее число мелких частиц дорастает до среднего размера.

Таким образом, гранулометрический состав хлорида калия, поступающего на склад, полученных на линиях А и Б при расходе полинора 9 г/т не имеет существенных отличий, то есть использование пеногасителя на линии А показало похожие тенденции, что и на линии Б. По результатам данного исследования можно прийти к выводу о том, что оптимальный расход пеногасителя «Полинон МР 4202» для производства хлористого калия галургическим методом составляет 9 г/т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамский Е.В. Кристаллизация в химической промышленности. М.: Химия. 1969. 344 с.
2. Пойлов В.З. Закономерности массовой политермической кристаллизации хлорида калия // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2016. № 2. С. 106–119.
3. Нывлт Я. Кристаллизация из растворов / Перевод со словац. канд. техн. наук В.А. Постникова. Москва: Химия, 1974. 150 с.
4. Система Particle Track с технологией FBRM // METTLER TOLEDO. URL: https://www.mt.com/ru/ru/home/products/L1_AutochemProducts/FBRM-PVM-Particle-System-Characterization/FBRM.html (дата обращения: 10.02.2021).

Поступила 10.03.2021

УДК 504.75

А.С. Мальцев, О.Е. Нусина

ТРАНСПОРТНЫЙ ШУМ. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

В статье представлен анализ основных причин шумового загрязнения городов, вызванного автомобильным транспортом. Рассмотрены перспективные методы снижения акустического загрязнения селитебной застройки от автотранспорта.

Автомобильный транспорт занимает важное место в транспортной системе Российской Федерации. Возникновение автотранспорта сыграло важную роль в жизни людей: мобильность, скорость, возможность передвижения с малочисленными затратами, комфорт. Однако автотранспорт имеет ряд существенных недостатков, таких как загрязнение окружающей среды [1]. Ежегодно с выхлопными газами в атмосферу поступают тонны вредных веществ; ведется вырубка лесов для создания дорожных сетей и транспортных развязок, кроме этого автотранспорт является одним из факторов шумового загрязнения. Так же из-за вредного воздействия автомобильного транспорта ухудшается здоровье людей, загрязняются почвы и водоемы, страдает растительный и животный мир.

Ежегодно в городах, в том числе и городе Березники, происходит повышение шумовой нагрузки. Главными источниками шума являются городской (автомобильный) транспорт, а также работа промышленных предприятий. Нормальным уровнем шума принято считать звуки в 20–30 дБ. Допустимым для восприятия человеком считается звуковой фон около 80 дБ. Акустическое воздействие в 140 дБ вызывает у людей болевые ощущения. А при звуке громкостью свыше 190 дБ возможно механическое разрушение металлической конструкции. На данный момент уровни шума на крупных городских улицах достигают 90 дБ и ежегодно повышаются примерно на 0,5 дБ, что является серьезной опасностью для окружающей среды в районах оживленных транспортных узлов [2]. Акустическое воздействие негативно влияет на здоровье человека, приводит к развитию

психических заболеваний и гипертонической болезни, является источниками переутомления, раздражительности, нарушения сна.

Бороться с шумом в плотной городской застройке очень сложно, потому что на давно обжитых улицах не хватает места для установки шумозащитных конструкций, расширения магистралей и посадки деревьев, которые могли бы способствовать снижению уровня шума [3]. На данный момент перспективными решениями этой проблемы являются улучшение конструкции дорог, повышение качества дорожного покрытия и снижение автомобильных шумов в источнике (конструирование и использование менее шумных механических узлов). Архитектурные решения, такие как использование в зданиях звукоизоляционных материалов и тройного остекления окон, позволяют повысить уровень комфорта людей, проживающих на неблагоприятной территории. Все это обеспечит снижение негативного воздействия автомобильного транспорта и повысит уровень комфортности проживания в городах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобиля. Ростов-на-Дону, Издательство «Феникс». 2003 г.
2. Чмутова Л.В. Индивидуальный проект: Влияние шумового загрязнения на жизнь человека в городе. URL: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2020/03/16/individualnyu-proekt-vliyanie-shumovogo>.
3. Гараева Х.Р. Акустический дискомфорт в городской среде (на примере городов Баку и Астрахань) // Вестник АГТУ. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akusticheskiy-diskomfort-v-gorodskoy-srede-na-primere-gorodov-baku-i-astrahan> (дата обращения: 04.03.2021).

Поступила 10.03.2021

УДК 504.75

С.Ю. Зувев, О.Е. Нисина

БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В статье рассмотрены территориально-производственные комплексы Пермского края, применяющие ресурсосберегающей технологии. Данные технологии позволяют эффективно использовать отходы производства в качестве вторичного сырья.

Промышленность Пермского края является основой социально-экономического развития региона. Пермский край можно считать одной из главных промышленных точек в РФ. Земля здесь богата природными ресурсами, в особенности солями и минералами, но несмотря на богатство ресурсной базы, одним из главных вопросов остается экология и переработка отходов производства. Как известно, правильное распределение и использование отходов производства не только помогает сберечь экологическую обстановку в стране, но и поднять экономику на более высокий уровень, ведь отходы производства использовать гораздо дешевле, чем новый материал [1].

Рассмотрим несколько промышленных комплексов Пермского края, которые перерабатывают, минимизируют и используют в производстве отходы производства.

Пермский нефтеперерабатывающий завод (ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез) находится в Перми, входит в группу компаний ЛУКОЙЛ. Мощности предприятия позволяют добывать до 12 миллионов тонн нефти в год. Завод производит неэтилированный бензин различных марок, ароматические углеводороды (в том числе бензол, растворитель, толуол), строительный и дорожный битум, дизельное топливо различного назначения. Современная

комплексная установка по переработке жидких и твердых нефтесодержащих отходов (НСО), которой оснащена установка, полностью лишена остатков, безопасна и позволяет перерабатывать все виды накопленных и вновь образовавшихся НСО. Также на своей территории предприятие построило собственную электростанцию, которая работает от отбензиненного газа, что помогает минимизировать отходы производства [3].

Пермский филиал кондитерской фабрики «Нестле Россия» стал одной из первых фабрик «Нестле» в нашей стране, которая достигла результата «0 отходов на утилизацию» и первой добилась сокращения количества отходов более чем на 70%. Компания «Нестле» на рыночном уровне в 2016 году утвердила целевые показатели для всех заводов на 2020 год и предложила разработать стратегию их достижения на протяжении многих лет. Одно из них – нулевой уровень захоронения отходов. Этой осенью прошел последний вывоз мусора с пермского комбината на окончательную утилизацию, после чего все отходы, которые на данный момент не могут быть проданы на переработку, отправляются на сжигание с рекуперацией тепла. Следующая задача – уменьшить количество отходов для сжигания, еще более совершенный подход к сортировке и поиск новых подрядчиков для обработки отходов [4].

В общем объеме образования промышленных отходов ведущее место занимает химическая переработка минерального сырья. Например, АО «Березниковский содовый завод» (БСЗ) осуществляет выпуск соды аммиачным методом и является одним из крупнейших производителей данного продукта в России. Сырьем для получения раствора хлорида натрия являются твердые галитовые отходы, образованные при производстве калийных удобрений.

При производстве кальцинированной соды в качестве отхода образуется хлорид кальция, который, с одной стороны, может служить побочным продуктом, а, с другой стороны, составляет основную часть производственных отходов [5]. Отходы производства кальцинированной соды могут применяться для нейтрализации шахтных вод.

Кислые шахтные воды и стоки породных отвалов Кизеловского угольного бассейна являются одной из острых экологических проблем Пермского края. Очистка шахтных вод на основе механизма геохимического барьера возможна с применением в качестве реагента отходов БСЗ. Опытно-промышленные испытания метода дали положительные результаты. Также отходы БСЗ используют в производстве сухих строительных смесей. Твердые отходы содового производства перспективны для использования в составе сухих строительных смесей в качестве наполнителя, т.к. имеют подходящий гранулометрический и химический состав.

Таким образом, анализ рассмотренных примеров позволяет сделать вывод о том, что в Пермском крае широко применяются ресурсосберегающие технологии, позволяющие эффективно использовать отходы производства в качестве вторичного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2016 году». Пермь, 2017. 222 с.
2. Шапошников Я.Б., Белкин А.В., Кошев Г.Я. Рациональное природопользование, ресурсосберегающие и природоохранные технологии при освоении минерально-сырьевых ресурсов // Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов. Пермь, 2005. С. 85–89.
3. ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». URL: <https://pnos.lukoil.ru/ru>.
4. ООО Нестле Россия–Кондитерская фабрика, филиал в г. Пермь. URL: https://asktel.ru/perm/konditerskaya/nestle_rossiya/.
5. ОАО «Березниковский содовый завод» (БСЗ). URL: <http://www.bsz.ru/o-predpriyatii/istorija/>.

Поступила 12.03.2021

Е.А. Петухова, Ю.В. Суворова, Е.А. Данилова
**РАЗРАБОТКА НОВЫХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ
 И ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
 МЕТОДОВ ХЕМОИНФОРМАТИКИ**

В данной работе с использованием современных компьютерных программ выполнен виртуальный скрининг спектров антибактериальной, биологической активности и цитотоксичности гетероциклических соединений, содержащих два 1,3,4-тиадиазольных фрагмента, связанных различными спейсерами. На основе вывода о целесообразности синтеза был получен ряд бистиадиазолов, строение которых установлено с использованием современных физико-химических методов анализа. С применением методов квантовой химии на уровне DFT выполнен расчет геометрических параметров полученных молекул.

В настоящее время в нашей стране и мире острыми проблемами являются появление новых штаммов микроорганизмов и повышение резистентности уже существующих бактерий к лекарственным препаратам, а также широкое распространение онкологии. В условиях очень быстрого развития заболеваний поиск новых лекарственных средств требует минимальных временных затрат. В связи с этим все актуальнее становится использование современных компьютерных программ, позволяющих по структурной формуле соединения прогнозировать вероятность проявления молекулой тех или иных свойств.

Поэтому нами с применением программ PASS, Anti-Bac-Pred и CLC-Pred [1,2] спрогнозированы биологические, антибактериальные и цитотоксические свойства шести молекул двухъядерных 1,3,4-тиадиазолов, в которых гетероциклические фрагменты связаны метиленовым (1), этиленовым (2), пропиленовым (3), бутиленовым (4), пентиленовым (5) и этениленовым (6) мостиками. Структурные формулы молекул представлены на рисунке 1.

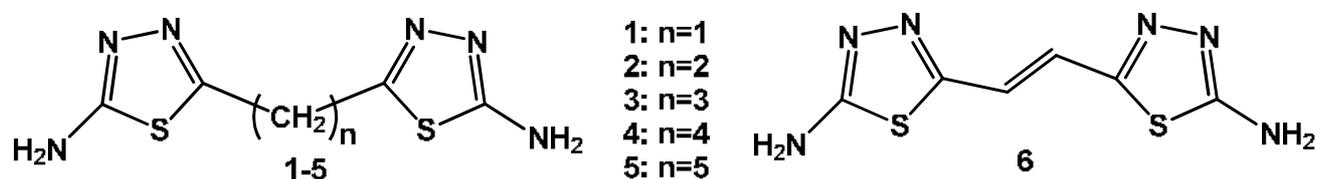


Рис. 1. Структурные формулы исследованных молекул

Прогноз спектров биологической активности исследуемых соединений показал, что соединения 1, 2 и 6 с вероятностью 72–75 % могут являться ингибиторами АТФ-азы и убихинон-цитохром *c* редуктазы, т.е. потенциально могут применяться для регуляции работы дыхательных цепей. Молекула 3 гипотетически проявляет антидиабетическое действие, потенцируя глюкозозависимую секрецию инсулина, тем самым усиливая его биосинтез. Соединения 4 и 5 потенциально могут использоваться в качестве мукоембранных протекторов, которые выполняют защитную функцию слизистых оболочек организма. Все исследуемые бистиадиазолы с вероятностью 60–63 % могут проявлять противомикробную активность по отношению к грамотрицательному штамму бактерий *Shigella sp.*, причем увеличение длины алкильного спейсера способствует снижению активности. Прогнозирование свойств с использованием программного комплекса CLC-Pred показало, что все молекулы могут проявлять цитотоксичность к аденокарциноме яичников и фибросаркоме мягких тканей, но использование этих молекул в качестве цитостатиков нежелательно из-за высокой вероятности проявления цитотоксичности к здоровым клеткам.

Все исследованные молекулы были синтезированы взаимодействием тиосемикарбазида с соответствующей дикарбоновой кислотой в среде оксихлорида фосфора [3]. Строение полученных соединений установлено на основе данных ИК, ЯМР

спектроскопии и масс-спектрометрии. Примеры спектров для молекул **2** и **4** представлены на рисунках 2, 3.

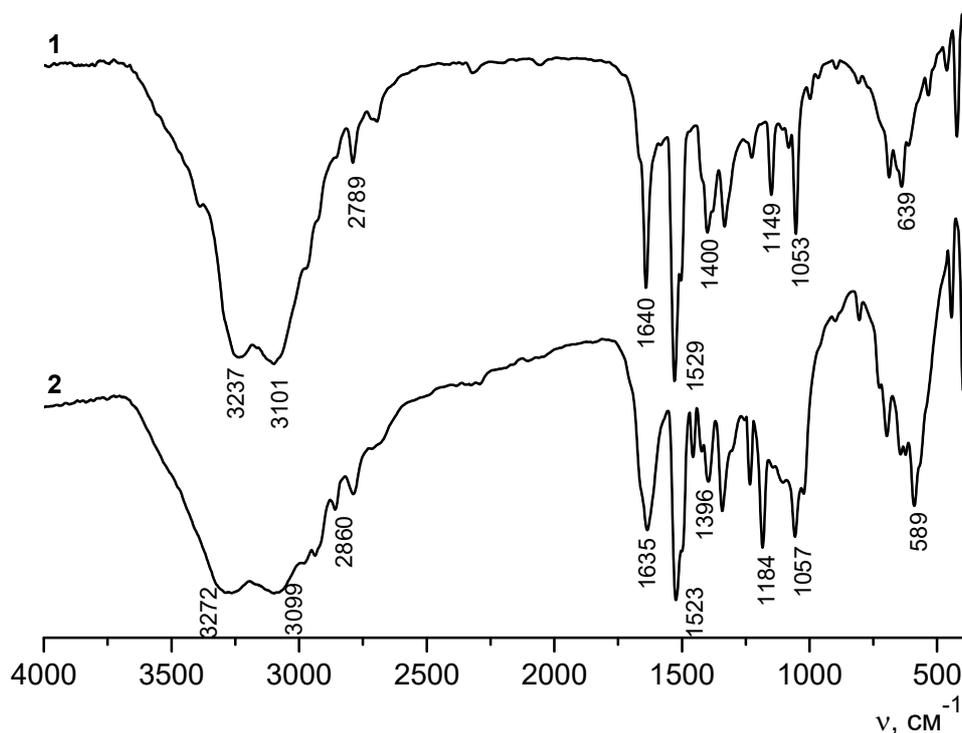


Рис. 2. ИК спектры (KBr): **1** – бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)этана и **2** – бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)бутана

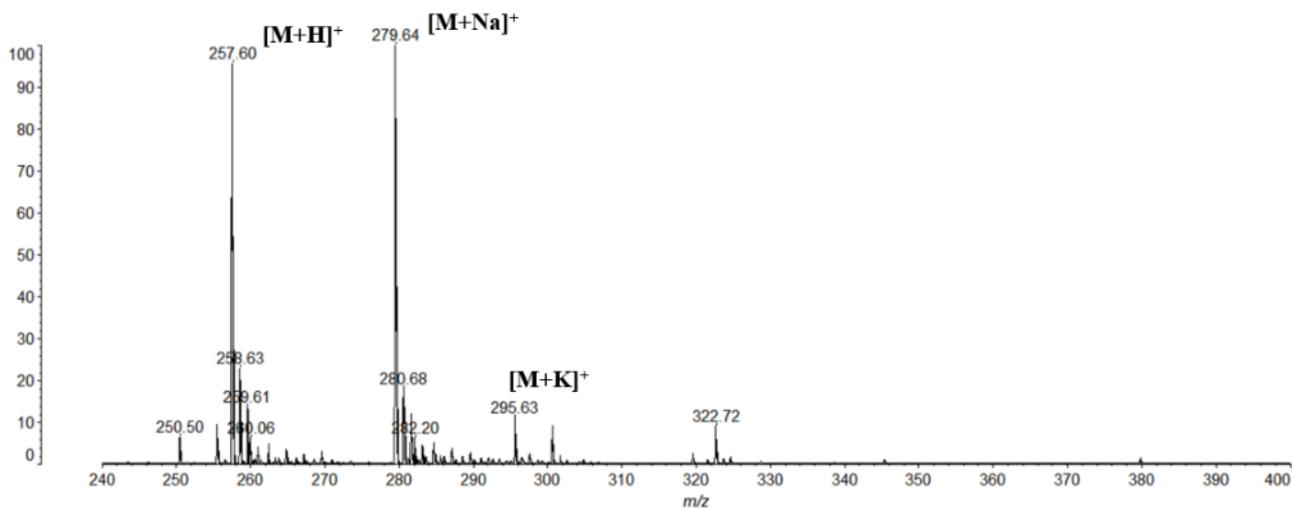


Рис. 3. Фрагмент масс-спектра бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)бутана (MALDI-TOF, CHCA)

Для установления геометрического строения полученных продуктов нами выполнены квантово-химические расчеты на уровне *DFT* с использованием гибридного функционала *B3LYP* и базисного набора *6-31G(d,p)*. Оптимизация геометрии исследованных молекул показала, что из-за наличия гибкого алкильного мостика тиадiazольные фрагменты расположены под углом, причем от бистиадиазолметана к бистиадиазолпропану наблюдается уменьшение угла между плоскими тиадiazольными фрагментами, при дальнейшем увеличении длины алкильной цепочки происходит увеличение угла. За счет наличия двойной связи молекула бис(5-амино-1,3,4-тиадiazол-2-ил)этена плоская.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ МК-1396.2020.3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Filimonov D.A., Druzhilovskiy D.S., Lagunin A.A., Glorizova T.A., Rudik A.V., Dmitriev A.V., Pogodin P.V., Poroikov V.V. Computer-aided Prediction of Biological Activity Spectra for Chemical Compounds: Opportunities and Limitations // *Biomedical Chemistry: Research and Methods*. 2018. Vol. 1, Is. 1. P. 1–21.
2. Компьютерная программа Anti-Bac-Pred. URL: <http://way2drug.com/antibac/>.
3. Суворова Ю.В., Петухова Е.А., Данилова Е.А., Тюрин Д.В. Синтез и свойства бистиадиазолов с этильным и бутильным спейсерами // *Жидк. крист. и их практич. использ.* 2020. Т. 20, Вып. 4. С. 41–48.

Поступила 12.03.2021

УДК 504.75

И.К. Селедков, О.Е. Нисина

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

В статье представлен анализ основных экологических проблем Кизеловского угольного бассейна. Рассмотрен один из перспективных методов снижения негативных экологических последствий закрытия угольных предприятий КУБ.

Одной из актуальных и обсуждаемых проблем Пермского края является загрязнение почвы, воды и воздуха территории Кизеловского угольного бассейна (КУБ). Город Кизел и прилегающая к нему территория входят в десятку мест на Западном Урале по масштабам загрязнения окружающей среды.

На территории КУБ добыча угля велась больше двухсот лет, при этом на поверхности земли складировались большие объемы вскрышных и вмещающих пород, а также постоянно велись работы по откачке из выработок поступающих туда подземных вод. В шахтах природные воды взаимодействовали с богатыми сульфидной серой горными породами и образовывали кислые сульфатные железо-алюминиевые воды [1].

После закрытия предприятия по добыче угля, ситуация усугубилась, так как шахтные воды стали самостоятельно изливаться в близлежащие реки и образовывать в них пастообразные осадки, состоящие из оксида железа и алюминия. Эти осадки покрывают дно рек, накапливаются и разносятся вплоть до Камского водохранилища, откуда местные жители получают питьевую воду. Влага же, которая находится в поверхностных слоях атмосферы, вступает в реакцию с летучими соединениями и образует кислоту, что может привести к кислотным дождям различной степени концентрации вредных соединений [1]. Такой дождь может привести к гибели мальков, уменьшению корма, а также ухудшению качества почв.

Ухудшению экологической обстановки способствуют шламовые стоки, образующиеся при взаимодействии атмосферных осадков и породных отвалов. Химический состав данных стоков близок к составу шахтных вод и имеет схожее влияние на окружающую среду.

Одним из способов решения рассмотренных проблем является применение многоэтапной системы очистки, разработанной ранее для очистки промышленных кислых сточных вод. Данная система включает в себя последовательное проведение физической и

химической очистки изливаемых вод. Для нейтрализации минеральных кислот возможно применение щелочных реагентов, таких как гашеная известь, суспензии карбонатов кальция и магния. Данные реагенты относительно дешевы и просты в применении [2]. Это предложение позволит снизить объемы сбросов загрязняющих веществ, но не сможет в полной мере решить возникшие проблемы.

Хочется отметить, что снижение негативных экологических последствий закрытия угольных предприятий, а также предупреждение вновь возникающих источников экологической опасности является приоритетной задачей на территории КУБ, так как разливы кислотных шахтных вод в водоемы Пермского края могут привести не только к нарушению баланса экосистем, но и к развитию серьезных заболеваний у людей, проживающих на данной территории [3]. Необходимость заниматься вопросами экологии в Пермском крае стала очевидной лишь в последние годы, а меры по борьбе с критичными для экологии последствиями требуют миллиардных вложений бюджета, привлечения тысяч высококвалифицированных специалистов, а также создания соответствующей инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. 288 с.
2. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки: справочное пособие. Днепропетровск: Молодежная экологическая лига Приднепровья, 2000. 61 с.
3. Красильникова С.А., Блинов С.М. Последствия сброса кислых шахтных вод в Кизеловском угольном бассейне // Естественные и технические науки. 2017. № 11 (113). С. 153–154.

Поступила 13.03.2021

УДК 628.16

А.С. Ковалева, О.К. Косвинцев

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОЧИСТКИ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассматриваются основные способы умягчения воды в системах водоподготовки энергетических объектов с выделением наиболее эффективного. Приводятся недостатки и преимущества обессоливания воды при помощи установок обратного осмоса.

Подготовка исходной воды – обязательный и один из первоначальных этапов, которые влияют на безопасную работу котельных установок. Обеспечить предотвращение образования отложений на рабочих элементах котла может качественная система водоподготовки. Правильно подобранный режим гарантирует безаварийную и высокоэффективную работу котельного оборудования.

Каждому источнику свойственны различные примеси и загрязнения. Растворенные примеси, в первую очередь влияющие на работу котлового оборудования – соли жесткости. Образование накипи на поверхности, ухудшение теплоотдачи и разрушение труб являются результатом использования жесткой воды без предварительной очистки.

В условиях ООО «ЕвроХим – Усольский калийный комбинат» источником исходной воды для котельных являются подземные источники воды, а именно водозаборная скважина Кекурка. Зачастую артезианская вода имеет повышенное содержание солей жесткости и

железа, что в свою очередь препятствует использованию подземной воды для промышленного водоснабжения без правильно подобранного способа водоподготовки.

Основными методами умягчения воды являются: реагентный, термический, термохимический, катионитный [1]. На практике наибольшую популярность получили реагентный и катионитный способы.

Реагентные методы умягчения воды основаны на обработке ее реагентами, образующими малорастворимые соединения с кальцием и магнием. После чего они отделяются в осветлителях, отстойниках и осветительных фильтрах. Реагенты, применяемые при данном методе: известь, кальцинированная сода, гидроксид натрия, гидроксид бария и прочие.

Несмотря на популярность, эта группа методов имеет существенные недостатки: недостаточная степень умягчения, большой расход реактивов, сложность осуществления технологии.

Принцип действия ионнообменного метода умягчения состоит в фильтровании исходной воды через иониты в гранулированном виде. Иониты – полимерные кислоты и основания нерастворимые в воде, вступающие в реакции ионного обмена с растворенными в исходной воде солями. При этом они сорбируют из воды катионы и анионы и отдают в раствор эквивалентное количество ионов, находящихся в матрице ионита. При ионообменном методе обработка воды идет без образования осадка, отсутствует необходимость постоянного дозирования реагентов, а также достигается более высокая степень умягчения и уменьшается солесодержание воды на выходе с установки. Однако установки катионитного умягчения являются источниками сброса в водоемы весьма засоленных стоков в виде отработанных регенерационных растворов с концентрацией солей от 10 до 50 г/л. Также данные установки имеют большие габаритные размеры.

Самый быстроразвивающийся и перспективный метод очистки воды – обратный осмос [2]. Процесс основывается на пропускании воды через полупроницаемые полимерные мембраны под давлением. При этом мембраны пропускают молекулы воды и задерживают растворенные ионы солей.

В настоящее время установки обратного осмоса, используемые для обессоливания воды, вытесняют традиционные методы очистки. Они являются экономичными и ресурсосберегающими, так как не требуется использование реагентов. Это в свою очередь минимизирует вред для окружающей среды.

Данная технология имеет и свои недостатки, а именно: большие затраты на электроэнергию и затраты воды на собственные нужды. Но при использовании общераспространенных рулонных мембранных элементов основной проблемой является загрязнение поверхности мембран, так как их конструкция исключает механическое удаление загрязнений.

При работе на поверхности и в порах мембран сорбируются и отлагаются частички малорастворимых соединений, что увеличивает общее гидравлическое сопротивление мембранных аппаратов [3]. Основная причина этой проблемы – локальное повышение концентрации малорастворимых солей вблизи рабочей поверхности мембраны. В этих условиях коллоидные и механические частицы укрупняются и образуют агрегаты, которые блокируют поры мембраны.

Загрязнение мембран влияет на равномерность распределения раствора в напорной камере и солезадержание.

В некоторых случаях загрязнение напорного канала может привести к выходу из строя обратноосмотического аппарата. Загрязнение мембранных аппаратов влияет на большинство элементов и процессов, протекающих в установках обратного осмоса, что ведет к снижению полезной производительности и ухудшению качества пермеата.

Наиболее опасные для мембран малорастворимые соли: карбонат кальция, сульфат кальция, силикатные осадки, сульфат бария, сульфат стронция, фторид кальция. Проблема таких осадков в настоящее время решается дозированием в исходную воду ингибиторов

солеотложения – антискалантов. При этом время непрерывной работы установок возрастает до 500–2000 часов. По окончании этого срока необходимо проводить химическую регенерацию мембран, которая заключается в растворении отложений специально подобранными растворами реагентов.

Результативность химической регенерации зависит от правильного выбора реагента. Для этого необходимо предварительно проанализировать структуру и состав удаляемых отложений, учитывая устойчивость мембран в растворах этого реагента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Н.И. Водоснабжение: учеб. пособие. Новосибирск: ООО «ЦСРНИ», 2016. 704 с.
2. Фрог Б.Н., Первов А.Г. Водоподготовка. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. 512 с.
3. Высоцкий С.П., Айрапетян К.В. Загрязнение мембран в обратноосмотических установках и методы продления ресурса мембран // Вести Автомобильно-дорожного института. 2010. №2. С. 189–195.

Поступила 15.03.2021

УДК 669.295

Ю.П. Кирич, В.А. Тихонов, А.Ю. Ангельхер

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ СУШКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА В ПРОМЫШЛЕННОМ АППАРАТЕ ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ ГУБЧАТОГО ТИТАНА

Проведен сопоставительный анализ тепло- и влагопереноса в процессах сушки, тепло- и массопереноса в процессе вакуумной сепарации губчатого титана. Намечены пути интенсификации тепло- и массопереноса в промышленных аппаратах вакуумной сепарации губчатого титана.

Основанное на хлорной технологии магниетермическое производство губчатого титана включает технологические переделы получения тетрахлорида титана, его последующее восстановление магнием с получением реакционной массы, очистку реакционной массы от продуктов восстановления (магния и его хлорида) методом вакуумной сепарации [1].

Вакуумная сепарация магниетермической реакционной массы – основной промышленный метод очистки титановой губки от магния и хлорида магния, наиболее энергоемкий и малопроизводительный процесс производства губчатого титана. Вопросы, связанные с улучшением технико-экономических показателей этого процесса, являются в настоящее время наиболее актуальными.

Известно, что вакуумная сепарация губчатого титана относится к процессам тепло- и массопереноса с фазовыми переходами в пористых телах и имеет некоторые общие черты с процессом сушки [2].

В обоих случаях в ходе процесса пористый материал очищается от наполнителей, и в конце процесса получается чистая титановая губка при вакуумной сепарации или сухой материал при сушке.

Имеется соответствие в стадиях процесса: первая стадия – прогрев; вторая стадия – интенсивное испарение из титановой губки основной массы магния и хлорида магния и период постоянной скорости сушки; третья стадия – испарение остатков магния и соли из мелких пор титановой губки и период падающей скорости сушки.

Основные теоретические положения теории сушки также приемлемы для вакуумной сепарации. К ним относятся явления тепло- и массопереноса, углубление поверхности испарения от поверхности тела, влияние на процесс теплопереноса структуры пористого тела и различных режимов удаления паров – молярного и молекулярного.

Рассмотрим основные положения теории тепло- и влагопереноса процесса сушки [3].

Разработку технологии процесса сушки проводят в неразрывной связи с закономерностями тепло- и влагопереноса в капиллярно-пористых телах. Рациональный режим сушки определяется с использованием оптимальных законов переноса влаги и тепла внутри влажного материала. Перенос влаги происходит под действием перепада влагосодержания и перепада температуры (явление термовлагопроводности). Направления градиентов температуры и влагосодержания при разработке технологического режима сушки могут совпадать или не совпадать. В первом случае движение влаги внутри материала усиливается. Во втором случае движение влаги в виде жидкости затруднено (градиенты имеют противоположное направление), что приводит к ее испарению внутри тела.

Использование рассмотренных закономерностей переноса тепла и влаги позволяет инженеру-технологу разрабатывать оптимальные режимы сушки различных материалов.

В работе [4] рассмотрены закономерности тепло- и влагопереноса при контактной и конвективной сушке капиллярно-пористого материала (рисунок).

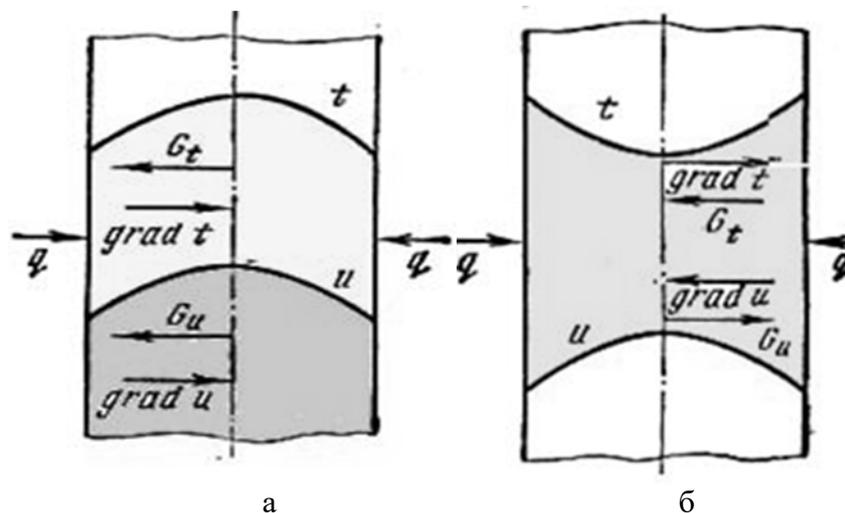


Рис. Направление градиентов влагосодержания и температуры при контактной (а) и конвективной (б) сушке капиллярно-пористого материала:
 q – тепловой поток; t, u – температура и влагосодержание материала;
 $grad t, gradu$ – градиент температуры и градиент влагосодержания;
 G_u – основной поток влаги в виде пара и жидкости; G_t – поток влаги, обусловленный температурным градиентом

Как видно из рисунка, внутри влажного материала в процессах контактной и конвективной сушки существуют градиенты температуры и градиенты влагосодержания.

Градиенты влагосодержания и температуры при контактной сушке совпадают (направлены от поверхности к центру материала), поток влаги G_u перемещается от внутренних слоев материала к поверхности (в направлении уменьшения влажности). При испарении влаги из-за отдачи теплоты в окружающую среду поверхностные слои материала охлаждаются, и температура поверхности становится ниже температуры внутри материала. В результате возникает градиент температуры, направленный от поверхности к центру материала. При этом возникает дополнительный поток влаги G_t , способствующий перемещению потока влаги G_u из центральной части к поверхности материала (явление термовлагопроводности). В результате процесс сушки протекает более интенсивно.

При конвективной сушке градиенты температуры и влагосодержания имеют противоположные направления. Градиент влагосодержания направлен от поверхности к центру из-за испарения влаги с поверхности материала, а температурный градиент – от центра к поверхности. Вследствие этого поток Gt препятствует перемещению основного потока влаги Gi к поверхности материала, и скорость процесса сушки снижается.

Представлялось целесообразным проанализировать протекающие в промышленном аппарате вакуумной сепарации процессы тепло- и массопереноса, используя рассмотренные выше законы переноса тепла и влаги в процессе сушки.

В настоящее время сложились следующие представления о механизме вакуумной сепарации губчатого титана [1].

При нагреве под вакуумом блока реакционной массы магний и хлорид магния испаряются сначала с поверхности блока, а затем из более глубоких слоев, т. е. фронт испарения перемещается в ходе процесса от поверхности блока его центру. Процесс заканчивается после испарения магния и его хлорида в центральной части блока реакционной массы путем прогрева блока до максимальной температуры. Требуются длительная высокотемпературная выдержка и значительные энергозатраты для испарения магния и его хлорида внутри реакционной массы, в ее центральной части. В ходе процесса вакуумной сепарации возникает температурный градиент между «горячей» поверхностью и «холодным» центром блока реакционной массы, изменение которого зависит от последовательности и интенсивности испарения магния и его хлорида из пор титановой губки.

Проводя аналогию с конвективной сушкой, можно сделать вывод о том, что в процессе вакуумной сепарации, как и при конвективной сушке, градиент температуры и градиент концентрации удаляемого вещества (магния и хлорида магния) имеют противоположные направления (градиент температуры направлен от центра к поверхности реакционной массы, градиент концентрации – от поверхности к центру блока реакционной массы), что снижает скорость сепарации и возможно является одной из причин низких технико-экономических показателей процесса вакуумной сепарации.

Сопоставительный анализ тепло- и влагопереноса в процессах сушки и тепло- и массопереноса в процессе вакуумной сепарации позволяет наметить пути интенсификации тепло- и массопереноса в промышленных аппаратах вакуумной сепарации губчатого титана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов А.В. Металлургия титана. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 328 с.
2. Колесниченко В.И. Процессы тепло- и массопереноса при термовакuumной очистке титановой губки от наполнителей. Препринт. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 55 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 427 с.
4. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для вузов. М.: Аз-book, 2009. 469 с.

Поступила 15.03.2021

Ю.П. Кирип, В.А. Тихонов, А.Ю. Ангельхер
СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСОМ
В ПРОМЫШЛЕННОМ АППАРАТЕ ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ
ГУБЧАТОГО ТИТАНА

Рассмотрены способы управления тепло- и массопереносом в промышленном аппарате вакуумной сепарации губчатого титана при испарении из блока реакционной массы магния и хлорида магния. Предложено изменить механизм переноса магния и хлорида магния в блоке реакционной массы путем управления температурой блока. Практическое применение способов позволяет снизить энергозатраты процесса вакуумной сепарации.

В работе [1] установлено, что при существующей технологии процесса вакуумной сепарации возникающий в ходе процесса температурный градиент между центром блока реакционной массы и его поверхностью затрудняет перемещение магния и хлорида магния к поверхности. В результате снижается скорость сепарации.

Для повышения эффективности вакуумной сепарации предложено изменить механизм переноса этих веществ внутри блока реакционной массы.

Известно, что в процессах сушки управление переносом вещества осуществляют изменением градиента температуры внутри влажного материала [2].

Аналогичные подходы использованы для управления тепло- и массопереносом магния и хлорида магния в начальной стадии и на стадии высокотемпературной выдержки процесса вакуумной сепарации [3, 4].

В начальной стадии процесса скорость нагрева поверхности блока реакционной массы значительно выше скорости нагрева его центральной части. Возникающий на этой стадии между центром и поверхностью блока градиент температуры 250–350°С затрудняет перенос магния и хлорида магния к поверхности блока.

Задача управления массопереносом на начальной стадии процесса состояла в снижении скорости нагрева блока реакционной массы в электропечи сепарации. Для этого предусмотрен технологический режим нагрева блока реакционной массы со скоростью 0,02...0,9°С /мин, обеспечивающий выравнивание температуры центра и поверхности блока и снижение температурного градиента, что способствует переносу магния и хлорида магния к поверхности блока [3].

На стадии высокотемпературной выдержки температура центра блока реакционной массы близка к температуре его поверхности, магний и хлорид магния испаряются внутри блока из мелких пор и капилляров титановой губки в течение длительного времени.

Задача управления массопереносом на этой стадии заключалась в повышении скорости испарения магния и хлорида магния путем охлаждения блока реакционной массы в электропечи сепарации с заданной скоростью. Для этого предложен технологический режим охлаждения блока реакционной массы со скоростью 0,03...1,7°С /мин. При таком технологическом режиме температура центра блока реакционной массы становится выше, чем температура охлаждаемой поверхности. Вследствие этого магний и его хлорид перемещаются по капиллярам титановой губки к поверхности блока, где испаряются [4].

Предложенные технологические режимы способствуют выносу зоны испарения магния и его хлорида к поверхности блока реакционной массы и повышению скорости сепарации. Эти режимы согласуются с оптимальными законами переноса влаги и тепла при сушке капиллярно – пористых тел [2].

Данные технологические режимы использованы для снижения энергозатрат процесса вакуумной сепарации.

Вакуумная сепарация губчатого титана – периодический высокотемпературный эндотермический процесс, проводимый при температуре 1030–1050°С в течение нескольких суток. При существующей технологии энергозатраты на вакуумную сепарацию значительны и составляют более 5 МВт·ч на получение одной тонны губчатого титана [5].

В работах [6, 7] установлено, что на нагрев и испарение из блока реакционной массы магния и его хлорида требуется всего 26 % полезного расхода тепла от общего его расхода. Это связано с тем, что теплопотери с поверхности аппаратов вакуумной сепарации требуют существенного расхода электроэнергии на их компенсацию.

В процессе высокотемпературной вакуумной сепарации губчатого титана снижение теплопотерь и энергозатрат на их компенсацию возможно за счет снижения рабочей температуры процесса.

Установлено, что с использованием рассмотренных выше технологических режимов уменьшается длительность стадии высокотемпературной выдержки, снижаются рабочая температура и энергозатраты процесса вакуумной сепарации. Предложенные способы управления тепло- и массопереносом в аппарате вакуумной сепарации открывают возможности для создания низкотемпературной технологии процесса вакуумной сепарации губчатого титана [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирин Ю.П., Тихонов В.А., Ангельхер А.Ю. Применение методов теории сушки для исследования тепло- и массопереноса в промышленном аппарате вакуумной сепарации губчатого титана // Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. – В настоящем сборнике.
2. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 427 с.
3. Патент 2070593 РФ. Способ вакуумной сепарации губчатого титана / Ю.П. Кирин. Оpubл. в БИ, 1966, №35.
4. Патент 2061774 РФ. Способ вакуумной сепарации губчатого титана / Ю.П. Кирин. Оpubл. в БИ, 1966, №16.
5. Тарасов А.В. Металлургия титана. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 328 с.
6. Мальшин В.М., Кропачев В.К. Изучение теплопотерь при получении губчатого титана в аппаратах периодического действия // Химия и технология титана. Труды Института титана. Запорожье, 1982. С. 64–70.
7. Лупинос С.М., Грищенко С.Б., Прутцков Д.В. [и др.]. Станет ли титан дешевле завтра? О перспективах разработки непрерывной технологии магнетермического производства титана // Титан. 2015. №3 (49). С. 14-21.
8. Кирин Ю.П., Кирьянов В.В., Тихонов В.А. Низкотемпературная вакуумная сепарация губчатого титана // Научно технический вестник Поволжья. 2014. №5. С. 227–229.

Поступила 15.03.2021

А.Д. Чернышева, М.А. Байдарова, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев
**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЛУРГИЧЕСКИХ
РАСТВОРОВ НА ПРОЦЕСС ПЕНООБРАЗОВАНИЯ**

На сегодняшний день в технологии обогащения сальвинитовой руды галургическим способом достаточно остро стоит проблема повышенного пенообразования в вакуум-кристаллизационных установках. Интенсивное кипение насыщенных солевых растворов под вакуумом создает благоприятные условия для формирования большого объема пены в паровом пространстве кристаллизаторов, что, в свою очередь, способствует росту брызгоуноса, уменьшению парового пространства аппаратов, снижению интенсивности выпаривания. Эти последствия избыточного пенообразования приводят к уменьшению скорости роста кристаллов и снижению общей производительности кристаллизационной установки. В представленной работе показано влияние температуры и концентрации исследуемых растворов на процесс пенообразования.

Процессы получения кристаллических веществ, основанные на политермической вакуум-кристаллизации насыщенных солевых растворов, сопровождаются, как правило, обильным пенообразованием. Из-за значительного снижения растворимости газов в жидкой фазе под действием высоких температур и понижения давления в вакуум-кристаллизационных установках происходит интенсивное вспенивание кипящей среды. При этом образующаяся пена значительно снижает полезный объем аппарата, а также ухудшает процесс отвода паров воды, что негативно сказывается на эффективности выпаривания и кинетике роста кристаллов целевого продукта [1].

Известно, что пена представляет собой высококонцентрированную гетерогенную систему, в которой дисперсная фаза состоит из пузырьков газа, а дисперсионная среда (жидкая или твердая) образует тонкие пленки между пузырьками газа [2]. На устойчивость пены влияют такие параметры как вязкость жидкой фазы и ее поверхностное натяжение, наличие поверхностно-активных веществ, температура среды, парциальное давление паров и ряд других характеристик [3–12]. Для управления процессом пенообразования и пеноподавления необходимо понимание того, какие параметры оказывают существенное влияние на устойчивость пены, а какими можно пренебречь.

Целью данной работы явилось исследование влияния концентрации насыщенных галургических растворов и их температуры на процесс пенообразования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для анализа процесса пенообразования пробу галургического раствора объемом 50 мл при заданной температуре помещали в мерный цилиндр объемом 250 мл, который устанавливали в термостат для поддержания определенной температуры.

Процесс формирования пены осуществляли пневматическим методом. Аэратор при помощи специальной стеклянной трубки опускали в мерный цилиндр с раствором и при помощи воздушного компрессора осуществляли аэрацию исследуемой среды. Начальный уровень раствора без барботажа при погружении аэратора в мерный цилиндр во всех опытах оставался постоянным и соответствовал отметке – 60 мл.

В первой серии экспериментов проводили оценку влияния температуры насыщенного при 25°C раствора галургических солей на высоту образующейся пены. Диапазон исследуемых температур варьировали при помощи термостата в интервале 25–85°C. Концентрация раствора во всех опытах оставалась постоянной и составляла 20,37% – NaCl, 11,15% – KCl и 68,48% – H₂O.

Вторая серия экспериментов была направлена на оценку влияния концентрации насыщенных галургических растворов в температурном диапазоне 25–85°C на максимальную высоту образующейся пены в цилиндре. Исследуемый диапазон концентраций при соответствующих температурах представлен в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация насыщения галургических растворов при различных температурах

Температура насыщения раствора, °С	Концентрация NaCl, % мас.	Концентрация KCl, % мас.
25	20,37	11,15
35	19,69	12,66
45	19,04	14,18
55	18,43	15,69
65	17,86	17,16
75	17,35	18,58
85	16,63	20,15

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты первой серии экспериментов по влиянию температуры растворов на максимальный объем и высоту образующейся пены представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2

Влияние температуры раствора на его пенообразующую способность

№ п.п	Температура раствора, °С	Максимальный объем пены в мерном цилиндре, мл	Максимальная высота пены в мерном цилиндре, мм
1	25	150	84,6
2	35	150	84,6
3	45	150	84,6
4	55	140	75,2
5	65	135	70,5
6	75	130	65,8
7	85	125	61,1

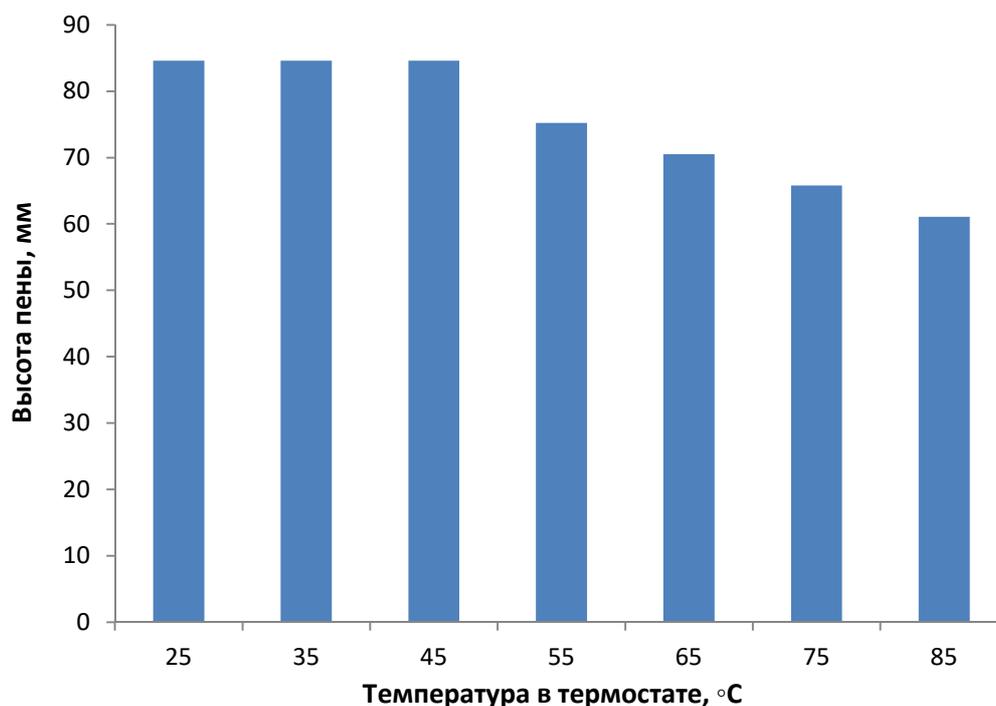


Рис. 1. Зависимость высоты пены от температуры раствора

Известно, что с падением температуры водных растворов их вязкость начинает возрастать. Так, при охлаждении насыщенного щелока от $t = 85^{\circ}\text{C}$ до 25°C коэффициент динамической вязкости среды возрастает практически в два раза, что, безусловно, положительным образом сказывается на устойчивости пены и эффективности пенообразования. Кроме того, в области высоких температур уменьшается прочность пленок пены из-за значительного роста парциального давления паров воды.

Результаты второй серии экспериментов по влиянию концентрации насыщенных галургических растворов в температурном диапазоне $25\text{--}85^{\circ}\text{C}$ на высоту и объем образующейся пены представлены в табл. 3 и на рис. 2.

Таблица 3

Влияние концентрации насыщенного при заданной температуре раствора на его пенообразующую способность

№ п.п	Температура раствора, $^{\circ}\text{C}$	Максимальный объем пены в мерном цилиндре, мл	Максимальная высота пены в мерном цилиндре, мм
	25	150	84,6
1	35	180	112,8
2	45	180	112,8
3	55	170	103,4
4	65	135	70,5
5	75	125	61,1
6	85	110	47

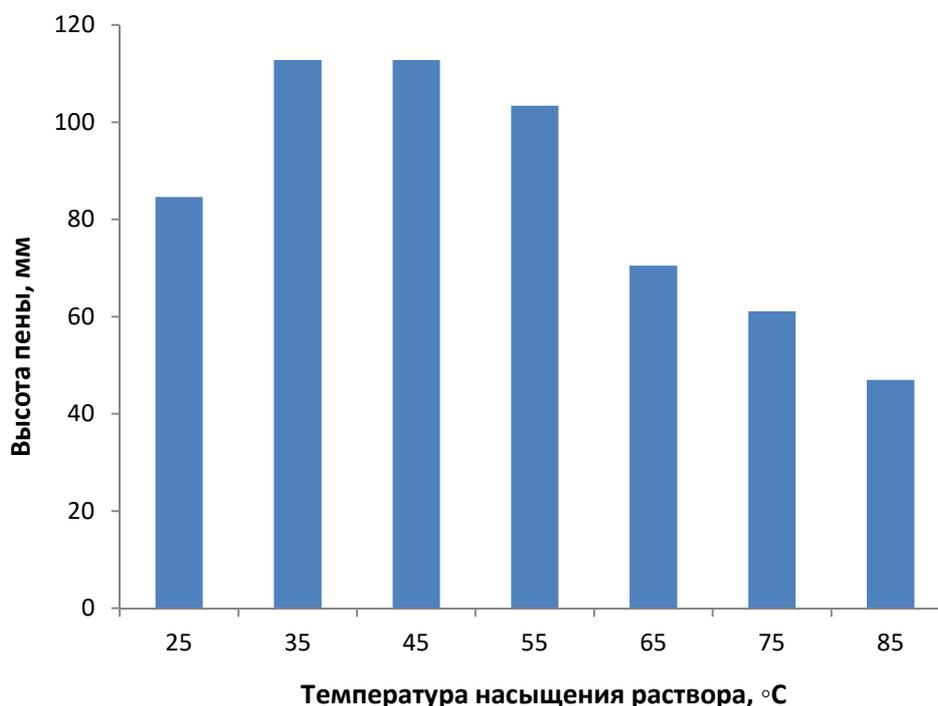


Рис. 2. Зависимость высоты пены от концентрации насыщенного раствора при заданной температуре

Из рисунка видно, что максимальный уровень пены формируется при температуре насыщения раствора в диапазоне $35\text{--}55^{\circ}\text{C}$. В данном интервале концентраций плотность раствора и его вязкость, по-видимому, являются наиболее оптимальными для процесса пенообразования. Кроме того, парциальное давление паров воды при данной температуре не

является достаточно большим, чтобы привести к процессу разрушения пленки образующихся в процессе аэрации пузырьков. В дальнейшем при росте концентрации раствора растет и его температура (диапазон 65–85°C), что приводит к снижению вязкости раствора и падению прочности пленки пузырьков. Кроме того, рост температуры пропорционально увеличивает рост парциального давления, что также отрицательным образом сказывается на устойчивости пенообразования.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено влияние температуры и концентрации насыщенных галургических растворов на процесс пенообразования. Показано, что наиболее устойчивая пена формируется в диапазоне температур 35–55°C при соответствующей концентрации насыщения исследуемых растворов хлорида натрия и калия. Данные особенности необходимо учитывать при выборе технологических решений для исследования процессов пеноподавления галургических растворов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышева А.Д., Лановецкий С.В., Косвинцев О.К. Обзор перспективных способов пеноподавления в жидких средах // Материалы всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых «Молодежная наука в развитии регионов». Березники, 29 апреля 2020 г. Пермь: Изд-во ПНИПУ. С. 291–296.
2. Гельфман М.И., Кирсанова Н.В., Ковалевич О.В. Практикум по коллоидной химии. СПб.: Лань, 2005. 256 с.
3. Гончарик И.К., Можейко Ф.Ф., Войтенко А.И., Куликова Т.П. Изучение пенообразующей и стабилизирующей способности бинарных растворов натриевых солей карбоновых кислот различной длины цепи // Журнал прикладной химии. 2006. Т. 79. № 3. С. 477–482.
4. Можейко Ф.Ф., Дихтиевская Л.В., Гончарик И.И., Шевчук В.В. Регулирование пенообразования поверхностно-активных веществ в растворах неорганических электролитов // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. 2018. Т. 54. № 1. С. 37–45.
5. Гончарик И.И., Можейко Ф.Ф., Войтенко А.И., Кудина О.А. Влияние неорганических электролитов и алифатических спиртов на пенообразующую способность натриевых солей карбоновых кислот // Журнал прикладной химии. 2010. Т. 83. № 4. С. 584–588.
6. Вятчина О.Ф., Жданова Г.О., Стом Д.И. Некоторые особенности реакции пенообразования в суспензии сахаромикетов // Сибирский медицинский журнал. 2010. Т. 93. № 2. С. 34–36.
7. Демьянова Е.И., Глухарева Н.А., Крысанова Т.А. Пенообразование смесей лаурата натрия с амфотерными ПАВ типа ациламинопропилкарбоксиветаинов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 17 (188). С. 135–139.
8. Ремизова У.В., Матченя А.В., Скоморощенко О.В., Шебункова Е.Г. Исследование пенообразования в растворах поверхностно активных веществ // в книге: Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. Материалы 10-й Международной научно-технической конференции. 2020. С. 334–336.
9. Malysa K., Miller R., Lunkenheimer K. Relationship between foam stability and surface elasticity forces: Fatty acid solutions // Colloids Surf. 1991. V. 53. P. 47–62.
10. Langevin D. Influence of interfacial rheology on foam and emulsion properties // Adv. Colloid Interface Sci. 2000. V.88. P. 209–222.
11. Stubenrauch C., Khristov Kh. Foams and foam films stabilized by CnTAB: Influence of the chain length and of impurities // J. Colloid Interface Sci. 2005. V.286. P. 710–718.

12. Santini E., Ravera F., Ferrari M., Stubenrauch C., Makievski A., Kragel J. A surface rheological study of non-ionic surfactants at the water-air interface and the stability of the corresponding thin foam films // Colloids and Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects. 2007. V. 298. P. 12–21.

Поступила 15.03.2021

УДК 661.424.4:67.08

Р.Р. Фаткуллин, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев
ОБЗОР СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ГЛИНИСТО-СОЛЕВЫХ ШЛАМОВ КАЛИЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В статье рассматриваются различные варианты переработки и утилизации глинисто-солевых шламов калийных обогатительных фабрик. Показаны перспективные направления и технологии использования отходов калийной промышленности, внедрение которых позволит повысить эффективность производства хлорида калия и снизит экологическую нагрузку на окружающую среду.

В производстве хлорида калия из калийно-магниевых руд формируется огромное количество глинисто-солевых отходов, представленных в виде густой суспензии. Твердая часть данной суспензии в основном состоит из глины, песка и кристаллов сильвина и галита. В жидкой фракции представлена в виде водного раствора солей хлорида натрия, калия, магния.

В процессе производства одной тонны целевого продукта – хлорида калия, попутно образуется около 2,5–3 тонн галитовых отходов с влажностью порядка 12%, а также, примерно, около 300 кг нерастворимого остатка с отношением жидкой фазы к твердой в пределах 1,5–2,5.

В настоящее время в непосредственной близости от производственных площадок по обогащению калийной руды сформированы сотни миллионов тонн глинисто-солевых отвалов, занимающих более 900 га полезных территорий [1]. Утилизация данных отходов является важной экологической проблемой, решение которой позволит существенно снизить техногенную нагрузку на окружающую среду и увеличить извлечение полезных компонентов.

В представленной работе проведен краткий анализ переработки отходов производства калийных солей и показаны сферы их дальнейшего использования.

Известно, что глинисто-солевые отходы обогатительных предприятий могут быть использованы в качестве строительных добавок для повышения интенсивности твердения строительных растворов и улучшения их реологических характеристик [2], при бурении скважин вместо глинистых растворов [3], как наполнители пористой резины, в сельском хозяйстве в качестве минеральных добавок [4]. Для повышения эффективности таких добавок рекомендуется к предварительно обезвоженному шламу добавлять хлорид калия либо другие минеральные удобрения [1].

Так, авторы патента [5] предлагают стадийное гидроциклонирование отходов калийных предприятий в виде пульпы шламов с выделением из нее предконцентрата. Полученный полупродукт подвергают обезвоживанию и сушке с последующей стадией гранулирования концентрата. Сформированный таким образом гранулят подвергают обжигу, в результате которого на выходе получают готовый продукт в виде огарка. Использование представленной технологии обогащения отходов калийных фабрик позволяет синтезировать

комплексное удобрение пролонгированного действия, которое с успехом может быть использовано для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Благодаря уникальным сорбционным характеристикам глинистые шламы калийных предприятий также с успехом можно рассматривать как вторичное сырье для получения сорбентов радионуклидов. При радиоактивном загрязнении водных ресурсов наибольшую опасность представляет техногенный радионуклид – радиоцезий ^{137}Cs . Авторы публикации [6] показали возможность использовать глинистые шламы в качестве сорбирующего материала для очистки водных ресурсов. В работе изучен гранулометрический и фазовый состав исследуемых глинисто-солевых шламов, проанализированы их сорбционные характеристики по отношению к ^{137}Cs , показана возможность модификации образцов глинистого шлама за счет разрушения присутствующих в них карбонатных соединений.

В работе [7] авторы предлагают использовать глинисто-солевой шлам и солевые отходы для размещения в выработанном пространстве шахт посредством послойного заполнения. Изначально пространство заполняют глинисто-солевым шламом, а после отстаивания подают пульпу из солеотходов до полного заполнения. Представленное изобретение может быть использовано для закладки выработанного пространства в процессе шахтной разработки калийных месторождений.

В патенте [8] рассмотрен способ существенного сокращения количества глинисто-солевых отходов, формирующихся в процессе галургического обогащения сильвинитовых руд, путем внедрения ряда технических решений в существующую технологию извлечения хлорида калия из руды. Авторами предложено подвергать раствор щелока, полученный после стадии растворения сильвинитовой руды, двухстадийному осветлению. При этом солевой шлам после первой стадии осветления направляется обратно в растворитель, а глинистые отходы со второй стадии осветления выводят на противоточную промывку с последующим отделением. Представленный способ позволит уменьшить количество глинисто-солевых отходов и увеличить извлечение KCl из руды.

В работе [9] авторами описан способ осаждения глинистых шламов, в результате которого в солевой раствор вводят последовательно катионный, а затем анионный флокулянт. Соотношение представленных флокулянтов находится в интервале от 2:1 до 1:5,5. В качестве катионного флокулянта предлагается использовать сополимер акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакрилатом натрия, а в качестве анионного флокулянта сополимер акриламида с акрилатом натрия. Предложенный способ позволяет повысить скорость фильтрации осадков в процессах очистки вод и растворов от мелкодисперсных глинистых частиц и создает предпосылки для увеличения плотности шламов и снижения их влажности.

В работе [10] авторами предложен способ размещения глинисто-солевых шламов в геотубах – специальных фильтровальных мешках. Принцип работы геотуба заключается в том, что в него поступает глинисто-солевой шлам, при этом твердые частицы оседают внутри геотуба, а жидкая часть фильтруется через его поверхность. Рассмотренная в статье технология использования геотубов позволяет осуществлять процесс обогащения калийных руд без строительства новых наземных шламохранилищ, что значительно снижает экологическую нагрузку на близлежащие территории.

Авторы работы [11] предложили утилизировать глинисто-солевые отходы калийных производств за счет их гранулирования совместно с пылевидной фракцией хлорида калия, полученного на стадии сушки целевого продукта. В работе исследована смачиваемость мелкодисперсных фракций KCl , выполнен анализ влияния поверхностно-активной добавки (лингосульфатов) на процесс гранулирования, установлены оптимальные условия получения однородных гранул.

В работе [12] показана возможность использовать галитовые отходы калийных предприятий в качестве сырья для получения технической поваренной соли и технического раствора NaCl . Авторами проанализирован фазовый и гранулометрический состав отходов,

изучены особенности распределения примеси CaSO_4 в кристаллах галита. Показана возможность ультразвуковой очистки отходов калийных обогатительных фабрик от сульфата кальция с последующим использованием обогащенного сырья в производстве целевых продуктов на основе хлорида натрия.

Представленный анализ патентной и научно-технической литературы показал, что утилизация и переработка глинисто-солевых отходов калийных производств является достаточно актуальной проблемой и может успешно решаться в современных условиях, позволяя снижать экологическую нагрузку на окружающую среду и значительно повышать эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов калийных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. М.: Химия, 1984. 9 с. 160 с.
2. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю. Высокопрочные бетоны на композиционных вяжущих с применением техногенного сырья// Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 2 (17). С. 174–180.
3. Хазимуратов Р.Р., Абдрахманов Р.Р., Дихтярь Т.Д. Применение полимер-хлоркалийевого бурового раствора для сохранения устойчивости стенок скважины // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Современные технологии в нефтегазовом деле». 2018. С. 313–316.
4. Каминский Ю.Д. Вовлечение в переработку техногенных отходов (Механохимия для экологии). Новосибирск.: Издательство Сибирского отделения РАН, 2018. 295 с.
5. Способ переработки отходов калийного производства: пат. 2497961 Рос. Федерация № 2012142039/02; заявл. 02.10.2012; опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31. 7 с.
6. Леонтьева Т.Г., Баклан А.А., Москальчук Л.Н. Перспективы использования глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий» для очистки водных сред и экосистем от радиоцезия// Труды БГТУ. 2016. № 3. С. 74–80.
7. Способ послыной закладки глинисто-солевых шламов и солеотходов в одну камеру: пат. 2410543 Рос. Федерация № 2009132401/03; заявл. 27.08.2009; опубл. 27.01.2011. Бюл. № 3. 7 с.
8. Способ переработки калийсодержащих руд: пат. 2414423 Рос. Федерация № 2014105222/05; заявл. 11.02.2014; опубл. 10.07.2015. Бюл. № 19. 7 с.
9. Способ осаждения глинистых шламов из солевых растворов, содержащих тонкодисперсные глинистые частицы: пат. 2315008 Рос. Федерация № 2006109122/15; заявл. 23.03.2006; опубл. 20.01.2008. Бюл. № 2. 6 с.
10. Борзаковский Б.А., Русаков М.И., Шилов А.В. Перспективы использования геотубов для размещения глинисто-солевых шламов на калийных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 1. С. 207–216.
11. Загидуллин С.Х., Долганов В.Л. Гранулирование отходов и трудно используемых продуктов калийных предприятий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2012. №13. С. 77–84.
12. Нисина О.Е., Лановецкий С.В., Косвинцев О.К. Влияние интенсивности ультразвукового воздействия на степень очистки галитовых отходов от примеси сульфата кальция // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2018. Т. 61. № 12. С. 122–128.

Поступила 15.03.2021

М.С. Кибанова, С.В. Лановецкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕАГЕНТОВ-ДЕПРЕССОРОВ ШЛАМОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСНОВНОЙ СИЛЬВИНОВОЙ ФЛОТАЦИИ ХЛОРИДА КАЛИЯ

Для снижения отрицательного влияния силикатных и глинисто-карбонатных примесей (шламов), присутствующих в сильвинитовых рудах Верхнекамского месторождения, в технологии флотационного обогащения на стадии сильвиновой флотации используются реагенты-депрессоры шламов. В работе представлены результаты лабораторных исследований реагентов-депрессоров и анализ технологических показателей стадии основной сильвиновой флотации с применением данных реагентов.

Сильвинитовые руды Верхнекамского месторождения характеризуется наличием силикатных и глинисто-карбонатных примесей (шламов). Силикатные и глинисто-карбонатные шламы представляют собой нерастворимые в воде минералы, такие как Fe_2O_3 , $\text{Ca}(\text{Mg}(\text{CO}_3)_2)$, CaSO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, MgCO_3 и др., которые существенно осложняют процесс флотационного обогащения калийных руд. Удаление нерастворимого остатка (Н.О.), более 2,5 %, осуществляется за счет комбинированной технологической схемы, состоящей из гидромеханического и флотационного обесшламливания. Для снижения пагубного влияния Н.О. на стадии сильвиновой флотации, а также для получения качественного продукта обогащения калийных руд – хлористого калия с высоким содержанием ценного компонента, в промышленности применяют флотационный реагент – депрессор шламов.

На сегодняшний день в технологии флотационного обогащения сильвинитовых руд широкое применение нашли такие реагенты-депрессоры как модифицированные карбамидоформальдегидные смолы, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и крахмал. Используемые в качестве реагентов-депрессоров гуаровая камедь, эпоксидная смола, четвертичные галогенсодержащие аммониевые соединения, натриевая соль тилозы, депрамин -96 и полимерная четвертичная соль также продемонстрировали высокие показатели при флотационном извлечении хлористого калия. Однако, из-за высоких затрат на синтезирование и производство данные реагенты не нашли широкого применения в калийной промышленности [1–14].

Исходя из анализа флотационных реагентов, используемых в технологии обогащения сильвинитовых руд [15], в представленной работе проведены исследования процесса сильвиновой флотации с применением в качестве реагента-депрессора шламов модифицированной карбамидоформальдегидной смолы марки «К-6» и крахмала картофельного (модифицированного и не модифицированного).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для проведения лабораторных исследований по определению эффективности действия реагента-депрессора шламов в качестве питания использовали пробу камерного продукта основной шламовой флотации следующего состава (по твердым компонентам, %мас.): КС1 – 31,5; Н.О. – 4,0.

Для приготовления водных растворов исследуемых реагентов (водного раствора карбамидоформальдегидной смолы с массовой долей основного вещества 5% и раствора крахмала картофельного (модифицированного и немодифицированного) с массовой долей основного вещества 1,3%) использовалась карбамидоформальдегидная смола марки «К-6» с массовой долей сухого вещества (46 ± 2) % и крахмал картофельный производства АО «Плещеевский крахмальный завод» и ООО «Чувашьенкрахмал».

Флотационные опыты проводились с использованием лабораторной флотационной машины ФМ-3. Удельный расход реагентов составил для карбамидоформальдегидной смолы

– 360,4 г/т руды, для крахмала – 162,2 г/т руды. Время флотации для всех опытов оставалось постоянным и составило 4,6 минуты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты лабораторных исследований представлены в таблице.

Таблица

Результаты исследований реагентов-депрессоров шламов на стадии основной сильвиновой флотации

Реагенты		К-6	Крахмал немодифицированный	Крахмал модифицированный
Удельный расход реагента, г/т (Q)		360,4	162,2	162,2
Концентрация флотационного реагента исходная, % ($C_{исх}$)		46	100	100
Концентрация раствора флотационного реагента, % ($C_{р-ра}$)		5	1,3	1,3
Пенный продукт основной сильвиновой флотации	Массовая доля, %	KCl _{сух.}	81,9	79,2
		KCl _{тв.}	84,0	80,1
		Н.О. сух.	1,9	1,7
		Н.О. тв.	2,0	2,0
Камерный продукт основной сильвиновой флотации	Массовая доля, %	KCl _{сух.}	2,0	2,6
		KCl _{тв.}	0,7	1,3
		Н.О. сух.	2,4	2,0
		Н.О. тв.	2,4	2,1
Выход концентрата основной сильвиновой флотации от операции, %		37,0	38,3	38,0
Извлечение KCl в концентрат основной сильвиновой флотации от операции, %		98,7	97,5	96,1
Извлечение Н.О. в концентрат основной сильвиновой флотации от операции, %		18,8	18,9	21,2

По результатам проведенных лабораторных испытаний установлено, что выход концентрата основной сильвиновой флотации от операции при обработке пробы камерного продукта основной шламовой флотации раствором карбамидоформальдегидной смолы составил 37,0% мас., при обработке раствором крахмала немодифицированного – 38,3% мас., а при обработке раствором крахмала модифицированного – 38,0 %.

Показано, что наилучший результат извлечения хлорида калия в концентрат основной сильвиновой флотации дал режим обработки сильвинитовой руды раствором карбамидоформальдегидной смолы марки «К-6» (извлечение хлорида калия в концентрат составило 98,7 %). При этом наиболее высокое извлечение нерастворимого остатка в пенный продукт основной сильвиновой флотации наблюдается при обработке руды раствором крахмала модифицированного (21,2%). Извлечение Н.О. в концентрат при обработке раствором карбамидоформальдегидной смолы К-6 и раствором крахмала немодифицированного находится, примерно, на одном уровне: 18,8 % и 18,9% соответственно.

Таким образом, по результатам лабораторных исследований установлено, что технологические показатели применения в качестве депрессора шламов раствора карбамидоформальдегидной смолы марки «К-6» и раствора крахмала картофельного немодифицированного сопоставимы. При этом наибольший экономический эффект достигается при использовании в качестве депрессора шламов смолы марки «К-6»,

поскольку расход реагента почти в 4 раза меньше расхода крахмала при сопоставимой стоимости реагентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ обогащения калийных руд с применением в качестве флотореагента депрессора на основе модифицированной карбамидоформальдегидной смолы: пат. 2729875 Рос. Федерация / Шишлов О.Ф., Трошин Д.П., Дождиков С.А., Ивченко Д.Г. № 2020112960; заявл. 06.04.2020; опубл. 13.08.2020, Бюл. № 23. 11 с.
2. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2165798 Рос. Федерация / Титков С.Н., Вахрушев А.М., Чистяков А.А., Гуркова Т.М. [и др.] № 99118841/03; заявл. 01.09.1999; опубл. 27.04.2001, Бюл. № 12. 5 с.
3. Способ обогащения калийсодержащих руд: пат. 2399424 Рос. Федерация / Тетерина Н.Н. № 2009100520/03; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26. 5 с.
4. Способ обогащения калийсодержащих руд: пат. 2399424 Рос. Федерация / Тетерина Н.Н. № 2009100520/03; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26. 5 с.
5. Алиферова С.Н. Активация процессов флотации шламов и сильвина при обогащении калийных руд: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2007. 21 с.
6. Анализ и учет факторов, влияющих на технологический процесс флотации калийных руд / Олиферович Д.С. [и др.] // Доклады БГУИР. 2009. № 2 (40). С. 59–66.
7. Флотация сильвина из калийных руд при повышенных температурах / Турко М.Р. [и др.] // Труды БГТУ. 2014. № 3. С. 71–77.
8. Поликватернарный полимер как депрессор в способе пенной флотации калийных руд: пат. 2893121 Канада / Ян У. Густафссон, Кристина Ж. Ланнефорс № RST/EP2013/076816; заявл. 17.12.2013; опубл. 26.06.2014, Бюл. № 18. 20 с.
9. Использование карбамидоформальдегидной смолы при флотации калийных руд: пат. 20060226051 США / Джо Наваррет, Джим Джонсон, Стив Гэмбл № 60/669,280; заявл. 07.04.2006; опубл. 12.10.2006, Бюл. № 28. 25 с.
10. Активация катионной флотации калийных и калийно-магниевого руд с применением новых реагентов / Титков С. Н. [и др.] // Обогащение руд. 2005. № 6. С. 37–42.
11. Исследование на обогатимость и разработка технологии обогащения калийных руд Петриковского месторождения с повышенным содержанием хлористого магния / Турко М.Р. [и др.] // Горный журнал. 2018. № 8. С.83–88.
12. Титков С.Н. Активация действия катионных реагентов-собирателей // Записки Горного института. 2005. № Т. 165. С. 191–195.
13. Модифицированные аминокальдегидные смолы и их применение в процессах разделения: пат. 2432998 Рос. Федерация / Райт Джеймс Т., Уайт Карл Р., Гэбрилсон Курт, Хайнз Джон Б. [и др.] № 2009102038/03; заявл. 22.06.2007; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31. 53 с.
14. Аминно-альдегидные смолы и их применение в процессах разделения: пат. 20190112424 США / Джеймс Т. Райт, Джон Б. Хайнс, Лиза М. Артур [и др.] № 16/216, 737; заявл. 11.12.2018; опубл. 18.04.2019, Бюл. № 10. 19 с.
15. Кибанова М.С., Лановецкий С.В. Обзор флотационных реагентов, используемых в технологии обогащения сильвинитовых руд // Материалы всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых «Молодежная наука в развитии регионов». Березники, 29 апреля 2020 г. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020. С. 287–291.

Поступила 15.03.2021

Н.О. Пенелеев, С.В. Лановецкий
**ОБЗОР СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАДИИ
ОБЕСШЛАМЛИВАНИЯ НЕРАСТВОРИМОГО ОСТАТКА
В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИДА КАЛИЯ**

Основным способом извлечения хлористого калия из сильвинитовых руд является флотационное обогащение. В настоящее время наблюдается тенденция вовлечения в процессы обогащения руд с высоким содержанием водонерастворимых примесей. Нерастворимый остаток, обладая высокой поверхностной активностью, негативно сказывается на флотационном процессе, сорбируя большую часть собирателя сильвина. В данной статье рассмотрены способы повышения эффективности флотационного обесшламливания сильвина.

Руды Верхнекамского месторождения характеризуются непостоянством содержания водонерастворимых примесей в своем составе. Нерастворимый остаток (Н.О.) представлен высокоглинистыми примесями. Силикатные примеси – полевой шпат, иллит, хлориты и др. – составляют 70–80 % от Н.О. В роли карбонатной части встречаются магнезит, доломит и др. Содержание водонерастворимого остатка в промышленно разрабатываемых пластах Палашерского участка колеблется от 7 % до 18%.

Высокое содержания нерастворимого остатка оказывает влияние на аппаратурное оформление, экономические параметры процесса. Высокая поверхностная активность Н.О. обуславливает снижение извлечения КСl в концентрат, увеличение расхода реагентов, рост экологической нагрузки. Вовлечение в процессы обогащения руд с высоким содержанием нерастворимых примесей требует наличия высокоэффективного передела обесшламливания.

В представленной работе рассмотрены различные варианты совершенствования стадии удаления нерастворимого остатка в производстве хлорида калия, направленные на повышение эффективности флотационного обогащения сильвинитовых руд.

Одним из достаточно эффективных способов интенсификации процесса обесшламливания сильвинита является оптимизация аппаратурного оформления и технологической схемы флотационного обогащения. Так, в работе [1] описан способ интенсификации стадии механического обесшламливания низкосортных руд Тюбегатанского месторождения с содержанием Н.О. до 5,3 %. Авторы исследования предлагают производить удаление водонерастворимых примесей в песках гидроциклонов с помощью дополнительного аппарата – гидросепаратора. Применение гидросепаратора позволяет достичь степени обесшламливания 62,1%.

Разделение пульпы гидромеханическим методом осложняется близостью плотностей сильвина и галита. С целью лимитирования данного факта исследователи в статье [2] предлагают использовать гидроциклон-флотатор, обладающий камерой, в которой образуется барботажный слой с высокоразвитой поверхностью контакта. Данный аппарат обеспечивает повышение эффективности дешламации и снижает унос по твердой фазе на 40,3 %.

Авторы работы [3] предлагают интенсифицировать процесс путем установки проточного классификатора. Конструкция аппарата позволяет настроить аппарат под гранулометрический состав питания. Степень удаления мелкой фракции составляет до 90%.

В работе [4] интенсификация процесса обесшламливания руд с содержанием нерастворимых примесей 7–8% достигается путем предварительной классификации суспензированной руды с получением надрешетного (0,8–1 мм) и подрешетного (извлечение глинисто-карбонатных примесей в подрешетный продукт в количестве 40–45% от изначального) продуктов. Подрешетный продукт направляют на обесшламливание, в процессе которого удаляется более 30% Н.О., содержащегося в руде. Надрешетный продукт поступает на стадию дробления, а затем – на повторную классификацию. Подрешетный

продукт повторной классификации объединяют с камерным продуктом процесса обесшламливания и направляют на контрольную стадию флотации. При этом содержание Н.О. в объединенном потоке составляет не более 3%. Описанный метод позволяет обогащать высокоглинистые руды и сокращать расход реагентов.

Техническое решение, предложенное коллективом авторов [5], позволяет интенсифицировать процесс обесшламливания руд с содержанием Н.О. до 10%. Пульпу разделяют по крупности 0,7 мм на стадии предварительной классификации. Надрешетный продукт доизмельчают, проводят последовательную классификацию в два этапа по крупности 1 мм (классификация 1-й стадии) и 0,7 мм (классификация 2-й стадии). Продукт крупностью +1 мм возвращается на доизмельчение. Подрешетный продукт первой стадии классификации подается на стадию классификации 0,7 мм. Полученный подрешетный продукт второй стадии классификации совместно с подрешетным продуктом предварительной классификации подается на стадию шламовой флотации частиц – 0,7 мм. Надрешетный продукт второй стадии классификации отправляется на обесшламливание частиц с крупностью –1 + 0,7 мм. Данный способ позволяет достичь выхода Н.О. 80–85%. Разделение пульпы на два потока повышает скорость и селективность процесса дешламации.

Техническое решение, позволяющее вовлечь рудную базу, содержащую до 16% Н.О., в процессы обогащения предлагают авторы работы [6]. Отличием данного метода является разделение пульпы на два потока. Поток с крупностью частиц -0,63 мм флотируют в колонной флотомашине. Пульпу 0,63–1,2 мм подают на оттирку шламов, что способствует отрыву частиц Н.О., далее проводят процесс промывки маточным раствором с целью диспергации частиц примесей. Техническое решение позволяет достичь извлечения примесей колонной флотацией до 75%, снизить расход реагентов на 8–10%, обеспечить низкое содержание Н.О. (не более 2%) на стадии извлечения сильвина.

Достаточно часто частицы водонерастворимых примесей локализованы (капсулированы) на границе и внутри кристаллических агломератов измельченной руды. Такие частицы крайне сложно, а порой и практически невозможно, удалить гидромеханическими методами. В ряде публикаций показана возможность удаления Н.О. за счет ультразвуковой обработки.

Согласно исследованиям авторов работы [7], проводивших ультразвуковую обработку питания гидроциклонирования, содержащую 31,05% KCl и 4,23 % Н.О., максимальный выход нерастворимых примесей в слив наблюдается при интенсивности воздействия 3,88 Вт/см² в течение 30 секунд, минимальные потери KCl – 1,50%, максимальное содержание нерастворимых примесей – 74,0 % в сливе гидроциклона, что в промышленных условиях может способствовать снижению расхода реагентов.

Коллектив исследователей в работе [8] провел сравнение эффективности процессов обесшламливания при ультразвуковой обработке и без. Исключение основной массы примесей протекает в первые 30–40 с, что может способствовать сокращению фронта флотации, уменьшению количества камер флотомашин и, как следствие, снижению расхода электроэнергии.

Авторы работы [9] определили, что наибольшая степень обесшламливания 98,1%–98,4% руды с содержанием Н.О. от 4% до 6% наблюдается при интенсивности ультразвуковой обработки пропорциональной 0,5 А и продолжительности 90 с.

В авторском свидетельстве [10] предложено производить обработку карбоксиметилцеллюлозы ультразвуком с последующим добавлением карбамида до соотношения 1:0,02–0,1. Данный способ позволяет сократить расход реагента на 33%.

Также достаточно эффективно интенсифицировать процесс отделения нерастворимого остатка от частиц руды можно за счет термообработки исходного сырья. Авторы патента [11] провели исследования по предварительному СВЧ-нагреву измельченной руды до температуры 180°C, что, в дальнейшем, позволило провести флотацию руды с содержанием Н.О. 4 %, без предварительного обесшламливания с извлечением хлорида калия в концентрат до 97,2 %.

В работе [12] описан способ обогащения руды с содержанием нерастворимых примесей 3,5%. Способ включает термообработку измельченного сильвинита при температуре 180–550 °С с последующей флотацией. При этом извлечение хлорида калия в концентрат составило 96,7 %.

В авторском свидетельстве [13] показано, что отделение Н.О. производят путем магнитной сепарации, с предшествующим обжигом руды с содержанием водонерастворимых примесей – 4,8 % и КСl – 22 %. Степень извлечения нерастворимых примесей составила 73 %, а хлорида калия – 84,5 %.

В работе [14] представлен способ сокращения расхода реагентов и повышения качества готового продукта путем предварительного конвективного нагрева сильвинитовой руды с содержанием глинистых частиц до 8,8% на стадии измельчения до температуры 200–400 °С в течение 15–30 минут. Данный процесс способствует снижению Н.О. после стадии флотации до 1,5–2% и повышению степени извлечения КСl в готовый продукт до 92,8%.

Известно, что весьма эффективно регулировать процесс очистки минерального сырья от глинистых частиц можно не только за счет методов физического воздействия на исследуемый объект, но и за счет совершенствования реагентного режима стадии обесшламливания. В работе [15] представлен способ флотации Н.О. с применением в качестве коллектора средства универсального полимерного (СУП) и полиакриламида (ПАА). Реагент позволяет проводить обогащение руды, содержащей до 17,4% нерастворимого остатка. При расходе смеси ПАА : СУП = 1:20 достигается максимальная степень извлечения Н.О. = 71,8%.

В работе [16] коллектив авторов описывает способ дешламации, где в качестве реагента-собиравателя глинисто-карбонатных примесей используется смесь нефтяных масел с ингибитором коррозии эмульсол ЭМ1. Использование данного реагента позволило достичь степени извлечения Н.О. до 71,9 %. При этом расход эмульсола ЭМ1 составил 30 г/т руды, а полиакриламида – 1 г/т руды.

Авторами работы [17] проведены исследования по поиску нового коллектора глинисто-карбонатных минералов. В работе рассмотрены такие реагенты как неонол АФ9-25, этомин НТ/40, оксиэтилированный спирт. Авторами установлено, что сорбция на глинистых частицах руды оксиэтилированных спиртов выше, чем ненола и этомина. Данная особенность позволяет сократить остаточное содержание собирателей в оборотном маточном растворе и уменьшить вторичную флотацию шламов в сгустителях, что в свою очередь приводит к росту степени извлечения хлорида калия в концентрат и снижает потери целевого продукта.

Исходя из представленного обзора можно сделать следующие выводы. Применение усовершенствованных технологических схем обогащения, нового аппаратного оформления актуально лишь для вновь создаваемых обогатительных фабрик, поскольку, внесение изменений в действующий технологический процесс приводит к экономическим потерям, связанным с необходимостью закупки нового оборудования, и снижению объемов выпускаемой продукции. Увеличение числа стадий обесшламливания, усложнение технологических схем обогащения приводят к возрастанию себестоимости хлористого калия. Применение физических методов интенсификации процессов, связанных с СВЧ-нагревом, конвективным нагревом, ультразвуковой обработкой калийных руд, может привести к высоким энергозатратам. Также отсутствие опыта применения данных методов в промышленности затрудняет их реализацию в действующих процессах обогащения сильвинита. Наиболее распространенным и вариативным способом интенсификации процессов обесшламливания является совершенствование реагентного режима. Обладая достаточно высокой эффективностью и экономичностью, данный способ положительно зарекомендовал себя на действующих производствах по обогащению сильвинитовых руд флотационным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч., Меликулова Г.Э., Бойназаров Б.Т., Рахматов Х.Б. Исследование процесса обесшламливания сильвинитовой руды Тюбегатанского месторождения // Химия и химическая технология. 2015. №4 (50). С. 57–62.
2. Диков В.А., Суханов Д.Е. Исследование возможности применения гидроциклонов для центробежно-флотационного обогащения калийсодержащих руд // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). С. 104.
3. Левданский Э.И., Левданский И.А. Совершенствование процессов измельчения и обесшламливания сильвинитовой руды перед флотацией // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. 2015. №3 (176). С. 152–158.
4. Способ обогащения калийных руд: пат. 2245742 Рос. Федерация / Тетерина Н.Н. № 2003130650/03; заявл. 16.10.2003; опубл. 10.02.2005, Бюл. №4. 4 с.
5. Способ обогащения калийсодержащих руд: пат. 2354457 Рос. Федерация / Тетерина Н. Н. № 2007144138/03; заявл. 27.11.2007; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13. 7 с.
6. Способ обогащения высокошламистых калийсодержащих руд: пат. 2467803 Рос. Федерация / Черных О.Л., Тетерина Н.Н. № 2011107354 / 03; заявл. 25.02.2011; опубл. 25.11.2012, Бюл. № 24. 9 с.
7. Косвинцев О.К., Миронова С.А., Лановецкий С.В. Исследование влияния ультразвукового воздействия на стадии шламовой флотации сильвинитовой руды // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2-2 (36). С. 111.
8. Вахрушев В.В., Пойлов В.З., Косвинцев О.К., Федотова О.А. Кинетика обесшламливания сильвинитовой руды при ультразвуковой обработке // Инженерный вестник Дона. 2013. № 2 (25). С. 47.
9. Вахрушев В.В., Рупчева В.А., Пойлов В.З., Косвинцев О.К. Обесшламливание сильвинитовой руды при ультразвуковой обработке // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2 (23). С. 60.
10. Авторское свидетельство 1286291 СССР, МКИ В03D1/00. Способ флотационного обогащения калийных руд / Можейко Ф.Ф., Шевчук В.В., Домовская Г.Т. [и др.]. № 3934392/22-03; заявл. 02.08.85; опубл. 30.01.87, Бюл. № 4. 3 с.
11. Способ обогащения калийных сильвинитовых руд: пат. 2684380 Рос. Федерация / Арсентьев В.А. [и др.] № 2018117238; заявл. 08.05.2018; опубл. 08.04.2019, Бюл. № 10. 8 с.
12. Treatment of silvante ore: patent 2772775 US / George E. Atwood, Carlsbad, N. Mex., № 339917; заявл. 02.03.1953; опубл. 04.12.1956, Бюл. № 11. 5 с.
13. Авторское свидетельство 453389 СССР, МПК В03D1/015. Способ получения калийных удобрений / Комаров В.С., Можейко Ф.Ф., Варламов В.И. № 1757857/23-26; заявл. 03.10.1972; опубл. 15.12.1974, Бюл. №46. 2 с.
14. Авторское свидетельство 464571 СССР, МПК С05D1/04. Способ получения калийных удобрений из высокоглинистых сильвинитовых руд / Авилов В.Н., Можейко Ф.Ф. – № 1704657/23-26; заявл. 13.10.1971; опубл. 25.03.1975, Бюл. №11. 2 с.
15. Способ флотации глинисто-карбонатных шламов из калийсодержащих руд: пат. 10272 РБ / Крутько Н.П. [и др.] № 20060287; заявл. 04.03.2006; опубл. 30.12.2007, Бюл. № 5. 3 с.
16. Способ флотации глинисто-карбонатных шламов из калийсодержащих руд: пат. 12629 РБ / Маркин А.Д. [и др.] № 20081261; заявл. 10.07.2006; опубл. 12.10.2007, Бюл. № 10. 5 с.
17. Афолина Е.И., Конобеевских А.В. Интенсификация флотационного обесшламливания калийных руд // Горный журнал. 2016. №4. С. 56–60.

Поступила 15.03.2021

РАЗДЕЛ V. ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 735.29

С.Н. Дробязко **АНАЛИЗ АВТОМАТИЧЕСКИХ БУРОВЫХ КЛЮЧЕЙ**

Основной задачей исследования является обзор буровых автоматических ключей, применяемых для свинчивания/развинчивания буровых труб, с целью повышения производительности повышения безопасности.

В настоящее время все большее количество буровых компаний уделяет внимание наиболее перспективным разработкам в области нефтедобычи. Если 10–15 лет назад никто не задумывался об обновлении парка буровых ключей, то в сегодняшних реалиях это выходит на первый план. Обновление парка несет и материальную, и конкурентную выгоду. Позволяет сократить затраты на бурение скважины, время бурения, а за счет нового оборудования появляется возможность оперировать всеми размерами труб без замены самого ключа, что также вносит огромную экономию в процесс бурения.

Машиностроение в области бурового оборудования не стоит на месте. С увеличением добычи нефти и газа буровым компаниям приходится бурить все глубже, а также вести бурильные работы в условиях Крайнего Севера. Отсюда компании предъявляют к оборудованию все более жесткие требования на фоне того, что диаметр труб и глубина скважины становятся все больше. Поэтому буровое оборудование должно быть качественное, способное развивать большой крутящий момент и отвечать последним требованиям безопасности.

С советского времени и по сей день на многих месторождениях используются буровые ключи типа АКБ-4, техническое состояние и эксплуатационные качества которых устарели.

На фоне этого производители бурового оборудования предлагают и успешно внедряют на буровых автоматические ключи-роботы различных исполнений, в частности в работе изучен ключ АТТ-120СГА

Рассмотрим характеристики ключей.

Отличительные технические характеристики ключа АКБ-4:

Крутящий момент, кНм:

- на первой (быстрой) скорости 3,5
- на второй (медленной) скорости 70,0

Частота вращения верхнего трубозажимного устройства, об/мин:

- на первой (быстрой) скорости 51
- на второй (медленной) скорости 3,6

Диапазон измерения и автоматического регулирования крутящего момента 3÷70 кНм.

Привод трубозажимного устройства ключей осуществляется от пневмомотора, привод остальных механизмов – от пневматических цилиндров диаметром 100, 120 и 160 мм.

Управление ключами дистанционное с пульта управления.

Технические характеристики ключа АТТ 120СГА:

- Охватываемый диаметр замков труб 2 7/8”-85/8”
- Номинальное гидравлическое давление станции МПа(мгс/см²) 20+0,5
- Производительность гидростанции л/мин. 200+5
- Крутящий момент, КНм (мах)

– докрепление	100+-5
– раскрепление	120+-5
– спиннера	0,35+-5
Частота вращения спиннера об/мин	82+-3
Ход выдвижения ключа, мм	1500+-50
Вертикальное перемещение, мм:	
– минимальное	1000
– максимальное	1800

Плюсов у бурового ключа довольно много:

1. Буровой робот может выполнять работу сразу нескольких десятков человек. Робот берет на себя самую сложную и опасную обязанность – навинчивание и спайку сотен сегментов буровых труб по мере их установки.

2. С изобретением буровых роботов тяжелая и опасная работа для персонала ушла в прошлое. Данная машина сама контролирует и осуществляет этот процесс, тогда как операторы управляют ее работой дистанционно, наблюдая за показателями на экранах в безопасном месте – закрытом пункте управления.

3. В итоге, нефтедобывающим компаниям теперь требуется гораздо меньше обслуживающего персонала на объектах нефтедобычи. Там, где раньше была необходимость использовать труд 20 человек, отныне с теми же задачами справляется всего 5 человек.

4. По оценкам экспертов, нефтедобывающим компаниям в связи с внедрением узкоспециальной автоматизации сейчас требуется примерно в два раза меньше оборудования и персонала, чем в недалеком 2014 году.

5. Ключ-робот способен развивать крутящий момент в 12 КНм при максимальном диаметре трубы в 219 мм.

6. Монтаж ключа АТТ120 СГА осуществляется на штатное место бурового ключа АКБ.

В данный момент нефтяные компании предъявляют повышенные требования к закупаемому оборудованию, имея целью сделать буровую площадку автоматизированной и безопасной. И, учитывая все вышеперечисленное, буровой ключ АТТ 120СГА отвечает всем предъявляемым на сегодняшний день требованиям буровых компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <http://www.apnrem18.ru/index.php/product/2014-08-12-17-41-43>.
2. URL: <http://www.izhneftemash.nt-rt.ru/>.

Поступила 01.02.2021

УДК 621.313

В.В. Селетков

ИЗУЧЕНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ И ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДОБЫЧНЫХ СКВАЖИН

В статье рассматриваются вопросы, связанные с изучением литературы по установившимся и переходным процессам электротехнических комплексов добычных скважин. Большинство вводимых режимов связан не столько со статическими режимами работы УЭЦН, сколько с переходными процессами.

На этапах развития нефтегазовой промышленности в настоящее время идет тенденция на повышение энергоэффективности и спрос на энергосбережение.

Нефтегазовая промышленность, не только Российской Федерации, но и зарубежных стран, является одним из важнейших элементов, который обеспечивает уровень стабильности государств и выступает базовым элементом их экономики. На территории Российской Федерации находится большая часть мировых запасов нефти и порядка одной трети всех мировых запасов газа [2].

Одной из важных проблем в нефтегазовой сфере являются процессы, которые возникают при переходе от одного установившегося режима к другому [3]. Такие процессы называют переходными, возникающими в электрической цепи при переходе от одного установившегося состояния к другому. Можно выделить следующие причины возникновения переходных процессов: включение, выключение, короткое замыкание веток одной или определенной их совокупности. Изменения электрической цепи, связанные с изменением параметров элементов R , L , C цепи называются коммутационными изменениями или просто коммутацией.

В настоящее время является актуальным изучение вопросов, касающихся установившихся и переходных процессов электротехнических комплексов добычных скважин (ЭКДС).

Анализируя переходные процессы, следует отметить, что важным с точки зрения исследования изменения токов, является измерение напряжений сигналов и их влияние на работоспособность электротехнических устройств, электрических машин, линий пересылки и тому подобное.

Исследование переходного процесса в электрической цепи основано на нахождении закона изменения переходной величины и длительности переходного процесса.

Поведение электрической системы определяется ее режимом – состоянием, оно характеризуется значениями мощностей, а также напряжений, частоты и других физических величин – параметров режима. Существует два основных режима электрической системы, а именно: переходный, при котором наблюдаются быстрые изменения параметров режима и установившийся, при котором все параметры являются неизменными [4].

Законы коммутации могут быть доказаны, основываясь на следующем соображении: токи и напряжения в электрических цепях не могут достигать бесконечных значений. Итак, мгновенная мощность p имеет всегда конечное значение. Отсюда следует, что в элементах электрических цепей энергия электрического и магнитного полей может изменяться скачком.

Эти изменения могут быть обусловлены работающими автоматизированными системами и естественными причинами. Выделяют три основных вида переходных процессов: волновые, электромагнитные и электромеханические.

Процессы, вызванные коротким замыканием, являются наиболее распространенными из всего многообразия электромагнитных переходных процессов. На решении дифференциальных уравнений, описывающих поведение системы при временных изменениях параметров режима, базируются все расчеты переходных процессов. При этом используется практический подход, который применяется для решения всех инженерных задач, а также используются мгновенные значения параметров режима, позволяющие перейти от дифференциальных уравнений к алгебраическим и тригонометрическим [5].

В настоящее время повсеместно внедряются станции управления электроцентробежными насосами погружных установок для добычи нефти с преобразователями частоты на базе автономных инверторов напряжения, что обеспечило реализацию целого ряда режимов работы погружных асинхронных электродвигателей, которые отражают потребность решения конкретных производственных задач. К ним относятся режимы плавного пуска, реверса, торможения, толчка, регулирования частоты вращения по заранее заданной программе [6].

В заключение стоит отметить, что большая часть вводимых режимов связана с переходными процессами, а не только со статическими режимами работы УЭЦН. Решить этот вопрос можно благодаря проведению процессов оптимизации рабочих режимов устройств, а также оптимизации электроснабжения комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведева М.Л. Основы электрохимической коррозии и защиты оборудования при транспорте и хранении нефти и газа. М.: ФГУП Изд-во Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. 80 с.
2. Винокурцев Г.Г., Первунин В.В., Крупин В.А., Винокурцев А.Г. Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений. Ростов н/Д: Рост.гос. строит. ун-т, 2003. 124 с.
3. Хакимьянов М.Х. Управление электроприводами скважинных насосных установок. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 138 с.
4. Бобко Н.Н. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: лабораторный практикум для студентов. Минск: БНТУ, 2017. 51 с.
5. Нурбосынов Д.Н., Табачникова Т.В., Швецова Л.В. Анализ режима работы электропривода электротехнического комплекса добывающей скважины при провалах уровня напряжения и уменьшении поперечного сечения насосно-компрессорной трубы // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. № 4 (13). С. 52–58.
6. Ковалев А.Ю., Ковалев Ю.З., Солодянкин А.С. Электротехнологические установки насосной эксплуатации скважин: монография. Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2010. 105 с.

Поступила 01.02.2021

УДК 66.045

Л.Р. Минекаев

ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Огромную роль на технологических объектах в металлургической, нефтегазовой, в химической отраслях, а также в энергетике играет теплообменное оборудование. Данное оборудование осуществляет подвод или отвод тепловой энергии от рабочей среды. От корректной настройки режима работы теплообменника будет зависеть эффективность работы нефтегазовой установки.

Патент № SU1673818A1. Идея патента заключается в снижении энергозатрат, за счет способа определения оптимального режима работы теплообменника с активной насадкой. Изобретение относится к теплоэнергетике и может быть использовано в утилизационных установках. Данный патент подходит для решения нашей проблемы, основной задачей которой является снижение энергозатрат при подогреве продукта. Еще при проектировании необходимо решить проблему направления теплоносителя в трубу или затрубное пространство. Например, загрязненные и находящиеся под давлением теплоносители обычно направляются в пространство трубы. Насыщенный пар следует подавать в затрубное пространство. С него легче удалить конденсат. Пространство трубы (где есть вероятность выпадения загрязнений) легче чистить, а поперечное сечение для прохода теплоносителя меньше. Таким образом можно получить более высокие скорости и более высокие коэффициенты теплопередачи в пространстве трубы для хладагента.

Хотелось бы добавить к данному патенту информационно-управляющую систему автоматизации теплообменного оборудования. При установке данной системы будут решены следующие основные вопросы: автоматическое дистанционное каскадное регулирование; автоматическая система контроля уровня температуры в теплообменнике в блочном режиме; автоматическое регулирование подачи горячей воды (пара) в теплообменник; автоматическая регулировка температуры; установка температуры продукта в теплообменнике; автоматическая аварийная защита и автоматическая сигнализация, а также

ручное дистанционное управление технологическим агрегатом.

Данная информационно-управляющая система автоматизации будет состоять из множества датчиков:

- датчик температуры на выходе теплообменника;
- датчик расхода горячей воды;
- датчик измерения скорости вращения двигателей. Данный датчик позволяет измерять скорость и направление вращения посредством сигнала выходного напряжения;
- датчик горячей воды, нагнетаемой насосом;
- и другие.

Таким образом, при правильной настройке данной автоматизированной системы теплообменника сокращаются энергозатраты в несколько раз. Данная система сможет классифицировать химический состав нефти и выбирать оптимальный режим работы теплообменного оборудования для того или иного типа нефти. Тяжелая нефть обладает высокой вязкостью, а также повышенной плотностью, вследствие чего ее очень трудно извлечь на поверхность. Для поднятия на поверхность нефть постоянно подогревают, чтобы понизить ее вязкость. Благодаря автоматизированной системе можно определять тип нефти, а затем без каких-либо усилий поднимать ее на поверхность с минимумом энергозатрат. На экране компьютера при установленном программном обеспечении можно обозревать все стадии технологического процесса, а также следить за изменением всех параметров системы, делать необходимые изменения и исключать аварийные ситуации. Правильное программирование таких систем делает производство исключая присутствие в нем человека, что экономически выгодно с точки зрения предприятия, получающего прибыль.

В таком устройстве как теплообменник происходит процедура теплообмена между теплоносителями, имеющими разную температуру. Он играет колоссальную роль в нефтегазовой отрасли. При правильной настройке и выборе режима работы теплообменника повышается КПД УПН, а также улучшается экономический показатель. В заключение можно сказать, что рабочая площадь и температура носителей на входе и выходе из аппарата – это основные взаимосвязанные показатели качества работы теплообменника. Определив их путем теплового расчета, инженер сможет разработать основные решения для конструирования, ремонта, контроля и поддержания работы теплообменников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № SU1673818A1. Блумберг Д.М., Вейденберг И.К., Ильин И.Н. URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0001673818&TypeFile=html.
2. Савельев Н.И., Лукин П.М. Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов: учеб. пособие. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010. 80 с.
3. Булыгин Ю.А., Апасов В.Н. Расчет и проектирование теплообменного аппарата: учеб. пособие. Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2006. 136 с.
4. Справочник по теплообменникам: в 2-х т. / пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко [и др.] М.: Энергоатомиздат, 1987. Т. 2. 352 с.

Поступила 01.02.2021

И.И. Калимуллин
ОБЗОР ПАТЕНТОВ ПО НЕФТЕГАЗОВОМУ ДЕЛУ

Автором статьи представлена краткая характеристика трех запатентованных в последние годы патентов, относящихся к сфере нефтегазового дела: «Способ моделирования циркуляции бурового раствора в скважине», «Устройство для баллаستировки трубопровода» и «Регулятор давления газа». Патентообладателем всех рассмотренных патентов является ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ».

Новейшие технологии являются главным фактором научно-технического прогресса постиндустриальной экономики и служат инструментом, повышающим значение интеллектуальной собственности, поскольку исследование, разработка и внедрение новых технологий непосредственно связаны с созданием и использованием объектов интеллектуальной собственности. Сбор патентной информации, относящейся к последним техническим разработкам, анализ изменений и тенденций в научно-технических исследованиях дает возможность легального использования новейших технических достижений [1, с. 11].

В соответствии с этим представляется целесообразным рассмотрение нескольких изобретений в нефтегазовой сфере, запатентованных в последние годы.

Первый из рассматриваемых патентов – «Способ моделирования циркуляции бурового раствора в скважине» [2]. Авторы изобретения – В.В. Дуркин, В.М. Уляшева, Н.М. Уляшева, Л.А. Руль.

Изобретение относится к строительству скважин и предназначено для исследования циркуляционных процессов в скважине способом моделирования в ней циркуляции бурового раствора. Устройство для моделирования содержит: имитатор ствола скважины с установленным на нем выходным патрубком, имитатор бурильной колонны, циркуляционную колонну, имеющую емкость для бурового раствора, насос и трубопроводы.

Ближайшим аналогом заявленного способа моделирования циркуляции бурового раствора в скважине является способ, реализуемый с помощью установки для исследования процесса сальникообразования в скважинах (патент РФ №137682).

Задача рассматриваемого изобретения – создание такого способа моделирования циркуляции бурового раствора в скважине, который позволяет смоделировать циркуляцию бурового раствора в условиях, в максимальной степени соответствующих реальным условиям буровой скважины.

Сущность способа моделирования циркуляции бурового раствора в скважине состоит в определении свойств исследуемого бурового раствора, фиксации промысловых значений внутреннего диаметра скважины D_{c1} и наружного диаметра бурильных труб $d_{тр1}$, расчете внутреннего модельного диаметра скважины D_{c2} для имитатора ствола скважины и расчете наружного модельного диаметра бурильных труб $d_{тр2}$ для имитатора бурильной колонны модели буровой скважины. После этого изготавливают имитатор бурильной колонны и имитатор ствола скважины с выходным патрубком. Затем взвешенную массу шлама загружают в имитатор ствола скважины, а на выходе из выходного патрубка имитатора ствола скважины устанавливают фильтрационную сетку; емкость для бурового раствора заполняют исследуемым раствором, определяют фактическую скважинную производительность Q_1 и значения Рейнольдса для скважины Re_1 и для модельной скважины Re_2 , используя скорость течения в кольцевом пространстве V_k , которую выражают в виде отношения производительности Q к площади поперечного сечения кольцевого пространства скважины S и внутреннего диаметра скважины D_c , наружного диаметра буровых труб $d_{тр}$, плотности бурового раствора $\rho_{бр}$, динамической вязкости η , после чего производят расчет числа Рейнольдса по формуле

$$\frac{Q \cdot (D_c - d_{\text{тр}}) \cdot \rho_{\text{б.т}}}{\eta \cdot S}$$

Далее приравнивают полученное скважинное значение Рейнольдса Re к модельному значению Re_2 и определяют модельную производительность бурового насоса Q_2 по формуле

$$Q_2 = \frac{Q_1 \cdot (D_{c2} + D_{\text{тр}2})}{(D_{c1} + d_{\text{тр}1})}$$

На завершающем этапе исследования циркуляционных процессов в скважине способом циркуляции в ней бурового раствора устанавливают насос, соединенный с регулируемым лабораторным автотрансформатором, в емкость для бурового раствора и с его помощью устанавливают необходимое для исследования напряжение, зависящее от полученного расчетным путем значения модельной производительности бурового насоса Q_2 .

На завершающем этапе исследования циркуляционных процессов в скважине способом циркуляции в емкости для бурового раствора размещают насос, соединенный с регулируемым лабораторным автотрансформатором и с его помощью устанавливают необходимое для исследования напряжение, зависящее от полученного расчетным путем значения модельной производительности бурового насоса Q_2 .

Технический результат рассмотренного изобретения состоит в повышении точности определения параметров циркуляции бурового раствора, предназначенного для исследования скважинных процессов.

Следующим изобретением, подлежащим рассмотрению в настоящем обзоре, является устройство для баллаستировки трубопровода [3] (авторы изобретения А.С. Кузьбожев, И.В. Шишкин, И.Н. Барилло, С.А. Шкулов, Ю.А. Маянц, А.В. Елфимов).

Область применения изобретения – балластировка сооружаемых или ремонтируемых подземных трубопроводов. Авторы изобретения решили задачу создания устройства для балластировки трубопровода, устойчивого к опрокидыванию и смещению, а также исключающего возможность нарушения защитного противокоррозионного покрытия трубопровода при контактировании его с утяжелителем в процессе установки или эксплуатации, включив в устройство замкнутый поворотный хомут из эластичного антифрикционного материала, состоящий из двух соединенных с помощью стержня полухомутов.

Заслуживают внимания конструкция и монтаж устройства для балластировки на трубопровод. Проблемы успешной балластировки трубопровода в патенте решены путем установки на трубопровод замкнутого поворотного хомута, охватывающего трубопровод. К поворотному хомуту при помощи соединительных лент крепится седловидный утяжелитель, изготовленный из железобетона. При монтаже устройства утяжелитель устанавливается на трубопровод сверху, после чего его поворачивают вокруг оси трубопровода на 180° ; в результате утяжелитель занимает положение под трубопроводом, что обеспечивает наиболее низкорасположенный центр тяжести устройства для балластировки.

Монтаж устройства для балластировки трубопровода осуществляется следующим образом. Участок балластируемого трубопровода (обычно большого диаметра, например 1420 мм) при помощи грунтовых призм располагают на границе траншеи и монтируют на нем поворотные хомуты таким образом, чтобы соединяющие полухомуты стержни были расположены в строго горизонтальной плоскости на уровне оси трубопровода. В месте размещения утяжелителя на дне траншеи выполняют приямки и опускают трубопровод в траншею, после чего на него выемкой вниз устанавливают утяжелитель и, пропуская соединительные ленты через проушины стержней и проушины в верхней части утяжелителя, скрепляют поворотные хомуты с утяжелителем. Последней операцией монтажа устройства

для балластировки трубопровода является поворот утяжелителя до положения, при котором он располагается под трубопроводом.

Предлагаемое устройство для балластировки трубопроводов обладает расширенными по сравнению с аналогом технологическими возможностями для балластировки трубопроводов и повышенную надежность их закрепления.

Закончим обзор описанием изобретения под названием «Регулятор давления газа» [4] (авторы изобретения И.В. Шишкин, П.А. Кузьбожев, И.Н. Барилло). Область применения предлагаемого регулятора давления газа – техника автоматического регулирования технологических процессов, в частности, регулятор может найти применение в газовой промышленности для регулирования давления газа на газопроводах. Обозначенная авторами изобретения задача – создание устройства для регулирования давления газа свободного от таких недостатков аналогов и прототипа изобретения, как повышенный уровень вибраций при работе и низкие эксплуатационная надежность и пропускная способность. В предлагаемом регуляторе давления газа нивелированы за счет включения в регулятор давления исполнительного механизма, содержащего корпус, крышку, седло с опорой, затвор и уплотнительные элементы, причем отличительной особенностью описываемого регулятора давления является изготовление опоры и седла с сопрягаемыми ступенчатыми стенками, на поверхности которых выполнены кольцевые проточки, а уплотнительные элементы регулятора давления размещаются на поверхности кольцевых проточек; кроме того, ниже по потоку газа размещаются разделительные стенки.

Принцип работы регулятора давления газа состоит в раздельном дросселировании газа через регулирующие зазоры с последующим профилированием потоков газа разделительными стенками, в результате чего устраняются области завихрения потока сжатого газа и обеспечивается его стабилизация.

Регулятор давления газа содержит корпус с крышкой, в которой размещены седло клапана с опорой и разделительными стенками. Седло клапана выполнено в форме стального усеченного пустотелого конуса с гладкой наружной поверхностью и внутренней поверхностью, имеющей ступенчатый профиль. Такой профиль формируется путем последовательного размещения кольцевых проточек с вертикальными и горизонтальными плоскостями. Переток газа в стенке седла клапана происходит через сквозные цилиндрические отверстия, а регулирование расхода газа осуществляется за счет перемещения затвора в осевом направлении. При этом наружная сторона конуса имеет ступенчатый профиль, формируемый аналогично профилю седла клапана. Герметизация регулятора давления обеспечивается размещением уплотнительных элементов из стойкого к истиранию и эластичного материала на последовательно расположенных проточках горизонтальных и вертикальных плоскостей.

По материалам патентного обзора можно сделать вывод о высоком техническом уровне изобретений в нефтегазовой отрасли, что отвечает сложности применяемого оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А.Т., Шепелев Р.Е. Патентная активность в нефтегазовом комплексе // Вестник университета. 2015. № 9. С. 11–17.
2. Дуркин В.В., Уляшева В.М., Уляшева Н.М., Руль Л.А., Михеев М.А. Способ моделирования циркуляции бурового раствора в скважине. URL: https://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2602635&TypeFile=html (дата обращения: 25.12.2019).
3. Кузьбожев А.С., Шишкин И.В., Бирилло И.Н., Шкулов С.А., Маянц Ю.А., Елфимов А.В. Устройство для балластировки трубопровода. URL: https://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2680772&TypeFile=html (дата обращения: 25.12.2019).

4. Шишкин И.В., Кузьбожев П.А., Бирилло И.Н. Регулятор давления газа. URL: https://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2666077&TypeFile=html (дата обращения: 25.12.2019).

Поступила 01.02.2021

УДК 622.692.4.053

И.Д. Рахимов
**РЕМОНТ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ 29-ГО КМ МАГИСТРАЛЬНОГО
ТРУБОПРОВОДА «КАЛТАСЫ – ЯЗЫКОВО – САЛАВАТ»
ЧЕРЕЗ РЕКУ БЕЛАЯ**

Рассмотрены возможности применения методов и способов проведения подводного ремонта переходов магистрального нефтепровода через водные преграды (реку). Составлена технология проведения подводного ремонта с учетом сезонности и изменения поймы реки.

Одной из основных проблем при прохождении магистрального нефтепровода под водой в пойме реки являются труднодоступность и сложность технического обслуживания и ремонта, что приводит к необходимости применения специализированной техники и оборудования, а также дополнительным финансовым вложениям.

Рассмотрены возможности применения подводно-технических работ при проведении в зимний и летний периоды аварийного ремонта подводного перехода 29-го километра магистрального нефтепровода «Калтасы – Языково – Салават», построенного в условиях учета изменения поймы реки Белая в весенне-летний период.

Проведен анализ технологических особенностей подводного ремонта подводных переходов нефтяного магистрального трубопровода через водные преграды в зимнее и летнее время с учетом безопасности и соблюдения требований по охране труда, чтобы определить алгоритм действий, перечень оборудования, финансовые затраты при ремонте.

Приведены основные принципы технологического оснащения и безопасности проведения подводных ремонтных работ, основные методики аварийных подводных ремонтных работ, а также послеремонтных подводных испытаний. Приведена технология послеремонтной проверки проведенных работ.

Приведены алгоритм проведения работ при аварийном ремонте по освобождению участка от нефти в зимнее и летнее время и основной перечень проведения ремонтных работ по устранению неисправностей (аварии) с учетом требований по охране труда.

По результатам проведенного патентного поиска по теме подводного ремонта переходов магистрального нефтепровода через водные преграды были рассмотрены следующие документы:

- патент РФ RU 2481438 С2 «Подводный комплекс для ремонта подводных трубопроводов». Данное изобретение позволяет осуществлять подводный ремонт трубопроводов со значительными дефектами либо на участке повреждений значительной протяженности. Позволяет осуществлять сухую сварку в защитной газовой среде с применением кессона. Может быть применен при ремонте 29-го километра магистрального трубопровода «Калтасы – Языково – Салават» через реку Белая и учтен в разрабатываемом комплексном техническом регламенте ремонта конкретного участка магистрали, так как является более надежным методом по сравнению с устранением дефектов посредством сварки в водной среде;

- патент РФ RU 2554693 С2 «Способ ремонта трубопровода с использованием герметизирующей камеры». Данное изобретение позволяет осуществлять подводный ремонт

трубопроводов посредством установки герметизирующей камеры для возможности проведения ремонта с исключением возможности контакта с окружающей средой с помощью предустановленного погружного насоса, регулярно откачивающего воду. Может быть применен при ремонте 29-го километра магистрального трубопровода «Калтасы – Языково – Салават» через реку Белая и учтен в разрабатываемом комплексном техническом регламенте ремонта конкретного участка магистрали, так как позволяет осуществлять более широкий спектр ремонтных работ при повышенной безопасности (защита от контакта с водной средой);

- патент РФ RU 2605684 C1 «Система и способ обнаружения течи подводного нефтепровода». Данное изобретение позволяет осуществлять до-, а также послеремонтный мониторинг утечек продукта из нефтепровода посредством недорогого стационарного комплекса, позволяющего осуществлять контроль как вверх, так и вниз по течению реки. Может быть применен при ремонте 29-го километра магистрального трубопровода «Калтасы – Языково – Салават» через реку Белая и учтен в разрабатываемом комплексном техническом регламенте ремонта конкретного участка магистрали при расчетном подтверждении экономической целесообразности его применения по сравнению с дистанционными и плавучими детекторами утечек;

- патент РФ RU 2196978 C2 «Способ неразрушающего контроля качества кольцевых сварных швов магистральных трубопроводов, находящихся под водой». Данное изобретение позволяет осуществлять подводный контроль качества до- и послеремонтных сварных швов трубопроводов посредством установки на шов изолированной пленки и изолированного дефектоскопа. Может быть применен при ремонте 29-го километра магистрального трубопровода «Калтасы – Языково – Салават» через реку Белая и учтен в разрабатываемом комплексном техническом регламенте ремонта конкретного участка магистрали, так как позволяет осуществлять неразрушающий контроль сварных соединений подводных нефтемагистралей.

Поступила 14.02.2021

УДК 622.2

М.В. Антаков, И.М. Шевелев

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛАСТОВ ВКМКС

В данной статье рассматриваются ключевые особенности основных направлений по автоматизации процессов очистной выемки при освоении ВКМКС, а также формулируются необходимые требования к внедряемым информационным системам.

Важнейшим направлением технического прогресса в горнопромышленной отрасли является комплексная механизация и автоматизация очистных и подготовительных работ. Применяемые системы автоматизации в калийной сфере вместе с увеличением производительности должны повысить безопасность труда и улучшить режимные показатели работы соответствующего персонала, так как автоматизация позволяет отдалить человека от опасных зон резки и отламывания породы, от вращающихся режущих исполнительных органов комбайна, и свести к минимуму нахождение человека в зонах повышенного пылеобразования [1, 2].

Основные направления автоматизации связаны прежде всего [3]: с разработкой систем по автоматическому управлению движением исполнительного режущего органа; с

созданием систем программного управления по нагрузке приводов режущего органа; с внедрением новых систем, контролирующих перемещение комбайна в заданном маркшейдером направлении; с постепенным введением в практическое применение нового и модернизированного оборудования по креплению отработанного в результате проходческих работ пространства; с созданием систем, автоматизирующих процесс транспортировки добываемой породы и проветривания рабочего пространства при проходках. Совершенствование старых и внедрение новых указанных систем в перспективе повысит скорость и точность горнопроходческих работ, а также обеспечит их необходимое качество и безопасность.

В случае внедрения систем автоматического управления движением режущего органа такие требования можно сформулировать так [4]: внедряемая система в необходимой мере должна способствовать обеспечению более точной отработки запланированного профиля проходимой выработки, благоприятствовать большей маневренности при движении рабочего органа, при этом техническое сопровождение системы должно отличаться возможностью ее практически мгновенной перестройки и реформатированию в зависимости от меняющихся горных условий.

Создание систем программного управления по нагрузке приводов режущего органа должно способствовать наиболее полному использованию данного механизма с учетом задаваемых мощностных характеристик, а также защищать привод от технологических перегрузок, таким образом поддерживая баланс между необходимой в рамках поставленной задачи максимальной мощностью в условиях специфики конкретного месторождения и достаточной защитой привода от преждевременного износа вследствие неправильной эксплуатации. Внедрение таких систем для наиболее оптимального использования мощностей приводов исполнительного органа является актуальным по причине широкого диапазона изменения сопротивляемости калийных руд.

При создании автоматических систем для крепления выработок следует учитывать, что такие программные комплексы должны прежде всего обеспечивать заданный темп горных работ, не тормозя сам процесс проходки, и, обеспечивая при этом необходимый уровень технологической безопасности.

Разрабатываемые системы автоматического регулирования проветриванием горных выработок необходимы для соответствующего изменения режима проветривания в те моменты, когда такие параметры как температура, запыленность, а также содержание неблагоприятных для здоровья людей примесей в воздухе при добыче полезного ископаемого, отклоняются от безопасных санитарных норм.

В случае автоматических систем транспортирования породы ключевыми параметрами, оценивающими эффективность внедрения подобного рода систем, будут показатели, характеризующие бесперебойность работы горнопроходческого комплекса при его максимальной безопасности.

Внедрение автоматических систем, обеспечивающих проведение выработок в заданном направлении, должно обеспечивать программный контроль за положением комбайна в вертикальной и горизонтальной плоскостях в условиях неизбежной запыленности проходимых выработок с учетом заранее выбранных маркшейдером параметров направления движения и способствовать программному удержанию проходческой машины в установленном направлении при различных возмущениях, в том числе вибрационных, вызванных работой исполнительного органа, а также самим перемещением за счет гусеничного хода [5].

Выполнение сформулированных требований к вновь создаваемым и внедряемым системам автоматизации проходческих машин позволит значительно увеличить производительность и безопасность горных работ при отработке Верхнекамского месторождения калийных солей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старков Л.И., Земсков А.Н., Кондрашев П.И. Развитие механизированной разработки калийных руд // Пермь: изд-во ПГТУ. 2007. 522 с.
2. Сажин Р.А. Автоматизация технологических процессов горного производства: учеб. пособие. Пермь: изд-во ПГТУ. 2009. 198 с.
3. Чекмасов Н.В., Немцев В.А. Обоснование направлений совершенствования проходческо-очистных комбайнов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2005. № 6. С. 238–239.
4. Чекмасов Н.В., Бувеч В.В., Шишлянников Д.И., Габов В.В. Совершенствование исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов «Урал» // Известия вузов. Горный журнал. 2016. № 4. С. 52–55.
5. Михалев П.В., Ковалев А.А., Шевелев И.М. Совершенствование процесса горнопроходческих работ на рудниках верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей за счет внедрения автоматической системы управления движением комбайна // Молодежная наука в развитии регионов. 2019. Т. 1. С. 337–341.

Поступила 15.03.2021

УДК 622.2

О.А. Стяжков, И.М. Шевелев

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ДВУХКАМЕРНОЙ СИСТЕМЕ ОТРАБОТКИ ВКМКС В СРЕДЕ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА FLAC 3D

В статье приводятся алгоритм расчета для построения имитационной модели горной выработки при двухкамерной системе отработки в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей, а также основные расчетные циклы для моделирования процесса разрушения горных выработок.

При численном моделировании различных геомеханических процессов, анализе устойчивости подземных выработок, строительных конструкций и других инженерных сооружений используются различные программные пакеты, основанные на реализации эффективных численных методов [1, 2].

Численные методы позволяют рассчитывать поля напряжений, деформаций и перемещений, возникающие в несущих конструкциях, в элементах крепи, во вмещающем массиве. На основе полученных решений возможен прогноз поведения пород вокруг выработок, оценка их устойчивости, выбор подходящих материалов для строительства различных сооружений, обоснование наиболее устойчивых конструктивных схем, позволяющих значительно сократить вычислительные затраты [2].

Среди эффективных численных методов решения подобных задач наиболее широко известны метод конечных разностей (МКР), метод конечных элементов (МКЭ), метод граничных элементов (МГЭ), метод граничных интегральных уравнений и др., которые получают все большее распространение в инженерной и научной среде при широком использовании мощной вычислительной техники. Эффективное применение указанных методов для решения важных прикладных задач геомеханики зависит от разработки соответствующих универсальных программ и их реализации на ЭВМ [3].

Так, в России и за рубежом широко используются программные продукты FLAC 2D/3D, UDEC (© Itasca Consulting Group, US), Plaxis 2D, Plaxis 3D Foundation, Plaxis 3D Tunnel (© PLAXIS BV, Netherlands) и другие [1].

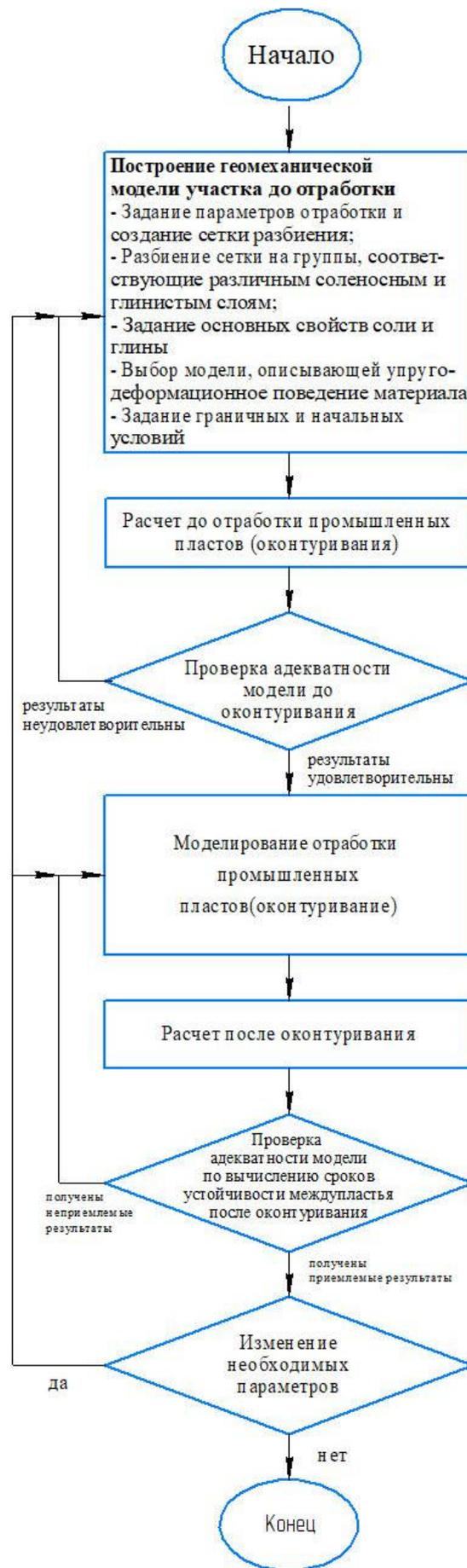


Рис. Основной расчетный цикл сроков устойчивости геомеханической системы при двухкамерной отработке в среде FLAC 3D

FLAC 3D – это программа, реализующая МКР и МКЭ для численного изучения механического поведения непрерывной трехмерной среды в случае, когда она достигает равновесия или состояния устойчивого пластического потока. Наблюдаемый результат зависит от конкретной математической модели, с одной стороны, и конкретной численной реализации, с другой.

Механика среды основана на общих принципах (понятие деформации, законы движения) и использовании уравнений, определяющих идеализированный материал. Полученное математическое выражение представляет собой набор дифференциальных уравнений в частных производных, связывающих механические (напряжение) и кинематические (скорость деформации) переменные, которые решаются для конкретных геометрических разбиений (сеток) и свойств материалов, с учетом определенных граничных и начальных условий. [4]

Основной расчетный цикл показан на рисунке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Господариков А.П., Зацепин М.А. Математическое моделирование прикладных задач механики горных пород и массивов // Записки горного института, 2014. Т. 207. С. 217–221.
2. Continuum and Distinct Element Modeling in Geomechanics: Proceedings of 2nd International FLAC/DEM Symposium, Melbourne, Australia, 14–16 February 2011.
3. Зацепин М.А. Математическое моделирование прогноза напряженно-деформированного состояния пологозалегающего массива горных пород // Вестник Санкт-Петербургского университета, Сер. 10, 2009, вып. 1. С. 68–73.
4. «FLAC3D 6.0 Theory and Background» – 2017 Itasca Consulting Group, Inc.

Поступила 15.03.2021

РАЗДЕЛ VI. ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

УДК 130.2

А.Н. Брезгина, В.В. Прокопец **ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВ ЛИЧНОСТИ И ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОСА)**

На основе прикладного социологического исследования представителей студенческой и рабочей молодежи в индустриальном промышленном центре Западного Урала выясняются факторы, влияющие на становление духовно-нравственного развития личности. Полученные данные можно использовать для анализа проблемных ситуаций и составления программ социально-экономического развития территории.

В настоящее время исследователи насчитывают сотни определений термина «культура», которое начали использовать еще в античности (Цицерон и др.) Понятие «молодежная культура» тоже довольно многоаспектное, и дать строгую дефиницию этому термину вряд ли можно, так как судить о какой-либо молодежной субкультуре только по внешним маркерам (стилю), под которыми можно понимать языковые формы, вкус в одежде и музыке, каноны проведения досуга, вряд ли будет верным подходом.

Например, представители молодежной субкультуры, которых условно можно назвать «оппозиционными» (рокеры, скинхеды, панки, crusties) не только привлекают внимание своим «кричащим» поведением, одеждой, но и вызывают осуждение окружающих: учителей, родителей и даже правоохранительных органов.

Несмотря на сложность и многоаспектность терминов «молодежь» и «культура», наша исследовательская группа решила выяснить, какие факторы влияют на становление, духовно-нравственное развитие человека и кого сами представители молодежи считают «культурной личностью».

С этой целью в Березниковском городском округе Пермского края нами были опрошены представители молодежи в возрасте от 16 до 30 лет. Респондентами выступили студенты Березниковского филиала ПНИПУ, политехнического техникума (БПТ), строительного техникума (БСТ), техникума профессиональных технологий (БТПТ), медицинского училища (техникума), представители рабочей молодежи ПАО «Уралкалий», АО «Березниковский содовый завод», ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», Филиала «Азот» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в городе Березники, АО «МХК «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат».

Всего в 2020 г. нами было опрошено 325 человек. Из них муж. пол – 53,54% (174 чел.), жен. пол – 46,46% (151 чел.). Средний возраст – 19,4 лет. Образование: среднее полное – 51,38% (168 чел.); среднее неполное – 25,99% (85 чел.); среднее специальное – 14,98% (49 чел.); начальное профессиональное – 7,03% (23 чел.); высшее – 0,61% (2 чел.)

На наш первый вопрос: «**Что, по Вашему мнению, входит в понятие «культурный человек»**» (выберите не более двух вариантов ответа или запишите собственное мнение) были получены ответы: 1) это человек, который знает и соблюдает нормы приличия, правила этикета и поведения – 78,90% (258 чел.); 2) это грамотная, развитая личность – 37,92% (124

чел.); 3) «культурный человек» определяется его культурой общения с другими людьми – 37,92% (124 чел.); 4) это личность, которая совершает хорошие поступки – 6,12% (20 чел.)

Наши молодые респонденты, можно предположить, прежде всего обращают внимание на «внешние» атрибуты личности (правила этикета, поведение), хотя в учебных заведениях им не раз говорили, что о человеке следует судить по его делам. Но здесь же можно заметить, что представители молодого поколения Березниковского городского округа довольно толерантны по отношению к представителям разных национальностей, которые приехали из других территорий [1].

На второй вопрос **«Согласны ли Вы с тем, что уровень культуры поведения современной молодежи уступает уровню культуры старшего поколения?»** были получены ответы: 1) да – 51,68% (169 чел.); 2) нет – 31,8% (104 чел.); 3) затрудняюсь ответить – 16,51% (54 чел.).

Как видно, больше половины опрошенных считают, что их уровень культуры отличается от представителей «отцов», хотя это не совсем согласуется с ответами на следующий вопрос.

Так на вопрос **«Кто или что сыграл (играет) наибольшую роль в Вашем становлении и развитии как личности? (выберите не более двух вариантов ответа или запишите собственное мнение)»** представители молодежи ответили: 1) родители – 59,63% (195 чел.); 2) друзья – 36,39% (119 чел.); 3) книги, пресса, кино, интернет – 29,66% (97 чел.); 4) другие родственники – 17,74% (58 чел.); 5) учителя – 15,6% (51 чел.); 6) знакомые, старшие товарищи – 10,09% (33 чел.); 7) никто – 7,65% (25 чел.); 8) коллектив класса, группы – 4,59% (15 чел.); 9) историко-культурное наследие города, края, страны – 2,45% (8 чел.); 10) трудовой коллектив – 1,53% (5 чел.); 11) другое – 1,53% (5 чел.): «Интернет» (1 чел.), «Религия» (1 чел.), «Улица» (1 чел.), «Я» (2 чел.).

Здесь интересно отметить, что на предыдущий вопрос молодые люди ответили, что их уровень культуры отличается от представителей «отцов», но в этом вопросе респонденты все-таки указали, что родители сыграли (играют) наибольшую роль в их становлении и развитии как личности (59,63%).

Следующий вопрос звучал так: **«Что для Вас важнее всего? (выберите не более двух вариантов ответа или запишите собственное мнение)»**: 1) иметь верных и преданных друзей – 45,57% (149 чел.); 2) иметь возможность хорошо зарабатывать – 30,28% (99 чел.); 3) иметь интересную работу – 29,97% (98 чел.); 4) «хорошо устроиться» в жизни – 28,13% (92 чел.); 5) иметь возможность хорошо одеваться и питаться – 14,68% (48 чел.); 6) уметь находить «нужных» людей – 11,31% (37 чел.); 7) весело и беззаботно проводить время – 10,09% (33 чел.); 8) уметь интересно отдыхать – 9,48% (31 чел.); 9) добиться признания окружающих – 5,5% (18 чел.); 10) быть лидером в коллективе – 5,5% (18 чел.); 11) другое (укажите) – 3,06% (10 чел.): «Заниматься тем, что люблю» (2 чел.), «Достигнуть своей цели» (1 чел.), «Любовь» (2 чел.), «Открыть собственное дело» (1 чел.), «Саморазвитие» (1 чел.), «Семья» (3 чел.).

Для представителей березниковской молодежи важнее всего в жизни «иметь верных и преданных друзей – 45,57% (149 чел.)». Для них это важнее, чем «иметь возможность хорошо зарабатывать – 30,28% (99 чел.)» и «иметь интересную работу – 29,97% (98 чел.)».

На вопрос **«Верите ли Вы, что с помощью религии можно что-либо изменить в лучшую сторону в нашем городе сегодня?»** респонденты ответили: 1) нет – 61,77% (202 чел.); 2) затрудняюсь ответить – 22,94% (75 чел.); 3) да – 15,29% (50 чел.).

Социальный институт религии по сравнению с советским периодом играет в современном российском обществе большую роль, но наши респонденты в большинстве своем все-таки считают (61,77%), что вряд ли что-то можно в Березниках изменить в лучшую сторону с помощью этого социального института.

Далее мы решили выяснить: **«Что Вам не нравится в людях? (выберите не более трех вариантов ответа или запишите собственное мнение)»**, респонденты ответили: 1) пьянство, наркомания – 47,71% (156 чел.); 2) зазнайство, высокомерие – 47,09% (154 чел.); 3)

хулиганство, преступное поведение – 41,90% (137 чел.); 4) подхалимство, угодничество – 25,08% (82 чел.); 5) безнаказанность нарушителей – 21,41% (70 чел.); 6) догматизм, пустословие – 19,27% (63 чел.); 7) легкомысленное отношение к семье, браку – 16,21% (53 чел.); 8) недобросовестное отношение к труду – 12,84% (42 чел.); 9) беспринципное отношение к жизни (блат, услуги только знакомым и т.п.) – 12,84% (42 чел.); 10) стяжательство, воровство – 11,62% (38 чел.); 11) бюрократизм – 7,95% (26 чел.); 12) карьеризм – 6,73% (22 чел.); 13) безразличное отношение к историко-культурно-природному наследию – 3,98% (13 чел.).

В этом вопросе на первое место респонденты поставили проблему пьянства и наркомании – 47,71%. На эту же проблему обратили внимание (также на первом месте) и представители старших возрастов в г. Березники (62%), так мы выявили в 2020 году [2]. То есть властям Березниковского городского округа следует еще более внимательно отнестись к этим видам девиантного поведения.

Нецензурная брань не присуща «культурному человеку», в связи с этим мы спросили: **«Как часто Вы допускаете в своей речи употребление нецензурной лексики?»**, были получены ответы: 1) иногда – 42,81% (140 чел.); 2) часто – 31,8% (104 чел.); 3) крайне редко – 19,27% (63 чел.); 4) никогда – 6,12% (20 чел.).

Довольно неприятный факт: только 6,12% наших респондентов никогда не используют нецензурную лексику.

На вопрос **«Каковы, на Ваш взгляд, причины роста преступности и беспринципного отношения к жизни? (выберите не более трех вариантов ответа или запишите собственное мнение)»** были получены следующие ответы: 1) нестабильность экономического и политического положения в городе, дороговизна жизни, отсутствие единства в действиях – 62,08% (203 чел.); 2) отсутствие уважения к закону – 32,72% (107 чел.); 3) слабая работа учреждений культуры, образования, правоохранительных органов, недостаточная материально-техническая база – 30,98% (101 чел.); 4) отсутствие веры в будущее – 29,97% (98 чел.); 5) лояльное отношение к преступникам и хулиганам – 27,83% (91 чел.); 6) ослабление борьбы с пьянством и наркоманией – 25,38% (83 чел.); 7) отсутствие социальной справедливости в распределении продуктов труда – 21,41% (70 чел.); 8) широкая информация о «легкой жизни» в средствах массовой информации (СМИ) – 17,13% (56 чел.); 9) другое (укажите) – 2,14% (7 чел.): «Упадок моральных принципов» (3 чел.), «Безработица» (2 чел.), «Воспитание в семье, окружение» (1 чел.), «Отсутствие равных прав независимо от положения» (1 чел.).

Как видно, экономические и политические проблемы, по мнению молодежи, необходимо решать в первую очередь.

Предпоследний вопрос звучал так: **«Ваши любимые занятия в свободное время? (выберите не более трех вариантов ответа или запишите собственное мнение)»**, респонденты ответили: 1) интернет – 69,72% (228 чел.); 2) занятие спортом – 31,5% (103 чел.); 3) хождение в гости – 30,58% (100 чел.); 4) чтение книг, газет, журналов – 22,63% (74 чел.); 5) посещение театров, кинотеатров, концертов – 20,8% (68 чел.); 6) просмотр ТВ – 16,82% (55 чел.); 7) посещение ресторанов, кафе – 12,54% (41 чел.); 8) игра в карты, лото, домино, шашки, шахматы и т.п. – 10,4% (34 чел.); 9) посещение спортивных мероприятий – 9,79% (32 чел.); 10) рыбная ловля, охота, загородные прогулки – 6,42% (21 чел.); 11) отгадывание ребусов, шарад, кроссвордов и т.п. – 5,81% (19 чел.); 12) посещение танцевальных вечеров, дискотек – 4,28% (14 чел.); 13) посещение музеев и выставок – 3,67% (12 чел.); 14) садоводство, цветоводство, огородничество – 3,67% (12 чел.); 15) разведение рыб, птиц, собак и т.п. – 1,22% (4 чел.); 16) другое (укажите) – 6,42% (21 чел.): «Прогулка на свежем воздухе, в лесу» (3 чел.), «Проводить время с друзьями» (2 чел.), «Проводить время с семьей» (2 чел.), «Работа» (2 чел.), «Рисование» (2 чел.), «Танцы» (2 чел.), «Провожу свободное время в гараже» (1 чел.), «Ездить на конюшню» (1 чел.), «Зависит от настроения» (1 чел.), «Игровые приставки» (1 чел.), «Молитва» (1 чел.), «Программирование» (1 чел.), «Просмотр сериалов» (1 чел.), «Спать» (1 чел.).

Как и следовало ожидать, интернет играет большую роль в жизни молодежи – 69,72%, а вот спортом, к сожалению, занимается меньше трети – 31,5%.

Последний вопрос звучал так: «**Если бы у Вас появилась возможность уехать из Березников в другой город, то Вы бы ей воспользовались?**», респонденты ответили: 1) да – 79,82% (261 чел.); 2) не знаю – 13,15% (43 чел.); 3) нет – 7,03% (23 чел.).

Довольно тревожный получен ответ: почти 80% наших молодых респондентов готовы при первой возможности покинуть г. Березники. А вот пенсионеры на этот вопрос в 2020 году нам ответили, что только 31% из них готовы уехать из Березников (49% сказали «нет» и 20% выбрали ответ «не знаю») [2].

Кроме этого, проведенный нами ранее опрос березниковской молодежи показал, что только «53,6% наших респондентов считают себя патриотами (из них юношей 57,1%, девушек 48,4%) и 20,3% себя патриотами не считают (22,3% юношей и 17,4% девушек), 26,1% не задумывались над этим вопросом (20,4% юношей и 34,2% девушек)» [3]. И это несмотря на принятые на уровне РФ многочисленные программы по формированию патриотизма.

В XXI в. на территории нашего исследования возникла еще одна серьезная проблема. В 2006 г. на территории г. Березники произошла техногенная катастрофа [4]. После затопления рудника БКПРУ-1 ПАО «Уралкалий» и образования провалов в черте города в городе фиксируется ежегодное отрицательное сальдо миграций. За последние десять лет (2010–2020 гг.) население Березников сократилось на 17 тысяч жителей (это более 10% населения). Кроме того, в эти же годы были закрыты два филиала университетов «гуманитарного профиля» (ПГНИУ и УрГЭУ), и в городе остались учебные заведения ВО (филиал ПНИПУ) и СПО с техническими направлениями.

Сокращение утечки мозгов, отрицательное сальдо миграций в обозримом будущем может поставить на территории нашего исследования ряд сложнейших проблем демографического, социально-экономического, политического характера [5].

Подводя итог, отметим: представителям власти, общественности, педагогам Березниковского городского округа следует обратить самое пристальное внимание на представителей молодежи (их проблемы и чаяния), так как именно молодежь в самое ближайшее время будет определять вектор развития территории и ее социально-экономический потенциал.

Полученные нами данные, в сравнении с подобными опросами в других регионах страны, должны помочь властям, политикам, педагогам при составлении, корректировке программ развития муниципального образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шилов В.В. Молодежь российской провинции о национальном вопросе (по результатам соцопроса в г. Березники Пермского края) // Власть (Москва). Общественно-политический журнал. № 8, 2014. С. 143–147.
2. Шилов В.В., Брезгина А.Н. Студенты Народного университета о культуре личности // Современное общество: вопросы теории, методологии, методы социальных исследований: материалы XIX (заочной) Всероссийской науч. конф., посвящ. памяти профессора З.И. Файнбурга / Отв. ред. В.Н. Стегний. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020. С. 232–240.
3. Шилов В.В. СССР глазами молодежи индустриального города. – Социологические исследования. № 4, 2019. С. 146–149.
4. Шилов В.В., Нестерова С.Ю. Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей как фактор динамичного развития Пермского региона // Экономика и предпринимательство: ведущий рецензируемый международный журнал независимых экономистов из перечня ВАКа и базы Agris (Москва). 2016. № 11 (ч.1) (76-1). (Vol. 10 Nom. 11-1). С. 1017–1022.

5. Шилов В.В. Повторится ли «Чикаго 30-х годов» в Верхнекамье Пермского края? // Власть (Москва). Общественно-политический журнал. № 5, 2014. С. 23–27.

Поступила 27.01.2021

УДК 069.1

П.А. Шаклеина, А.Н. Брезгина, В.В. Шилов
**К.Г. ПАУСТОВСКИЙ НА СТРОЙКЕ БЕРЕЗНИКОВСКОГО
ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

Рассматривается творческое наследие русского советского писателя, созданное во время его пребывания на строительстве молодого социалистического города Березники. Дополнением к официальному замечательному репортажу о крупнейшей стройке на Верхней Каме служат письма писателя к его жене и сыну.

Замечательный советский писатель, сценарист и педагог, журналист, военный корреспондент, чья кандидатура четырежды была выдвинута на Нобелевскую премию по литературе (1965, 1966, 1967, 1968) Константин Георгиевич Паустовский (1892–1968) в 1931 году по заданию Российского телеграфного агентства (РОСТА) как командированный журналист более двух месяцев был на строительстве Березниковского химического комбината (БХК) и оставил прекрасные воспоминания о первостроителях молодого социалистического города Березники.

Самого города Березники на политической карте тогда еще не было, он появился официально только 20 марта 1932 г. после заседания президиума ВЦИК РСФСР, на котором документально было закреплено рождение нового города Березники (протокол №10), поэтому как художник слова К.Г. Паустовский еще зарождающемуся городу придумал такие звучные метафоры: «республика химии на Каме», «великан на Каме».

Первоначально Константин Георгиевич написал очерк «Соль земли» [1] (Паустовский К.Г. Соль земли / В кн.: Паустовский К.Г. Собр. Соч. в 6-ти т. Т. 6. М., 1958. С. 258–308 (о Соликамске, Усолье, о строителях и химиках Березников), который публиковался отдельными главами в «Рабочей газете» (Москва), потом его очерки были опубликованы в журналах «Комбайн» (гл. ред. Иван Батрак), «Наши достижения» (гл. ред. Максим Горький), «Красноармеец и краснофлотец», «Юный натуралист», «Уральский следопыт» (Екатеринбург), а также в известных газетах того времени «Правда» и «Комсомольская правда». В 1934 году все свои очерки он объединил в книгу «Великан на Каме» [2] (Паустовский К.Г. Великан на Каме: на стройке Березниковского комбината. М.-Л.: Госхимиздат, 1934. 60 с.: ил.).

Описание строительства Березниковского химического комбината классиком советской литературы Паустовским и сегодня вызывает восхищение. Созданные им сюжетные, стилистические образы пейзажной и лирической прозы будут служить еще многие годы не только «простым» читателям, вызывая этическое и эстетическое наслаждение, но и быть ярким образцом для специалистов русской словесности.

В то же время в период господства «социалистического реализма» руководителями молодого социалистического государства как правило «приветствовался» героический труд строителей коммунизма, а «пороки» при социализме трактовались только как «родимые пятна капитализма» и о них, практически, не писали, тем более в таком серьезном и ответственном информационном телеграфном агентстве, как РОСТА.

Все очерки К.Г. Паустовского о г. Березники, БХК, первостроителях города и химкомбината хорошо знают современные жители Березников, дают им высокую оценку и

читатели других регионов РФ. Но великий писатель хорошо знал, что некоторые «бытовые» нюансы строителей БХК РОСТА просто не будет печатать, поэтому он их не освещал.

В то же время К.Г. Паустовский был очень честным человеком, с чувством собственного достоинства (в своих произведениях он полностью «избежал» славословия в адрес «вождя всех времен и народов» тов. Сталина) и в письмах из командировки своей первой жене Е.С. Загорской-Паустовской и маленькому сыну Диме довольно прямолинейно показал эти не совсем «литературные» моменты быта.

Эти письма представляют историческую ценность для более полного понимания советской истории эпохи первых пятилеток и для более «полной истории» второго по социально-экономическому потенциалу и численности населения Пермского края – г. Березники. Ниже будут представлены выдержки из некоторых писем.

Оценивая величие стройки Березниковского химкомбината в письмах к своей первой жене Е.С. Загорской и маленькому сыну Диме, он писал о многих интересных «бытовых» моментах. Цитируем ниже.

1 ноября 1931 г. Березники. «Крол, до сих пор не смог написать подробное письмо. Приехал в Березники 30 на рассвете. Живу пока в общежитии для командированных в комнате, где помещается 11 человек. Надежд на отдельную комнату пока нет. Корреспондент «Известий» ночует в редакции здешней газетки, спит на столе. Пока нас здесь двое, – он и я. Строительство громадное, но очень беспорядочное, сплошное столпотворение. Второй день тепло, идет дождь, грязь совершенно фантастическая, должно быть, в такой грязи на французском фронте тонули целые армии. Калоши очень пригодились.

Березники – химический комбинат из ряда отдельных громадных заводов – сернокислотного, хлорного, содового, аммиачного. Громадные очень красивые и причудливые корпуса стоят в низине, в яме, на берегу Камы. Кое-где рядом с бетонными застекленными зданиями торчат совершенно черные бревенчатые башни древних солеварен времен Ивана Грозного. Вокруг строительства все изрыто на несколько километров, но за Камой стеной стоят еловые леса.

Был в ближайшей деревне Ленве. Избы в два этажа, очень узкие, совершенно черные, миллиарды тараканов. Тараканы здесь всюду. На телеграфе из-за них поминутно останавливаются аппараты (...)

Сегодня со строителем здешней электростанции инженером Захаровым осматривал гигантские паровые котлы. Сооружение высотой в пятиэтажный дом. Пришлось ползать по железным лестницам без перил на головокружительной высоте и ходить на высоте 27 метров по тесовым доскам. Котлы собирают англичане – все с трубками и в черных шерстяных тубетейках, стягивающих голову, как сетка для волос.

Обедаю в столовой (2 р. обед). Кормят сносно. Посылки сюда присылать нет смысла, посылки почти не доходят, идут 2–2,5 месяца. С обедами завтра устроюсь дешевле. Забыл в Москве гребешок, – здесь нигде нет.

Со мной в комнате – очень спокойные люди – больше химики и электрики. Много интересных людей.

Пиши мне или до востребования (...). Письма лучше писать до востребования, телеграммы же (если понадобится) лучше присылать на редакцию, т.к. телеграф здесь безбожно путает фамилии. (...) Кот.

Коричневая рубаха очень хороша, – в белых здесь ходить невозможно, – дым лежит над строительством тучами» [3, с. 96–98].

7 ноября 1931 г. Березники. «Крол, (...) очень стосковался без тебя, без Димушки, но несмотря на здешнюю трудную жизнь, я очень доволен поездкой. Здесь вплотнуюходишь в современность и встречаешь много новых и интересных людей – химиков, инженеров, монтеров...

(...) После морозов опять тепло, дожди и вечный сумрак. Я втягиваюсь постепенно в жизнь стройки и уже разбираюсь в химических процессах, газгольдерах, давлениях пара и

т.п. Димушка-Передимушка, почему ни ты, ни мама ничего мне не пишете. Здесь для тебя было бы очень интересно, только маленьких на завод не пускают. Вчера ночью я был, когда пускали на электростанции громадные, как семиэтажные дома, паровые котлы – такие, как на «Титанике». Котлы заводили англичане, был такой гул и гром от пара, что англичане отдавали команду свитками, – закладывали два пальца в рот и пронзительно свистели. Если такой котел взорвется, то разрушит все вокруг на несколько верст. Лошади и коровы здесь маленькие и мохнатые, как овцы, дни очень короткие – когда ты идешь в детский сад, здесь еще совсем темно.

Слушайся мамы, не ссорься с ней и напиши мне письмо. Целую тебя крепко.

Папа.

Медведи меня не съедят потому, что они очень боятся завода и ходят кругом за несколько верст и рычаг» [3, с. 98–99].

28 ноября 1931 г. Березники. (...) Нужно было то, что здесь химики зовут «катализом», – это вещество состав которого держится в величайшем секрете. Смешивают несколько мутных газов, давят их в насосах, мнут паром, гоняют по трубам – газ остается все таким же мутным. Потом его пропускают через трубы, где лежит «катализ», и из труб льется чистая, необыкновенно прозрачная, пахнущая снегом и морем жидкость. «Катализ» превращает грязные газы в голубоватую сверкающую жидкость. Так было и со мной. Из всей душевной мути, из бабьего моего и мелкого раздражения, заставляющего говорить тебе отвратительные вещи, которые я тут же забывал, из неверия в себя, из тысячи новых впечатлений, из всего периода моей жизни, где единственной ценностью была любовь к тебе и Димушке, «катализ» (он был неизбежен), первая же поездка, оставившая меня наедине с собой, создал спокойную твердость, знание своих сил, сознание переделанной заново жизни. (...).

Маленькая моя, напиши мне сейчас же – ты должна знать, что вне тебя, Димушки и творчества у меня нет и не может быть жизни. Большие города и заводы строятся на крови и нервах – большая жизнь и большое творчество строятся на том же, как и большое счастье. (...) Сейчас трудно писать о делах. Выеду отсюда 25 декабря. (...) я рад поездке, она дала мне во сто крат больше, чем Кара-Бугаз. Третий день стоят морозы в 40 градусов – и ничего – шуба замечательная.

Целую. Твой Кот» [3, с. 99–101].

7 декабря 1931 г. Березники. «Крол, осталось 20 дней до моего возвращения в Москву. Я уже считаю дни – очень стосковался. (...) Опять сильные морозы – до 30 градусов. Это очень красиво – комбинат выпускает на воздух целые океаны пара, на закате пар и дым приобретают необычно яркий цвет пурпура, все небо густо-розовое и, что самое необычайное, – совершенно красные снега. Но во время морозов у меня начинает побаливать сердце – очень разреженный воздух. Я переменил комнату в той же гостинице. Теперь моя комната №1. В той было беспробудное пьянство (пьют здесь как в «Унтиловске» Леонова), дебоши, драки, швыряние бутылками и т. д. Ни работать, ни отдыхать было невыносимо. Сейчас со мной три очень тихих и славных инженера, комната №1 здесь специально отводится для непьющих [3, с. 101–102].

12 декабря 1931 г. Березники. «Крол, родной. (...). До отъезда из Березников осталось 12 дней, – 50 дней я уже «отсидел», вернее, отбегал. Вчера послал последний (десятый) очерк в «Раб. газету». Очерки вышли хорошие, много интересных вещей и незаурядный фон. До отъезда успею написать очерки для «Крокодила». Из очерков для «Раб. газ.» получается книжечка в 3 листа. В Москве я ее отделаю, дополню – это займет два-три дня – и сдам в одно из издательств» [3, с. 103–104].

Сын Г.К. Паустовского, которого в письмах он ласково называет «Димушка» — Вадим Константинович Паустовский (1925–2000) – всю свою жизнь хранил архив родителей, собирал материалы о них (передал Музею К.Г. Паустовского). Он написал статьи, очерки, комментарии и послесловия к произведениям своего отца: (был членом общественного совета журнала «Мир Паустовского»), отметил, что именно поездка на стройку

Березниковского химкомбината стала важным этапом в жизни отца, Березники, по его мнению, сделали из него писателя и журналиста. Он так пишет о березниковской командировке отца: «Поворот произошел неожиданно. В начале зимы ему предложили поехать в командировку от другой редакции. Требовалось написать серию очерков о строительстве химического комбината в Березниках. Жить на Урале пришлось в убогих гостиницах, со случайными людьми. Условия для работы были самые неподходящие, и тем не менее книга о Кара-Бугазе «пошла» именно здесь. Позже отец не раз шутливо ссылаясь на климат и даже придумал собственную теорию на этот счет. Он говорил, что суровая уральская зима «по контрасту» помогла ему лучше почувствовать сухой зной азиатских пустынь.

Однако мог сыграть роль и другой «климат». Возможно, повлияла эмоциональная обстановка огромного строительства, представшего перед ним во весь рост, со всеми достижениями, трудностями и противоречиями. Если бы отец познакомился только с парадной, показной стороной строительства, мне кажется, он так и не испытал бы ни внутреннего перелома, ни желания работать над книгой. В Березниках пришло освобождение от внутренней скованности, которая так тяготила его в предшествующие годы и мешала творчеству...» [4]

Следует обратить внимание в творчестве К.Г. Паустовского и на такой интересный аспект из жизни нашего города. В наши дни Березниковский историко-художественный музей носит имя И.Ф. Коновалова.

Иван Федорович Коновалов (1902–1981) основатель современного березниковского музея. Первоначально в 1925 г. он располагался в Палатах Строгановых, а в 1954 г. «переехал» на левый берег Камы в г. Березники.

Личность И.Ф. Коновалова «знаковая» для жителей Березниковского городского округа. Именно он воспитал первое поколение березниковско-усольских краеведов, музейщиков.

Разумеется, К.Г. Паустовскому и И.Ф. Коновалову было, «о чем поговорить», после чего великий писатель написал статью с характерным названием «Коноваловские ребята» [5], которая и в наши дни служит прекрасным источником по истории Березниковского городского округа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паустовский К.Г. Соль земли / В кн.: Паустовский К.Г. Собр. Соч. в 6-ти т. Т. 6. М.: Художественная литература, 1958. С. 258–308. (О Соликамске, Усолье, о строителях и химиках Березников).
2. Паустовский К.Г. Великан на Каме: на стройке Березниковского комбината. М.-Л.: Госхимиздат, 1934. 60 с.: ил.
3. Паустовский К.Г. Собрание сочинений в 9-ти томах. Т. 9. М.: Художественная литература, 1981. С. 96–104.
4. Паустовский В. Прививка к географии. URL: <http://paustovskiylit.ru/paustovskiy/vospominaniya/paustovskij-privivka-k-geografii.htm> (дата обращения: 28.01.2021).
5. Паустовский К.Г. Коноваловские ребята // Уральский следопыт (Екатеринбург), 1962. № 6.

Поступила 29.01.2021

В.В. Шилов

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННАЯ СИТУАЦИЯ В ГОРОДАХ АМСТЕРДАМЕ И БЕРЕЗНИКАХ: ИЗ ОПЫТА ПРЯМОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Рассматривается сложная ситуация с содержанием и эксплуатацией строений в столице Нидерландов, построенной ниже уровня моря на четыре метра, и крупнейшем городе на Верхней Кама после техногенной аварии на первом руднике БКПРУ-1 ПАО «Уралкалий».

После техногенной аварии на первом руднике ПАО «Уралкалий» в октябре 2006 г. в черте г. Березники начали образовываться провалы, и жителей из потенциально опасных зон начали переселять на правый берег р. Кама. Несмотря на солидное финансирование (федеральное, региональное, ПАО «Уралкалий») для строительства жилых домов, инфраструктуры в новом правобережном ЖК «Любимов» и внимание к этой проблеме первых лиц государства, включая президента РФ [1], в г. Березники наблюдается ежегодное отрицательное сальдо миграций. С 2010 по 2020 г. численность населения сократилось на 17,3 тысяч жителей. Даже в трудные для страны 1990-е гг. население Березников сократилось за десять лет меньше – на 10,1 тыс. человек.

Березники являются вторым по численности и социально-экономическому потенциалу городом Пермского края (после краевого центра г. Пермь) с самым низким уровнем безработицы на Западном Урале и, тем не менее, отток населения продолжается, хотя и идет переселение в правобережную часть Березников в новые комфортабельные дома [2].

Разумеется, нельзя тревожную демографическую ситуацию «списывать» только на «провалы», есть и другие факторы (город в кольце промышленных химических гигантов, закрытие железнодорожного вокзала, отсутствие вузов гуманитарного профиля и др.), но техногенная катастрофа явно играет большую роль.

Схожая сложная ситуация наблюдается в столице Нидерландов г. Амстердам, правда, в отличие от г. Березники, там не было техногенной аварии, а сама природная среда приносит большой ущерб строениям города, доставляет массу неудобств жителям.

Автор этих строк дважды посещал Амстердам, расскажу о своих наблюдениях по поводу решения природных аномалий властями и жителями этого красивого города.

Амстердам – столица (с 1814 г.) и крупнейший город Королевства Нидерландов. Он находится на западе страны в провинции Северная Голландия, в устье рек Амстел и Эй. Примечательно, что Амстердам расположен на четыре метра ниже уровня моря, но при этом соединен с Северным морем Нордзе-каналом. Упорство, мужество, трудолюбие жителей страны вызывают искренне восхищение.

Амстердам – официальная столица, но фактической является Гаага, так как именно там расположены парламент, правительство и сама королевская резиденция (в Амстердаме проходит только «коронация» монархов).

В конце 2020 г. население муниципалитета Амстердам составляло порядка 870 000 человек, а с пригородами (городской округ) насчитывается почти 2,5 миллиона жителей, их стойкость в борьбе с природой достойны уважения и изучения. Столько столетий они мужественно борются за каждый клочок земли (в самом прямом смысле), отвоевывая ее у воды! 40 процентов суши страны подданные королевства «отвоевали» у моря!

Даже знаменитые голландские мельницы, повсеместно изображаемые на самой разной сувенирной продукции, с незапамятных времен служат не только для мукомольного производства, но и приводят в действие помпы для откачивания воды.

Общая площадь города Амстердам составляет всего лишь 219,07 км². Березники имеют площадь в два раза больше – 431,1 км² при населении около 140 тысяч жителей. То

есть плотность населения в Амстердаме на один квадратный километр более чем в 10 раз выше березниковской.

У жителей «северной Венеции» (так иногда называют Амстердам), проживающих на такой небольшой территории с большой плотностью населения, соответственно и сами квартиры очень маленькие. Еще меньше у жилых домов, по сравнению даже с нашими российскими, – подъезды и лестничные проходы. Как правило, в домах у них очень узкие винтовые проходы, практически без лестничных площадок.

Неслучайно мебель в квартиры амстердамцев доставляют, как правило, через окна, а для этого почти у всех окон домов вмонтированы специальные крюки, которые выполняют роль «строительных лебедек».

На некоторых фасадах старинных домов можно встретить и внушительные поперечные балки, выступающие наружу. С помощью системы блоков и канатов эти балки использовались для поднятия грузов с бортов морских и речных судов прямо в складские помещения на чердаках.

Если говорить об «исторических зданиях», то здесь скульптурный декор фронтонов чаще всего выполнен в виде лепной рамки квадратной или округлой формы в сочетании с украшениями, символизирующими род занятий хозяина дома (инструмент, фигурки булочников, рыбаков, портных и т. д.)

Но по большому счету жилые помещения амстердамцев довольно «миниатюрные». Наша гид по столице Нидерландов Евгения, с иронией сетовала, что она долго не могла привыкнуть к их туалетам: *«Это просто ужас какой-то! У меня же там ноги на плечах. А еще когда моей дочери мы купили пианино, и поднимали его до третьего этажа, чтобы втащить его через окно, так оно сорвалось на уровне этого самого третьего этажа и так «красиво» падало и разлеталось в щепки...»*

Наш город Березники – очень молодой, официально образован 20 марта 1932 г., а вот Амстердам уже к XV в. стал крупнейшим торговым городом Нидерландов. И в наши дни исторический центр Амстердама отличается большим количеством хорошо сохранившихся средневековых зданий: культовых, административных, жилых и купеческих домов. При этом следует учитывать, что Амстердам – одна из самых маленьких столиц мира. И эта небольшая территория города по большому счету была с большим трудом отвоевана у воды (березниковские провалы для них – это просто маленькие «шалости природы»). Чтобы простая рыбацкая деревушка недалеко от Северного моря превратилась в город Амстердам, а в нем появились улицы и дома, была проделана просто колоссальная, титаническая работа.

Из-за большой и разветвленной сети каналов (в Амстердаме их около 600 и более 1200 мостов) многие постройки в этом удивительном городе держатся на массивных деревянных сваях, вбитых в песок и ил. Со временем некоторые сваи подгнивают, или просто их подтачивает вода, и дома начинают «плясать», удерживаясь от разрушения соседние.

Одним словом, часто постройки у них «пускались в пляс», поэтому амстердамские строения и получили шутовское название «танцующие дома» (иногда их называют «пьяные дома»). Очень интересно смотреть на волнистые фасады, особняки, будто теряющие свои балконы...

Опасно ли жить в Амстердаме? Наверное, да. Что меня поразило, почти все каналы там без ограждений. Неслучайно дети амстердамцев с детства обязательно обучаются плаванию и им дается поэтапно три диплома: 1) умеет плавать, 2) умеет плавать в одежде и 3) умеет плавать в одежде и спасать.

В Березниках и соседнем Соликамске (третий по величине город Пермского края) расположено Верхнекамское месторождение калийно-магниевого руд (занимает второе место по запасам руд в мире, после Канады). В наши дни в Березниках некоторые жители подвержены легкой панике в связи с затоплением БКПРУ-1 в 2006 г., горные выработки которого находятся под городом, вследствие чего в некоторых частях города не только наблюдается оседание почвы, но и образовались провалы.



Рис. 1. Почти все каналы с улицы без ограждений

Первый же провал образовался в ночь с 27 на 28 июля 1986 г. в лесном массиве, севернее солеотвала БКПРУ-3 (размеры по поверхности воды около 150x70 м, по кромке леса – 210x110 м, в 1988 г. глубина составляла 105 м, в 1992 г. – 74 м, в феврале 2000 г. – 52 м). Последний, десятый провал, образовался 2 мая 2018 г. на территории дачного кооператива «Ключики», в 56 метрах к северо-западу от второй соликамской воронки (размеры 25x32 м на 02.05.2018 г.)

Наибольшую проблему доставляют провалы после затопления первого рудника БКПРУ-1 ПАО «Уралкалий» в 2006 г., так как они находятся в черте г. Березники. Тогда сразу же из района так называемой «карналлитовой зоны» из многоэтажных строений довольно добротных «сталинок» часть жителей была переселена на правый берег Камы или просто получила компенсацию за утерянное жилье.

Отсюда и «легкая паника» в Березниках среди обывателей, которые на кухне мрачным голосом говорят: живем, как на минном поле, все пропало...

Жители г. Амстердам таким «мелочам» придают мало значения. Для них подобная ситуация чуть ли не обыденное дело. Иногда власти города, когда уже не в силах больше спасти от воды какой-либо участок суши (весь город у них поделен на 90 таких участков), просто объявляют жителям своей, голландской, «карналлитовой зоны», что данная территория вскоре уйдет под воду, и горожанам нужно переезжать в другой район. При помощи властей, разумеется.

Некоторые строения, правда, строились видимо «на века». Например, знаменитый Королевский дворец в Амстердаме – прекрасный образец голландского классицизма. Дворец – это бывшая амстердамская ратуша, а ныне один из трех дворцов в Нидерландах, которые находятся в распоряжении монарха, хотя монарх ныне и проживает, в основном, в Гааге.

Данное здание было построено еще в 1655 г. по проекту Якоба ван Кампена, вдохновленного римской архитектурой (ныне в Амстердаме – это голландский классицизм). Классические формы и роскошь внутренних интерьеров по замыслу создателей должны были подчеркивать величие Амстердама. Сам Королевский дворец расположен на знаменитой площади Дам в центре города.



Рис. 2. Центр Амстердама. Площадь Дам. Раньше здесь были просто вода и дамба

Для строительства дворца был заложен мощный фундамент из 13659 деревянных свай (!), а стены возведены из желтого песчаника, привезенного из Германии. Три этажа венчает купол с флюгером в виде морского судна, а внутренняя отделка произведена с помощью мрамора.

Дворец был построен в эпоху так называемого «золотого века» и использовался как ратуша до 1808 г., после чего в нем находилась резиденция Луи Бонапарта. Впоследствии дворец был передан в ведение Оранского королевского дома, а в 1935 г. государство выкупило Королевский дворец в свою казну. В многочисленных залах и галереях дворца выставлены картины голландских художников: Рембрандта, Говерта Флинка, Якоба Йорданса, Яна Ливенса и Фердинанда Боля...

Именно для новой ратуши в свое время великий Рембрандт выполнил самое крупномасштабное свое полотно – «Заговор Юлия Цивилиса».

Таким образом, можно сказать, что не все строения в Амстердаме становятся «танцующими» («пляшущими», «пьяными»). Тем не менее, последних в столице Королевства Нидерландов предостаточно, что вызывает у многочисленных туристов восхищение, а у властей – озабоченность за сохранность для потомков удивительного архитектурного наследия.

Вода проделала с амстердамской архитектурой еще один казус. Из-за дефицита земли много лет назад здесь был введен налог на строения: прямо пропорциональный ширине фасада. Но жители столицы не растерялись и стали строить дома не вширь, а вглубь. Поэтому в Амстердаме сегодня много так называемых домов-«селедок», ширина одного из них – один метр, налог на строение владелец и платит за «один метр» – как и выглядит «фасад» дома с улицы.

Если говорить о «типичном» жилище подданных Королевства Нидерландов, то оно представляет собой двух- или трехэтажный дом с двориком сзади, причем встык с этим домом стоят остальные, так как земли в стране мало. В крупных городах распространены также и многоквартирные дома.

Что еще поражает, так это тот факт, что воды в Амстердаме, да и во всем Королевстве Нидерландов, действительно, очень много, но полезной – для питья – мало и за нее нужно платить. Вот поэтому на воде у них принято экономить.

В известном произведении Михаила Булгакова «Мастер и Маргарита» есть саркастическое выражение «Квартирный вопрос испортил москвичей». А вот квартирный вопрос амстердамцев, похоже, не испортил. Чтобы не тратиться на внушительные коммунальные счета или не ожидать, пока твой дом станет «танцующим», они придумали просто жить... на воде в плавучих домах.

До сих пор, рассказывали нам гиды, в Северной Голландии насчитывается около 10 тысяч домов-лодок, из них около 2,5 тысяч пришвартованы в Амстердаме. В основном это старинные баржи от 14 до 30 метров в длину и до пяти метров в ширину.

Многим из них, говорили экскурсоводы, по 100 лет и более. Но, несмотря на такой преклонный возраст, некоторые из них все еще на ходу. То есть домовладелец, у которого «дом па плаву» запросто может «кататься» по каналам.



Рис. 3. Дома на суше и на воде в баржах

Часто «плавучие дома» в амстердамских каналах называются «уик энд-хоумс», то есть дома, в которые хозяева приезжают на выходные или на праздники, и не только из Нидерландов. По нашим российским меркам, weekend home – это вроде «дачи» за городом.

Амстердамцы, да и все жители Королевства Нидерландов, очень завидуют россиянам и нам, березниковцам. Отвоевав у грозной морской стихии и полноводных рек более трети территории своей небольшой, но необычайно уютной страны, подданные смотрят на нас как на богатейших людей планеты – переехал на правый берег Камы и живи себе на просторе, стройся (вплоть до Карского моря), не думая ни о каких «дамбах». Да еще и государство всем россиянам дарует «за просто так» целых шесть соток.

Название города Амстердам переводится как «дамба на реке Амстел». Думается, при накопленном многовековом опыте амстердамцы засыпали бы наши березниковские провалы в считанные месяцы, как они засыпали на протяжении веков свои многочисленные «природные озера», кидая туда даже использованные шкуры животных и прочие ненужные им предметы и вещи.

В свое время русский царь Петр I трижды посетил Амстердам и именно его взял за образец градостроительства, когда задумал возводить новую столицу империи на болотах – Санкт-Петербург. Следует заметить, у него это очень хорошо получилось. Любой, побывав в С.-Петербурге и Амстердаме, увидит много общего: архитектура, каналы, мосты...

Города С.-Петербург, Березники и Усолье расположились на 59-й параллели северной широты (те же белые ночи, наводнения). Неслучайно бытовала поговорка «Усолье-град – Петербургу брат».

Амстердам находится на 7 градусов южнее наших городов, но с наводнениями (петербургскими, березниковско-усольскими) там знакомы не меньше нашего. Наперекор природе уровень жизни и ее качество они имеют гораздо выше нашего. Так, ВВП на душу населения в Нидерландах составляет 59 693 долл., а у россиян – 11 601 долл.

На гербе Амстердама изображены три андреевских креста (кресты являются и составной частью флага). Эти три креста Святого Андрея (хотя покровитель города у них Никола Чудотворец) обозначают три достоинства города: доблесть, твердость и милосердие. Но народная традиция также связывает эти три креста и с тремя угрозами Амстердаму: водой, огнем и эпидемией.

Сегодня на первый план в Березниковском городском округе выходит проблема анализа особенностями управления природно-техногенными рисками геодинамического характера в территориальных социально-экономических системах. Тема довольно сложная, требующая специалистов, которые могут разработать и предложить систему управления с использованием математического моделирования опасных процессов природно-техногенного, геодинамического характера [3].

Представителям власти (местной, региональной) нужно призывать березниковцев не паниковать и не покидать родной город. На первый план должна выходить четкая и внятная позиция местной власти, которая обязана подготовить и обсудить с самими широкими слоями жителей Березников «горизонт прогнозирования» развития нашего, обладающего колоссальными ресурсами (интеллектуальными, природными, материально-техническими) города, который пока все еще неофициально именуют «столицей Верхнекамья».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Путин потребовал ускорить переселение жителей Березников после аварии на руднике «Уралкалия». URL: <http://www.vedomosti.ru/politics/news/2016/10/06/659874-putin-bereznikov> (дата обращения: 19.01.2021).
2. Новоселье продолжается // Березники вечерние. 2019. № 5 (1340). 6 февраля. С. 3.
3. Минаев В.А., Фаддев А.О., Данилов Р.М. Особенности управления природно-техногенными рисками геодинамического характера. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-6/10-06-10.ttb.pdf> (дата обращения: 25.01.2021).

Поступила 30.01.2021

П.А. Шаклеина, С.А. Шишкова, А.Н. Брезгина
**РОЛЬ И ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ МУЗЕЯ В СОВРЕМЕННОМ
ОБЩЕСТВЕ**

Рассматривается вопрос о функциональной значимости музея. Проводится утверждение о важности музейных учреждений как социального института, выполняющего научно-исследовательские, образовательно-воспитательные, коммуникативные задачи в социуме.

В XXI веке в России насчитывается около трех тысяч музеев федерального, регионального и муниципального уровней. Но лидером по количеству музеев в современном мире пока остается США, где насчитывается порядка 35 тысяч музеев (на девять тысяч населения один музей). В Израиле, с населением девять миллионов жителей, работает около 200 музеев (один музей на 45 тысяч граждан), в России примерно, как во Франции. В последнем государстве, – 1200 музеев (на 55 тысяч жителей приходится один музей).

Значительное количество музейных учреждений в развитых странах мира говорит о важности этого социального института. В России тоже наблюдается рост количества музеев, в том числе и по сравнению с советской эпохой. В РСФСР насчитывалось в 1975 году 646 музеев, в целом в СССР их было 1295, то есть на 226 тысяч населения приходился один музей. Но здесь следует заметить, что в статистику не входили ведомственные, школьные, музеи организаций и производств (они и в наши дни не учитываются статистикой).

В РФ наблюдается не только количественный рост музеев, но и существенный рост посещаемости. В 2011 году посещаемость составляла 85 миллионов, а по итогам 2018 года более 154 миллионов посещений. В эти же годы выросло на 1,6 раза количество выставок, с 50,5 тысяч до более 80 тысяч и, следует отметить, в ТОП-100 самых посещаемых в мире музеев 15 входят российских музеев [1].

В России значительно увеличились и бюджетные инвестиции, особенно в отрасль федеральных музеев, с 2012 по 2018 гг. с 10,4 миллиарда рублей, до 17,5 млрд. И это без учета капиталовложений в реставрацию. Все это тоже говорит о том, что в развитых странах мира и в России, в частности, представители власти и общественности хорошо осознают, какие важные социальные функции выполняют музейные учреждения.

В то же время продолжают дискуссии об «основных», «главных» функциях музея, перспективах самого музея как социального института, его месте в социуме в XXI веке [2]. Так, американская ассоциация музеев считает, что основными функциями музея являются воспитание и эстетическое удовлетворение, а швейцарская ассоциация к этим двум добавляет третью функцию – помощь развитию науки [3].

Директор Государственного Эрмитажа академик РАН, доктор исторических наук М.Б. Пиотровский, считает, что главная функция музея – это научная. В частности, в одном интервью он сказал: «Музеи – главные хранители исторической памяти. Это их уникальная роль, и она тесно связана с тем, что музей – прежде всего, научное учреждение. Он производит научные знания и смыслы, а те, в свою очередь, формируют историческое достоинство и хороший вкус нации» [4].

К сожалению, сегодня в РФ независимо от формы собственности музея (федеральные, региональные, муниципальные, частные) и те, которые не являются юридическими лицами (ведомственные и школьные) – практически все сегодня рассматриваются (финансируются) по «остаточному принципу».

В некотором смысле можно понять такой «подход» руководителей корпораций, предприятий, которые имеют свои ведомственные музеи, и депутатов всех уровней, которые учреждения культуры (их финансирование) рассматривают как «досадную необходимость» в условиях системного кризиса, к тому же COVID-19 в 2020 году еще более обострил социально-экономические проблемы общества.

Как следствие, нередко «вышестоящее музейное начальство» ставит музейным сотрудникам довольно «простые» задачи: 1) посещаемость (динамика роста должна быть ежегодно) и 2) получение дохода, в идеале – полная самокупаемость, еще лучше – принесение прибыли.

Но даже в различных словарях, которые дают разные трактовки определению музея, его назначению, роли в обществе, практически никогда не называется «коммерческая» функция музея. Тем более, в рыночных условиях «борьба за посещаемость» и «получение дохода» может превратить музей (особенно на региональном и муниципальном уровнях) в некий диснейлендовский проект.

Проблемы современных музеев России хорошо были озвучены 16–17 сентября 2012 года в станице Вешенская Ростовской области на расширенном заседании президиума Союза музеев России. Участники из 18 субъектов РФ приняли заявление об угрозах музейному делу и мерах со стороны государства. В частности, в Вешенском манифесте записано: «Три главные проблемы музейного дела – подмена хранительской функции развлекательной, отсутствие принципа неделимости музейного фонда РФ и недостаточная материальная обеспеченность музеев в части строительства фондохранилищ, научной и собирательской деятельности».

Здесь же отмечается, что главная функция музея – хранительская, дословно записано: «сохранение культурного ДНК нации и создание культурного продукта, обеспечивающего передачу этого ДНК» и при этом, как отмечают авторы, «ее выполнение рождает и вторичные музейные функции, которые иногда принимают за основные – среду для досуга и прибыльного туризма».

Среди первоочередных мер авторы Вешенского манифеста видят «полный и безоговорочный отказ числить музеи по разряду культурно-просветительских, досуговых и развлекательно-креативных заведений». Этот интересный манифест был передан директором Эрмитажа и президентом Союза музеев России М.Б. Пиатровским президенту РФ В.В. Путину на заседании Совета по культуре и искусству при президенте РФ в 2012 году [5].

Сохранение «культурного ДНК» требует не только достойного финансирования, но и высококвалифицированных кадров. То есть научная функция должна быть в приоритете. Но оппоненты могут возразить, что «научная функция» присуща только федеральным или региональным крупным музеям, которые обладают богатейшими фондами и квалифицированными сотрудниками, а вот все остальные «массовые музеи» (малых городов, сел, поселков, школьные и заводские музеи) не обладают эмпирическими данными для написания серьезных работ в академических журналах, а их сотрудники – знанием, опытом написания научных работ. Да и, по их мнению, фонды провинциальных музеев очень «скромны» для создания «настоящей» исторической экспозиции (выставки), что позволило бы проводить на высоком научном уровне экскурсии.

Тем не менее, региональные и местные музеи являются нередко просто кладезем для исследователей. Даже на основе только документов, которые хранятся в провинциальных музеях можно написать историю завода [6] или корпорации [7], подготовить статью в академический журнал [8].

Главный хранитель Березниковского историко-художественного музея им. И.Ф. Коновалова (БИХМ) Н.О. Нечепуренко в одном из интервью сказала: «Фонды музея растут с каждым годом – по итогам 2020 года фонд насчитывает около 150 тысяч предметов...» [9]. Сегодня в БИХМ хранятся экземпляры пермской деревянной скульптуры (знаменитые пермские боги), предметы пермского звериного стиля, БИХМ имеет большой фонд редкой старопечатной и рукописной книги XVII–XIX вв., в фондах и экспозициях музея масса других редких, уникальных артефактов.

Не менее важная функция музея – «выявление, взятие на учет и комплектование фондов» (проводится по профильной принадлежности музея), опять же для этого нужны высококвалифицированные научные сотрудники. Тем более, в среднем прирост музейных фондов составляет 3–4 процента в год, и фонды многих музеев каждые 25–30 лет

удваиваются. Поэтому часто музей и сравнивают с айсбергом – посетитель в экспозициях видит только самую малую часть сокровищ музея, а основная часть многочисленных шедевров хранится в фондах.

Здесь и возникает не только проблема с площадями и условиями хранения (температурный режим, влажность), но и с решением вопроса надежной охраны (чего только стоит сейфовое хранение драгоценных металлов, оружия и прочих уникальных экспонатов). Важная функция музея – сохранение нашего богатейшего наследия.

Организация постоянной экспозиции и устройство выставок – это самая «видимая» функция музея, культурно-просветительская, которая формирует положительный имидж территории, что, в свою очередь, благоприятствует развитию экономики региона.

Культурно-просветительная и досуговая функции музея (как и театры, дома культуры) выполняют, прежде всего, важную воспитательную функцию (особенно для подрастающего поколения) и опосредованно положительно влияют на многие социально-экономические факторы на конкретной территории (сохранение трудовых ресурсов, формирование здорового образа жизни, снижение преступности).

Все типы общественного использования музея (научные, научно-просветительские, учебные), все разные формы собственности музея (федеральные, региональные, муниципальные, частные) и даже те, которые не являются юридическими лицами (ведомственные и школьные) сегодня, в эпоху информационного общества столкнулись с такой сложной проблемой – доказать свою нужность, и это несмотря на внедрение многими из них технологических инноваций, использование современных механизмов рекламы и PR.

К сожалению, не только дети, но и взрослые посетители часто с трудом воспринимают подачу информации музеем через конкретные артефакты (и не только из-за научного сленга экскурсовода). К тому же, современную молодежь трудно удивить интерактивными технологиями, и длительный монолог сотрудника музея, вряд ли, будет уместен в наши дни. Сегодня то, что знает искусствовед, экскурсовод, учитель истории по сравнению с любым гаджетом, – просто мизер. Молодой человек и даже ребенок, особенно любознательный и находчивый, имеющий доступ к глобальным источникам информации, просто будет зевать, слушая учителя (экскурсовода), даже на фоне редких и супердорогих артефактов. Это проблемы, связанные с языком интерпретации историко-культурного наследия, так как у музея другой тип нарратива, чем в учреждениях образования. Виртуальные программы и интеграция «игровых» технологий в музейную среду, несмотря на их нужность и важность, все-таки вряд ли будет выходом из сложившейся ситуации. Проблема создания нового для музея типа нарратива сегодня становится архиактуальной.

Подводя итог, отметим, что в XXI веке, в эпоху цифровых технологий, музеи должны найти и организовать диалог с посетителем, решить сложнейшую проблему взаимодействия истории (культуры) страны, региона и разума человека (коммуникативная функция). Все это будет способствовать подъему национального самосознания, росту человеческого капитала в каждом субъекте РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интервью с руководителем департамента музеев Министерства культуры РФ В.А. Кононовым. URL: <https://lgz.ru/article/-52-6719-25-12-2019/vladislav-kononov-my-v-samom-nachale/> (дата обращения: 30.12.2019).
2. Шилов В.В. Первичные и вторичные функции музея // «Свое-чужое: опыт культурного взаимодействия» (Строгановские чтения – XVI). Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Усолье, 2020. С. 126–131.
3. Чебаненко Т.А. Социальные функции музея на современном этапе исторического развития общества. URL: <http://kukiit.ru/docs/ts/no3/4.pdf> (дата обращения: 29.12.2020).
4. Михаил Пиотровский: «Нам верят больше, чем правительству» // Аргументы и факты. 2019. № 26 (2015). 26 июня – 2 июля. С. 21.

5. Заседание Совета по культуре и искусству при Президенте РФ 2012 г. URL: <https://gia.ru/20120927/760490223.html> (дата обращения: 19.11.2020).
6. Шилов В.В., Сафрошенко О.Н. Содовый на Каме. Книга посвящена 135-летию Березниковского содового завода. 3-е изд., доп. Пермь: Литер-А, 2018. 256 с.: ил.
7. Шилов В.В. Люди и металлы. БМЗ – БТМК – АВИСМА. Екатеринбург, 2020. 160 с.: ил.
8. Шилов В.В. Становление и развитие производства титана в промышленных объемах на Среднем Урале // Вопросы истории. 2020. № 9. С. 53–64.
9. Лица музея (интервью с гл. хранителем Березниковского историко-художественного музея Н.О. Нечепуренко). URL: https://vk.com/bihmmuseum?w=wall66232564_4177 (дата обращения: 25.12.2020).

Поступила 04.02.2021

УДК 629.122

С.Л. Баутина, А.Н. Лошкарев, Н.В. Митюков
О БИОГРАФИИ ПАРОХОДА «ГРАНАТА» ДО 1915 Г.

В работе анализируются основные кандидатуры, на ижевский пароход «Граната». Судно появилось на Ижевском пруду в 1915 г. и до этой даты документация Ижевских заводов о пароходе более ничего не сообщает. Наиболее вероятно, что «Граната» – это бывший барказ «Орьет».

Пароход Ижевских заводов «Граната» имел длинную и запутанную биографию. Он появился на Ижевском пруду в 1915 г., а в 1920 г. получил новое название «Красная звезда». В 1938 г. в связи с передачей тресту «Оборонлес» пароход стал «Красным сплавщиком». Наконец, после передачи в 1952 г. в Управление малых рек при Совмине УАССР ему вернули наименование «Звезда». Судно находилось в активной эксплуатации до 1960 г. после чего его переоборудовали в склад ГСМ. После того, как на старом пароходе разошлись листы обшивки и оно затонуло на месте своей стоянки, при прокладке объездной дороги вокруг ТЭЦ-1 его засыпали землей.

Между тем, история парохода до 1915 г. до сих пор остается неясной. Единственным документом, способным пролить свет на раннюю историю судна является опись по Ижевским заводам, составленная на 1 октября 1926 г. В ней за Инв. № 33701 числится буксирный пароход «Красная звезда» постройки Воткинского завода 1902 г. с длиной корпуса 35 м, шириной 5,75 м, высотой бортов 1,92 м. (ЦГА УР Ф. Р-543. Оп. 15. Д. 337. Л. 30об). Данные описи частично дополняются другими документами. Так в «Описи локомобилей завода», датированной февралем 1920 г. под Инв. № 15 числится пароход «Граната». Сообщающаяся информация частично перекликается с указанной выше описью, но среди дополнительных сведений имеется номер котла парохода по котловой книге – № 5553. (ЦГА УР, Ф. Р-543, Оп. 15. Д. 28, Л. 3-3 об).

Номер котла дает возможность определить пароход, на котором он находился. По крайней мере, в «Списках речных паровых судов Российской империи» эта информация есть. Однако ни в списке 1912 г., ни в более ранних, этот номер не встречается. Но имеется информация о «соседних» котельных номерах, имеющих № 555X. Все они производства 1912 г. Из чего можно сделать предположение, что «Граната» примерно в это время подверглась ремонту с заменой котла.

Судя по энциклопедии «Воткинский машиностроительный завод: век судостроения» [1] в явном виде завод «Гранату» не строил. Но имеются две возможные кандидатуры на эту роль. Это пароход «Красноводск» (1-й) и барказ «Орьет». Оба они построены в 1902 г. и у

обоих биография обрывается в 1910-х гг., а значит они вполне могли быть отремонтированы или перестроены в 1912 г. Оба парохода забраковал заказчик и они долгое время числились в собственности завода. Хотя характеристики судов не совпадают с данными описи, это вряд ли является ограничением, ведь их могли перестроить при замене котла.

Формально, оба судна числятся в Русском регистре за 1915 и 1916 гг. в собственности Воткинского завода. «Красноводск» имеет Рег. № 266. Представители регистра осмотрели его в октябре 1909 г. в Астрахани, и выдали свидетельство сроком на один год [2, Ч. 7. С. 176], явно просроченное к моменту печати Русского регистра. «Ориед» (так написано в документе) осмотрен в Галево в феврале 1904 г. и имел Рег. № 1104 [2, Ч. 7. С. 256]. К моменту составления регистра свидетельство также было сильно просрочено.

К сожалению, заводская делопроизводственная документация не может ни подтвердить, ни опровергнуть факт ремонта или перестройки этих судов в начале 1910-х гг. Но что интересно, тот же регистр сообщает, что в Баку имеется еще один пароход «Красноводск» Рег. № 3692, принадлежащий Бакинскому пароходству «Ислам» [2, Ч. 10. С. 32]. Его осмотрели представители регистра в Баку в феврале 1914 г. и выдали свидетельство сроком на 14 месяцев. Рег. № 266 и 3692 явно выданы одному и тому же судну, поскольку «Красноводск» (2-й), построенный в 1904 г., находился во флоте Министерства путей сообщения вплоть до своей национализации. Таким образом, выходит, что единственный кандидат на роль «Гранаты» это «Орьет».

Заводские данные сообщают о судне крайне мало информации. Судя по чертежу общего вида, утвержденному 19.09.1902 г., судно имело длину 24,2 м (78'9"), ширину 3,96 м (13"), высоту борта 1,98 м (6'6"), осадку 0,76 м (2'6") (ЦГА УР. Ф. 212. Оп. 7к. Д. 188). Из известных параметров сходится только высота борта. Выходит, его перестроили с удлинением корпуса.

В фондах музея Воткинского завода имеется фотография барказа «Орьет», подписанная «Камский судостроительный завод. Пароход «Ориет» с отрубленной кормой. Фото 1902 г.» (АВЗ. Альбом «Судостроение». Фото № 49). Однако анализ фото заставляет пересмотреть атрибутику. Хотя судно показано с кормового ракурса, и действительно видна отрубленная корма, которая завалилась под углом в 60° к горизонту, виден также непропорционально короткий корпус, позволяющий заключить, что нос также обрублен. Таким образом, судно претерпевает операцию по удлинению корпуса двумя вставками. Указанная дата 1902 г. явная ошибка, в это время судно еще только строилось. Разница в ширине корпуса также вполне объяснима – ее увеличение могло произойти за счет ширины колес и их кожухов.

Ранее при анализе корабельной архитектуры «Красного сплавщика» нами было установлено, что она практически тождественна таковой у пароходов в 175 л.с., строившихся по заказу Астраханского порта (после революции «Красная заря» и «Вперед») [3]. В этом нет ничего удивительного, если их проект разработали на основе доработанного «Орьета». Аналогичная ситуация, сложилась с «Красноводском» (2-м), ширина которого была увеличена после неудачной попытки сдачи «Красноводска» (1-го). И в дальнейшем этот проект послужил основой для постройки еще нескольких однотипных судов. Но у 175-сильного парохода ширина по корпусу 5,5 м, а по кожухам колес – 10,2 м. Можно, конечно предположить, что у «Орьета» кроме длины увеличили еще и ширину, но подобная перестройка видится крайне трудоемкой, а потому уже совсем маловероятной. Так что, скорее всего, ширина «Орьета» осталась прежней, но при последующем тиражировании серии ее увеличили.

Еще одно доказательство, хоть и косвенное, за то, что «Орьет» стал «Гранатой», имеется в списке А.З. Воротова [4]. Бывший директор музея Воткинского завода А.З. Воротов, используя какие-то не дошедшие до нас источники, пытался составить список воткинских пароходов. Среди прочих судов, у него значится, что в Воткинске построили «шаланду «Орлец» для Иж[евского] з[аво]да, 1916». Вероятно, автор использовал рукописный источник, а потому мог прочесть непонятное для него слово «Орьет» как более

знакомое «Орлец». Тем более, что такого судна нет ни в Русском регистре, ни в списках речных судов.

Таким образом, велика вероятность, что «Граната» до 1915 г. была барказом «Орьет».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапшин Р.В., Митюков Н.В., Матвеев Д.В., Коробейников А.В. Воткинский машиностроительный завод: век судостроения (1847–1945 гг.). Ижевск: Иднакар; Институт компьютерных исследований, 2018. 434 с.
2. Судовой список «Русского регистра»: Испр. на 1 янв. 1915 г. Ч.1. Петроград, [1915].
3. Митюков Н.В., Баутина С.Л., Адиняев С.И. Пароходы Ижевских заводов в 1910-х гг. // Былые годы. 2018. № 49 (3). С. 1307–1320. DOI: 10.13187/bg.2018.3.1307.
4. Митюков Н.В. «Список Воротова» как источник о Воткинском судостроении // Русский архив. 2020. № 8(1). – Р. 75–83. DOI: 10.13187/ra.2020.1.75.

Поступила 01.03.2021

УДК 159.9

Н.Д. Гусев, М.Н. Семенова

ВОЗМОЖНОСТИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ СТАРОСТЫ НА УПРАВЛЕНИЕ СТУДЕНЧЕСКОЙ УЧЕБНОЙ ГРУППОЙ

В работе на основании обзора публикаций о психологическом влиянии рассмотрены задачи и возможные виды воздействия старосты на управление студенческой учебной группой в организации учебной и внеучебной работы.

Вопрос качества образования в вузе остается актуальным, как и изучение влияющих на него факторов, поиск возможностей улучшения условий подготовки будущих выпускников. В российском высшем образовании предполагается организация обучения студентов в составе академических групп, при которой традиционно существует система назначения старост из числа обучающихся.

Староста является помощником и связующим звеном между администрацией факультета университета в вопросах организации учебного процесса и внеучебной деятельности. Староста выполняет определенные административные функции и обязанности. Староста является помощником в вопросах учета успеваемости и посещаемости студентов, следит за дисциплиной внутри группы, своевременно предупреждает группу об изменениях в расписании занятий, информирует о внеучебных мероприятиях, помогает в организации и проведении собраний и др.

Исходя из обязанностей, можно сформулировать требования, предъявляемые человеку, изъявившему желание стать старостой группы. Быть ответственным, коммуникабельным, дисциплинированным, иметь хорошую успеваемость, владеть организаторскими способностями [6, с. 147].

Важная задача старосты – создание сплоченного коллектива. Опираясь на результаты исследования А.Б. Бочкаревой, можно заметить, что сплоченная студенческая группа оказывает помощь в учебе, способствует нахождению новых друзей и знакомств, прививает навыки общения, оказывает моральную и психологическую поддержку. На первых курсах обучения студенты еще чувствуют себя неуверенно в новой социальной среде и ищут поддержки у своей учебной группы, стремятся к коллективизму, а на старших курсах возрастает самостоятельность и отчуждение от группы [2, с. 202].

Староста, по сути, является руководителем (управленцем). От стиля управления старосты зависят внутригрупповые межличностные отношения. Существует три классических стиля управления: авторитарный, либеральный и демократический. Авторитарный – минимальный контакт с коллективом, все решается руководителем, ориентирующимся на свой опыт и интересы. Либеральный – минимальное участие и контроль со стороны руководителя, предоставление участникам группы самостоятельности. Демократический – принимая решение, руководитель ориентируется на большинство коллектива и принятие общих решений с учетом мнений участников [5]. Считаем, что старосте необходимо прислушиваться к мнению каждого в группе. Никто не должен остаться без внимания. В процессе руководства влияние старосты должно ощущаться.

Влияние – это преднамеренное или непреднамеренное воздействие на мышление, чувства, поведение человека в обществе с использованием психологических методов [3]. Психологическое влияние бывает двух видов: «цивилизованное» и «варварское» [4].

Виды «цивилизованного» влияния:

1. Убеждение – это психологическое воздействие, направленное на рациональную и эмоциональную сторону личности с целью добровольного принятия альтернативного мнения или идеи. Используя убеждение, старосте необходимо выбрать комфортную обстановку для передачи информации группе, объяснять на понятном для всех языке (применять такие слова, чтобы каждый понял), аргументировать свою позицию [1].

2. Заражение – произвольная или непроизвольная передача эмоционального состояния другому человеку или группе людей. Например, кто-то из студентов пришел в плохом настроении (злой, раздраженный, нервный), другие начинают «заражаться» этим состоянием. Или староста, стараясь приподнять настроение группы перед экзаменом, ведет себя очень спокойно, улыбается, может рассказать какую-нибудь шутку, чтобы снять напряжение коллектива.

3. Внушение – скрытая форма психологического влияния. Человек, внушающий что-либо, идет на это сознательно. Его главная цель – дать готовый вывод, чтобы внушаемый что-то сделал [4]. Представим, в университете проходит общее мероприятие, в котором необходимо участие студентов, например, День открытых дверей. Старостам групп необходимо воздействовать на студентов. Для этого они будут говорить: «Вы – лучшие! С этим делом справитесь только вы!». В общем, воздействовать на эмоции для получения результата.

4. Похвала и комплимент. Похвала дает возможность продемонстрировать свое уважение к проделанной работе и удовлетворенности результатом. Комплимент сопровождается повышенной эмоциональной оценкой при прямом межличностном контакте. Задача похвалы и комплимента – повысить эффективность общения и взаимопонимания. Похвалой и комплиментом старосте стоит пользоваться после выполнения работы и в обычные дни для поддержания положительного эмоционального настроения группы.

5. Конструктивная критика – оценка, направленная на поведение и действия человека, а не на его личность. Критикующему очень важно показывать путь к решению проблемы, быть максимально конкретным, обратить внимание человека к изменению самого себя [1, с. 8]. Старосте важно замечать и решать проблемы, сложившиеся в коллективе. Чтобы в процессе решения проблемы не образовалась новая, надо быть объективным, вежливым, выбирать максимально корректные слова.

Виды «варварского» влияния:

1. Принуждение – это давление, оказываемое на человека, с целью недобровольного выполнения каких-либо обязанностей. Основа этого психологического воздействия – угроза: лишить человека определенных благ или запугать, иногда используют физическую силу.

2. Деструктивная критика – негативное, не подкрепленное аргументами высказывание о поступках или личности человека [4, с. 149].

3. Манипуляция – психологическое воздействие, направленное на слабые стороны человека. Манипулятор оказывает давление на потребности, ценности, интеллектуальные и

эмоциональные стороны личности. Манипуляции используются в общении людей, когда человеку нужно получить одностороннюю выгоду, не считаясь с мнением других [1, с. 6].

Однако к вышеперечисленным «варварским» видам лучше не прибегать, так как внутригрупповые отношения могут серьезно пострадать.

Влиять на окружающих – очень полезный навык для человека. С помощью его, он сможет добиваться не только своих целей, но и помогать достигать цели другим людям, объединяя их усилия и управляя их деятельностью. Выполнение обязанностей старосты позволяет получить и развить такие навыки. Эта первая ступень в дальнейшей управленческой карьере человека. Психологическое влияние старосты на учебную группу позволяет ему управлять внутригрупповыми отношениями и оказывать содействие в организации учебного процесса в высшей школе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безрядина Е.И. Методы психологического влияния в процессе общения // Правовестник. 2018. № 9 (11). С. 6–9.
2. Бочкарева А.Б. Формирование сплоченной студенческой группы: условия и факторы // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2014. №5 (123). С. 200–209.
3. Комарова Н.Г., Сулейманова Е.И., Кирюхин А.Ю. Роль психологического влияния на личность человека // Наука через призму времени. 2018. № 12 (21). С. 313–314.
4. Семиздралова О.А. Психологическое влияние как способ управления людьми // Народное образование. 2012. № 6 (1419). С. 147–156.
5. Синицын Г.Я. Менеджмент. Теория и практика. М.: Изд-во Сибирский государственный университет водного транспорта, 2018. 91 с.
6. Филясова Ю.А. О проблеме развития лидерских и личностных качеств старосты академической группы университета // Вестник МГОУ. Серия: Педагогика. 2019. № 4. С. 140–153.

Поступила 06.03.2021

УДК 342

Н.О. Сергеев, Т.Н. Сергеева

ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Стремительное развитие науки и техники в современном мире ставит новые вызовы перед обществом в целом и перед правовой системой в частности. Возникают новые явления, которые ранее не были известны праву, в связи с чем на данном этапе отсутствует ясность по вопросу о том, в каком направлении должно развиваться правовое регулирование. В частности, это касается искусственного интеллекта, который ранее ассоциировался с чем-то «из области фантастики», но в настоящее время уже достаточно широко используется в различных областях человеческой деятельности.

Нейронные сети представляют собой, по своей сущности, искусственный интеллект. На основе нейронных сетей осуществляются как относительно простые задачи (например, распознавание речи и изображений, их обработка), так и более сложные, включая, например, управление беспилотными автомобилями. В будущем планируется еще в большей степени расширить использование нейросетей, в частности, применять их для постановки диагнозов

пациентам, для выполнения бухгалтерских и юридических услуг и даже для вынесения судебных решений, а также для создания творческих произведений.

Столь широкие возможности искусственного интеллекта с неизбежностью порождают вопрос о том, каким образом должна регулироваться деятельность, связанная с его использованием; должен ли искусственный интеллект рассматриваться как объект права (например, как разновидность имущества), либо как субъект права – отдельная «электронная» личность, которая самостоятельно несет ответственность за последствия своей деятельности [1].

Идея о признании искусственного интеллекта субъектом права, безусловно, на данном этапе может показаться абсурдной, однако, как отмечается в научной литературе, в настоящее время уже имеются основания для подобных выводов [2]. Так, необходимо учитывать, что искусственный интеллект, будучи однажды созданным, способен в дальнейшем самостоятельно обучаться на основе своих же действий. Например, нейронные сети, предназначенные для распознавания изображений, со временем начинают работать все более качественно, совершенствуя свои навыки в процессе работы, что придает им определенное сходство с человеческим интеллектом.

Следует также учитывать, что с расширением сфер применения искусственного интеллекта расширяется и круг возможных ситуаций, в которых в результате неправильного функционирования искусственного интеллекта возможно причинение вреда интересам человека и общества. Ярким примером может служить использование нейронных сетей для постановки диагнозов пациентам: в случае неправильной постановки диагноза и дальнейшего неправильного лечения, повлекшего ухудшение состояния здоровья пациента или его смерть, возникает вопрос: кто должен нести за это ответственность – лица, создавшие и запрограммировавшие указанную нейронную сеть недостаточно качественным образом, или же сам искусственный интеллект как самостоятельная личность? Думается, что в приведенном примере ответственность все же должны нести создатели искусственного интеллекта, поскольку при его программировании они должны были предвидеть возможные ошибки в его работе и принять меры по их заблаговременному устранению.

Однако некоторыми авторами отмечается: возможна ситуация, когда искусственный интеллект в процессе своего развития дошел до такого уровня, что смог самостоятельно принять решение о совершении преступного действия [3]. Безусловно, на данном этапе подобные ситуации мы можем встретить только в фильмах, но при использовании искусственного интеллекта, например, для управления автомобилями, вполне возможна ситуация, когда автомобилю угрожает столкновение с другим автомобилем или пешеходом, при этом причинение вреда хотя бы одному из людей неизбежно, и искусственный интеллект должен совершить выбор, кого необходимо спасти, а кем пожертвовать. В таком случае вопрос о том, кто должен нести ответственность, также весьма неоднозначен, поскольку на данный момент неясно, обладает ли искусственный интеллект своим собственным сознанием и волей.

Неоднозначным является и вопрос о том, кто будет признаваться автором произведений, созданных в результате деятельности искусственного интеллекта. Как отмечалось выше, искусственный интеллект вполне может использоваться для создания творческих произведений: уже имеются примеры написания нейронными сетями рассказов, стихотворений, компьютерных программ. В таком случае неясно, должны ли такие произведения охраняться авторским правом, и если да, то кому будут принадлежать авторские права – создателям нейронной сети или ей самой как «электронному» автору [4].

Подводя итог, отметим, что в условиях действующего законодательства, признающего субъектами права только граждан и юридических лиц (имеющих руководителей, которые также являются гражданами), вряд ли имеются основания для признания искусственного интеллекта «электронным лицом» и самостоятельным субъектом права. Однако проблемы ответственности за действия искусственного интеллекта, признание

авторских прав на результаты его деятельности, безусловно, заслуживают внимания и нуждаются в дальнейшем исследовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов В.В., Наумов В.Б. Искусственный интеллект и автономные устройства в контексте права: о разработке первого в России закона о робототехнике // Труды СПИИРАН. 2017. № 6. С. 46–62.
2. Васильев А.А., Шпопер Д. Искусственный интеллект: правовые аспекты // Известия Алтайского государственного университета. 2018. № 6 (104). С. 23–26.
3. Кибальник А.Г., Волосюк П.В. Искусственный интеллект: вопросы уголовно-правовой доктрины, ожидающие ответов // Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. 2018. № 4 (44). С. 173–178.
4. Наумов В.Б., Тютюк Е.В. К вопросу о правовом статусе «творчества» искусственного интеллекта // Известия высших учебных заведений. Правоведение. 2018. №3. – С. 531–540.

Поступила 10.03.2021

УДК 128

К.Д. Лоскутова, Н.А. Симанова
**ОТНОШЕНИЕ К СМЕРТИ И БЕССМЕРТИЮ
В ФИЛОСОФИИ И НАУКЕ**

В данной статье даны различные мнения философов на проблему отношения к смерти, представлены разные философские и научные точки зрения как на проблему отношения к смерти, так и к бессмертию и жизни в целом, указано на значимость в формировании отношения к жизни через осмысление смерти.

Смерть – это конец всякого живого существа. Но только человек осознает свою смертность. Естественно, что многие философы подробно изучали это явление в своих работах.

Например, эпикурейцы считали, что «когда мы есть, то смерти еще нет, а когда смерть наступает, то нас уже нет. Таким образом, смерть не существует ни для живых, ни для мертвых, так как для одних она сама не существует, а другие для нее сами не существуют». И действительно это очень логично: если смерть – это отсутствие ощущений, то невозможно почувствовать что-либо касательно собственной смерти. Однако человек все равно сталкивается со смертью других людей. Отношение к этому у представителей разных культур и религий может быть разным, а именно, можно воспринимать бытие как подготовку к загробной жизни, или считать, что человек продолжает существовать в своих потомках, или же предполагать, что человек будет бесконечно перерождаться во всевозможные формы земной жизни. В связи с этим эмоциональная оценка смерти может варьироваться от скорби до радости. Но несмотря ни на что смерть – это проекция чужого опыта на себя. Это может быть страдание от понимания утраты, ведь человек больше не сможет провести время с тем, кто был ему дорог. Каждый находит в другом некоторое отражение своей индивидуальности, которое ему нравится, и со смертью близкого он будто теряет часть себя. Это, как правило, болезненно. Но в то же время это естественно и закономерно, и боль потери – тоже часть жизни. И не стоит бояться умирать, потому что не она, а страх перед ней и переживания за других людей приносят мучения и делают людей несчастными [1].

Стойки также считали, что смерть – просто прекращение существования и никак эмоционально не окрашена – это глубокая безмятежность. В их понимании мы не жили до рождения, и не будем жить после смерти. Это происходит вне нашего контроля, поэтому нет смысла беспокоиться об этом. Нет никакой разницы между прекращением и не начинанием, потому что все это – небытие. Всем людям придется умереть, как пришлось родиться, поэтому не стоит делать ничего, чтобы отсрочить смерть. И лучше распорядиться жизнью так, чтобы в конце не было мучительно стыдно за прожитое время. По логике стоиков каждый день стоит проживать так, будто он последний: наслаждаться, реализовываться, быть благодарным, поэтому нет никакой разницы, когда умереть, и это не должно вызывать никакого страха, ведь смерть естественна, потому что создана природой [2].

А вот рационалисты, то есть те, кто считали, что познать истину можно разумом и логикой, полагали, что бояться смерти – глупо. Потому что смерть – это либо небытие, либо перемена, то есть некое продолжение жизни души вне биологического тела [3]. Зачем бояться небытия, если оно есть отсутствие ощущений, то есть не несет в себе ничего эмоционально интерпретируемого? А продолжение жизни души в другом месте – неважно, как именно оно называется с точки зрения различных религий, предполагает встречу с такими же душами, которые умерли до нас, то есть можно воссоединиться со своими близкими, а также продолжать совершенствовать свой разум в диалогах с умами прошлого.

В свою очередь аналитические философы считают, что бояться смерти – не так уж и глупо. И некоторые из них не согласны с аргументом симметричности: если мы не боялись рождения, то не стоит страшиться и смерти. Потому что прошлое, где нас еще не было и будущее, где нас уже не будет, – не одно и то же, ибо вполне естественно не переживать о рождении, так как мы не знаем никакого опыта до, но беспокоиться о смерти, то есть о собственном исчезновении, а вместе с ним и конце всего хорошего, что было. Мы умрем и уже никогда не сможем ничего испытать. И даже если нас ожидает небытие, в котором невозможно чувствовать, то все равно лишиться всей прожитой жизни – весьма печально. И да, смерти можно страшиться, если есть возможность подвергнуться некой непостижимой трансформации, о которой нам ничего не известно. Также некоторые аналитические философы не поддерживают и идею бессмертия, потому что в таком случае мы бы лишились всех желаний, так как не было бы мотивации – впереди еще целая вечность. А без этого стремления жизнь бы потеряла смысл. Но однозначного мнения на этот счет среди данной школы философов нет [4].

Но никто не писал так много о смерти как экзистенциалисты. Они считали, что мы никогда не сможем познать собственную смерть, а значит, дать ей какое-либо определение, но опыт столкновения с ней и его осмысление определяют всю нашу жизнь: делают нас действительно свободными и помогают определиться, что на самом деле важно. Мартин Хайдеггер говорит, что «никто не сможет отнять у другого смерть» [5], и правда, это то, что мы никогда никому не сможем делегировать. Это пугает, но этого не стоит бояться и избегать, потому что смерть всегда будет с человеком, будет «его», и об этом стоит помнить, чтобы панически не хвататься за жизнь. Ведь только тогда, когда мы до конца осознаем, что смерть – неотъемлемая часть существования, мы способны понять, кто мы и чего хотим от жизни.

Современные философы-трансгуманисты считают, что смерть – это проблема, которую человечество когда-нибудь решит с помощью науки и технологий. Они считают, что природа не всегда хороша, потому что постоянно пытается нас убить, и смерть естественна, но нежелательна [6]. Но вместе с этим возникает вопрос: может быть, мы настолько привыкли к старению и смерти, что убедили себя, будто если изменим ход вещей, то наступит катастрофа, но так ли это на самом деле?

Конечно, многих людей волнует перспектива не стареть и прожить дольше, и современная наука предлагает несколько направлений по этому вопросу. Это:

- 1) генная инженерия, занимающаяся созданием лекарства от старости;

- 2) регенеративная медицина, которая предполагает выращивание нового тела или его частей и постепенную замену старых органов;
- 3) наномедицина, работающая над созданием наномеханизмов, способных функционально заменять некоторые клетки или управлять работой генома изнутри, а также это направление предполагает постепенный перенос функции мозга в компьютер;
- 4) киборгизация, которая считает возможным замену большей части тела механическими аналогами;
- 5) направление искусственного интеллекта, которое задается целью создания мозга человека с помощью ИИ и загрузки сознания человека в компьютер, а также использования ИИ для генерирования идей и совершения открытий;
- 6) направление цифрового бессмертия, что сделает возможным постепенный перенос личности в компьютер с помощью сканирования, нейроимплантов и нанороботов;
- 7) крионика, которая пытается усовершенствовать технологии обратимой заморозки отдельных органов и более сложных систем [7].

Стремление науки к остановке старения, продлению срока жизни и возможности бессмертия впечатляет. Но так ли это оправдано?

Здесь возникает множество вопросов. Например, достигнет ли прогресс тех значений, при которых проблема ограниченности ресурсов будет преодолена? Ведь нужно будет обеспечивать человечество материальными благами, которых действительно может не хватать. При этом возникают менее очевидные, но при этом важные вопросы. Например, насколько человечество сможет экологически сберечь планету и хватит ли при всем этом пространства для жизни? Если нет, то необходимой встает проблема освоения космоса. Также по-прежнему человечество будет подвержено различным новым болезням или мутировавшим и более устойчивым формам старых. Еще общество должно развиваться настолько, чтобы преодолеть социально-политические разногласия. Также появятся более сложные проблемы этического характера. Скорее всего, новейшие достижения науки в вопросе бессмертия будут доступны далеко не всем. Тогда возникнут поколения бессмертных и смертных людей. Каковы будут отношения между ними? Как будет решаться вопрос, кому жить, а кому стареть и умереть? Как общество станет относиться к рождению новых людей? Насколько изменится моральный облик людей?

Но также остается и более глубокий идейный вопрос, насколько бессмертие естественно? Люди могут испытывать ужас при мысли о собственной смерти, но бесконечная жизнь выглядит еще более устрашающе. Казалось бы, можно вечно быть с теми, кого любишь, или получать новый опыт, или создавать вещи, но вопрос в том, насколько человек может пресытиться и ограничен ли его творческий ресурс, то есть возможно ли вечно делать что-то новое, отражать себя, и можно ли дойти до предела? Со временем людям все сложнее испытывать нечто необычное. Многие в жизни кажутся уже знакомым и понятным, и не вызывает ярких эмоций. Вероятно, что бессмертный человек в некой крайности станет равнодушен. Если предположить, что человек будет существовать вечно, то будет ли он жить так же эмоционально, как смертный? Невозможно бесконечно создавать нечто оригинальное, и скорее не потому что на каком-то этапе жизни человек достигнет идеала, а от того, что просто иссякнет его внутренний ресурс генерации идей. Даже если преодолеть старость и связанные с ней необратимые изменения мозга, сможет ли человек быть деятельным все это бесконечное время?

Но даже если смерть станет, пусть и не в полной мере, но выбором каждого, она все равно не утратит своего места в жизни людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тит Лукреций Кар О природе вещей Перевод с латинского Ф. Петровского. URL: <https://classics.nsu.ru/bibliotheca/lucretius.htm> (дата обращения: 02.03.2021).

2. Луций Анней Сенека. Нравственные письма к Луцилию. М.: Издательство «Наука», 1977. URL: <http://ancientrome.ru/antlittr/t.htm?a=1346570000> (дата обращения: 02.03.2021).
3. Платон Апология Сократа. URL: <https://grani.roerich.com/plato/txt/apology.htm> (дата обращения 02.03.2021).
4. Томас Нагель Что все это значит? Очень краткое введение в философию. URL: https://scepstis.net/library/id_1741.html (дата обращения: 02.03.2021).
5. Мартин Хайдеггер Бытие и время Перевод с немецкого В.В. Бибихина. Харьков: «Фолио», 2003. 503 с. URL: http://yanko.lib.ru/books/philosoph/haydegger-butie_i_vremya-81.pdf (дата обращения: 02.02.2021).
6. Ник Бостром Басня о Драконе-Тиране. URL: <https://nickbostrom.com/fable/fable.pdf> (дата обращения: 02.03.2021).
7. Человек бессмертный: семь возможных путей продления жизни // РБК Тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/5e1876fa9a79472083248f81> (дата обращения: 02.03.2021).

Поступила 11.03.2021

УДК 140.8

К.А. Леонтьев, Н.А. Симанова
**МИРОВОЗЗРЕНИЕ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИДЕАЛЬНОГО
И МАТЕРИАЛЬНОГО**

В данной статье даны разные точки зрения на понятие «мировоззрение» через осознание деления мира на идеальное и материальное. Приведены отличия между материальным и идеальным, а также их взаимосвязь. Предпринята попытка указать на важность сциентического подхода в формировании современного философского мировоззрения.

Мировоззрение – обобщенная система взглядов человека на мир в целом, на свое собственное место в нем, понимание и оценка смысла своей жизни, деятельности. О мировоззрении так или иначе говорит каждый философ. Например, Эрих Фромм и Зигмунд Фрейд пытались показать устройство мира, духовной стороны человека с помощью психоанализа [1–2]. Джордж Беркли, Иммануил Кант показывали устройство мира с точки зрения субъективного идеализма. Фрэнсис Бэкон ввел понятие «идолов», что, несомненно, отражает часть его собственного мировоззрения [3]. Можно бесконечно долго перечислять философов и их идейные позиции, но все они будут правильными лишь частично и субъективно.

Весь мир чаще всего можно выразить через две составляющие: материальное и идеальное. Учитывая современную технотизацию общественного прогресса, можно утверждать, что объективной «картины мира» в духовной сфере не существует и, скорее всего, существовать не будет. «Вещи в себе» непознаваемы, считал Иммануил Кант [4]. Все наши размышления, а также взгляды на мир субъективны и не подчиняются никаким законам. Мировоззрение человека – динамическая система, оно маленькими шагами формируется каждый день, исходя из некоторой комбинации событий, произошедших с индивидом. Таких комбинаций событий бесконечно много, с человеком происходит все, что угодно. Иногда эти события даже не зависят от желаний людей и происходят по своей воле. Из бесконечно многих событий, можно получить бесконечно много исходов, то есть бесконечно много типов мировоззрения. Но как можно изучить бесконечность? Бесконечность, как и утверждают большинство философов, не познаваема. А значит и

духовный мир человека тоже не познаваем. Мы можем познать самую малую часть духовного мира, не человечества в целом, а только отдельного индивида. Познать индивид в большей мере может только сам этот индивид и то, проделав огромную работу над собой. Поэтому агностицизм – достаточно часто встречающийся философский современный подход.

В противоположность этому существует позиция, которая говорит о существовании «судьбы», то есть разделение людей на ограниченное количество типов, что могло бы говорить о познаваемости духовного мира [5]. Если существует «судьба», то, возможно набор событий окажется не бесконечным. А, значит, и сознание человека окажется познаваемым. Сюда же входит астрология, которая предсказывает будущее человека, исходя из «знака зодиака». Людей объединяют в некоторые группы, которые формируются по положению звезд на небе. Но, увы, жизнь человека, не считая случайных событий, зависит только от него. Поэтому вариантов развития событий в жизни индивида бесконечно много. Согласитесь, ситуация, когда водитель автомобиля не пристегивает ремень безопасности, веря, что какое-то невиданное Божество заранее определило его срок жизни еще до рождения, не научно и даже опасно для человечества. Конечно, это не значит, что нужно становиться атеистом. Многие верят в Бога как в некоторую силу. Но восприятие этой силы всегда субъективно и, значит, отражает тоже только новый вариант мировоззрения человека.

Что касается материального мира, то здесь все проще. И с точки зрения сциентизма многое объяснимо «законами науки». Здесь, в отличие от духовной сферы, нет бесконечного количества вариантов исхода некоторого события. Мы четко понимаем, что, например, тело, брошенное со скалы, полетит вниз. Здесь точное количество исходов, а именно – один. Мы точно знаем, что тело упадет. И, поэтому, данное явление, в отличие от внутреннего мира человека, познаваемо. С помощью науки можно познать большую часть материального мира, то есть вывести законы, которые будут работать независимо от сознания человека, одинаково для всех. Такие законы находят огромное практическое применение в нашей жизни, жаль, но не всегда во благо человечества. Законы материального мира будут известны тем сильнее, чем больше сформируется аксиом в науке. Жизнь человека станет проще с достижениями науки и правильным применением этих достижений. Поэтому можно утверждать, что выведенные законы материального мира – высшее достижение человека как живого существа, которое обладает разумом. Для получения этих достижений человек обязан изучать диалектику и синергетику, находить связи между разными науками.

Таким образом, можно сказать, что материальное и идеальное одновременно независимые и взаимодополняющие субстанции. Основателем такой теории считается Рене Декарт [6]. Никто не будет отрицать того, что природа, которая материальна, будет существовать без сознания человека. Однако и сознание может существовать без природы. Когда мы закрываем глаза, мы, в какой-то степени, абстрагируемся от внешнего мира, при этом наше сознание работает и создает воображаемый мир вокруг. Но для этого важна материальная составляющая, потому что даже «фантастические» изобретения основаны на первичных явлениях природы. Субъективное мировоззрение создает начало для любого изучения и движется в сторону идеального, а значит совершенного объективного научного мировоззрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фромм Э. Душа человека: сборник / сост. П.С. Гуревич. Москва: Республика, 1992. 430 с.
2. Фрейд З. Я и Оно: Сочинения. М.: Харьков: ЭКСМО-Пресс; Фолио, 2000. 1040 с.
3. Бэкон Ф. Новый Органон. Москва: Социально-экономическое издательство, 1958. 240 с.
4. Шаповалов В.Ф. Философия науки и техники: о смысле науки и техники и о глобальных угрозах научно-технической эпохи. М.: «Фаир-пресс», 2004. С. 113–114.

5. Гайденко В.П. Тема судьбы и представление о времени в древнегреческом мировоззрении // Вопросы философии. 1969. С. 88–98.
6. Декарт Р. Сочинения: в 2 т.: пер. с лат. и фр. М.: Мысль, 1989. Т. 1. 654 с.

Поступила 11.03.2021

УДК 304.44

М.А. Наумова
О ПРИМЕНЕНИИ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Проводится обзор публикаций о направлениях и возможностях современной социальной инженерии, рассматриваются некоторые техники ее применения.

Возможности социальной инженерии обширны. Как отмечает В.М. Пешкова, управленческие практики все чаще ориентируются на социальное проектирование и конструирование, которые являются инструментами социальной инженерии. В наши дни окружающая действительность меняется очень быстрыми темпами и возникает необходимость для более глубокого научного осмысления социальных изменений и для постановки новых задач и реализации планов [1].

Сам термин «социальная инженерия» не имеет однозначного определения. Это понятие многогранно и охватывает обширную предметную область: с одной стороны, его можно понимать, как совокупность методов и подходов для адаптации людей и институтов к изменяющимся условиям труда и жизни, с другой, как способ напрямую воздействовать на человека или группу лиц для несанкционированного получения необходимой информации, с третьей – в качестве некоего индикатора в организации рабочего пространства с целью воздействия на поведение людей. Общая черта трех данных определений, как замечает Е.А. Гордеев, наличие потенциала для манипулятивного воздействия на поведение людей и групп [2].

Несмотря на обширность предметной области, социоинженерная деятельность преследует определенные цели. В целом – это формирование новой социальной реальности, вследствие которой осуществится адаптация группы к новым условиям, станет возможным внедрение инноваций и т.п. А уже в зависимости от определенных аспектов деятельность специалиста может предполагать разнообразие работ, начиная от социологических исследований и заканчивая социально значимыми коммуникационными проектами.

Кто же такой социальный инженер? Это личность, сочетающая в себе навыки сразу в нескольких науках, причем как социальных, так и технических. Этими областями могут быть социология, психология, связи с общественностью и инженерия. Иными словами, такие направления, которые связаны и с управлением социальными процессами, и со спецификой объекта деятельности.

С.Ю. Пискорская описывает три направления социальной инженерии. Инженерно-конструкторское – создание новых социальных объектов или изменение уже имеющихся. Организационно-технологическое – подготовка социальных программ и их реализация. Консультативно-управленческое – анализ, проектирование, планирование и внедрение социальных технологий, а потому может включать элементы всех предыдущих направлений.

Социально-инженерная деятельность по масштабу может охватывать разные социальные группы. Это может быть глобальный, национальный, региональный, отраслевой, групповой, личностный или индивидуальный уровень [1]. Например, применение инженерии по отношению к организациям может обеспечить возможность проведения финансовых махинаций, дестабилизации работы организации, шантажа, конкурентной разведки и т.п.

Применение методов социальной инженерии строго ограничено этическими рамками [1]. Нередко можно наблюдать недобросовестное использование приемов, например, банковскими мошенниками.

Каким образом происходит воздействие на человека? К.А. Балакин пишет, что интенсивное развитие инженерии расширяет арсенал методик воздействия, и общая схема строится следующим образом:

- сканирование: осуществляется поиск уязвимостей объекта;
- выявление «точки входа»: эмоционально-рациональный анализ объекта;
- аттракция: создание сценариев – нужных условий для влияния [5].

Обзор современных публикаций показывает, что социальная инженерия включает в себя несколько распространенных техник [2,3,6] (табл.).

Таблица

Краткое описание техник атак с помощью социальной инженерии

Название техники	Краткое описание
Претекстинг	Четко спланированное действие с предварительным сбором информации об объекте (как правило – звонок по телефону или сообщение на почту), впоследствии которого цель сама должна выдать нужную информацию
Фишинг	Массовая рассылка сообщений по почте от имени популярных сайтов с требованием совершения определенных действий
Вишинг	Использование системы записанных голосовых сообщений для имитации «официальных» звонков от крупных организаций для получения конфиденциальной информации
Фарминг	Перенаправление по ложному интернет-адресу или его подмена через рассылку писем, следствием чего является заражение ПК
НDoS (Human denial-of-service – человеческий отказ в обслуживании)	Вынуждение человека не реагировать на атаку или реагировать неадекватно путем отвлечения внимания (создание видимости выполнения операции для выполнения иных действий в ущерб жертвы)
Троянская программа	Вынуждение зайти на вредоносный сайт или активировать вирусную программу под предлогом различных бонусов
Дорожное яблоко	Адаптация троянского коня – подбрасывание в корпорацию зараженных физических носителей (CD или флеш-накопителей), вызывающих любопытство и доверие сотрудников
Кви-про-кво	Злоумышленник выдает себя за технического специалиста, предлагая помощь взамен на определенную информацию

Самое уязвимое звено в любой схеме – это человек. Обычно используется три механизма воздействия: убеждение, внушение и заражение. Поэтому, чтобы не попасться на уловку, необходимо соблюдать некоторые правила информационной безопасности [2]:

- проявление бдительности и игнорирование подозрительных писем или звонков;
- уведомление сотрудников компаний об опасности раскрытия личной и корпоративной конфиденциальной информации;
- предоставление четких инструкций к действию в случае подозрительных ситуаций;
- строгое ограничение дозволенной к разглашению информации;

– наличие противовирусных программ.

Таким образом, социальная инженерия – это актуальная междисциплинарная научно-практическая деятельность для преобразования социальных систем различного уровня сложности. Специалист в области социальной инженерии – личность с богатым набором знаний и навыков. Часто такого рода воздействие основано на человеческих духовных качествах в реальном мире и глобальной сети, а ее использование ограничено соображениями этики.

Научный руководитель: канд. психол. наук, доцент кафедры ОНД БФ ПНИПУ М.Н. Семенова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пешкова В.М. Социальная инженерия против социальных исследований или возможна ли «меняющая/решающая социология»? По материалам IX социологической Грушинской конференции // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2019. № 2. С. 410–420.
2. Гордеев А.Е. О содержании термина «социальная инженерия» // Национальная безопасность: стратегические приоритеты и система обеспечения: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Прикамский социальный институт. 2016. С. 452–457.
3. Сахно В.В., Пищаева А.С. Социальная инженерия, ее техники и способы защиты // MODERN SCIENCE. 2020. №2. С. 349–351.
4. Пискорская С.Ю. Социальная инженерия в области профессионального образования // Профессиональное образование в современном мире. 2019. Т. 9. №4. С. 3158–3166.
5. Балакин К.А. Социальная инженерия: вчера, сегодня, завтра // Политехнический молодежный журнал. 2019. № 6 (35). С. 2.
6. Файзуллин Р.Р., Байрушин Ф.Т. Социальная инженерия – взлом человека // Аллея науки. 2018. Т. 4. №1(17). С. 856–859.

Поступила 12.03.2021

УДК 128

А.А. Афонина, Н.А. Симанова **РАЗМЫШЛЕНИЯ О ЖИЗНИ И СМЕРТИ** **В РАМКАХ ФИЛОСОФСКО-РЕЛИГИОЗНЫХ СИСТЕМ**

В данной статье представлены понятия о жизни и смерти в различных философско-религиозных трактовках, рассмотрена идея появления современных течений в науке на основе этих систем.

Еще с древних времен люди задавались вопросами о жизни и смерти: «Что такое жизнь?», «Можно ли продлить жизнь?», «Что такое смерть?», «Может ли человек стать бессмертным?» и многие другие. Г. Гейне говорил, что проблема смысла жизни стала «проклятым» вопросом философии и истории. Почему же «проклятым», неужели нет современного подхода к этому вопросу? Источником творчества человека представляется столкновение жизни и смерти. В искусстве ситуация смерти реализуется как трагедия. Вероятно, аргументы не заставят человека полюбить смерть, но философские размышления по этому поводу помогут ему относиться к жизни с мудростью.

Что же такое жизнь и смерть? Один из главных вопросов человечества. Для ответа на него обратимся к толковому словарю Ожегова: «Жизнь – это: совокупность явлений, происходящих в организмах, особая форма существования и движения материи; физиологическое существование человека, животного, всего живого. Смерть, в свою очередь, это прекращение жизнедеятельности организма».

За всю историю развития человечества возникло много различных философских течений, которые рассматривают отношения жизни и смерти. Однако более детально обе стороны, смерть и жизнь, чаще всего встречается именно философско-религиозных системах. Рассмотрим некоторые из них.

Джайнизм. По учению джайнизма кармой считается закон необходимости, который состыковывается со страданием. Данное страдание джайны называют жизнью. В мироздании джайны выделяют два самостоятельных начала – «джива», что означает живое, и «аджива», что значит неживое. По мнению джайнизма, душа является дживой, а тело – адживой. Следовательно, тело всего лишь «дом», устаревающий со временем и неживой без его обитателя. Человек все время подвергается страданиям, а также перерождается из одного тела в другое. Источником страдания является соединение дживы и адживы, поэтому высшая цель заключается в разъединении данных начал. Существует «три жемчужины» джайнов: правильная вера, правильное познание и правильное поведение. По джайнизму счастье и свобода человека проявляется в полном освобождении души от тела.

Буддизм. Будда интересовался человеческой жизнью, которая, в его понимании, была наполнена страданиями и разочарованиями. Поэтому его учение имеет психотерапевтическую направленность более, чем метафизическую. «Благородные истины» буддизма направлены на то, чтобы познать причины страданий и потом освободиться от них. Буддисты считают, что страдания возникают в случае, если мы начинаем противиться течению жизни и стараемся удержать устойчивые формы, будь это вещи, явления, люди или мысли. Все, что привязывает человека к жизни, чувствам, проповедуется как отстраненность от духовности. Таким образом, цель жизни, по буддийской традиции, заключается в том, чтобы разорвать порочный круговорот «сансары», избавиться от уз «кармы», достичь «нирваны», стать просветленным. По мнению буддистов, смерть – это неотъемлемая часть, к которой готовятся с самого рождения, надеясь праведными поступками и выбором пути осознанности обрести нирвану. [1].

Индуизм. Вследствие слишком тесной связи с телом индивидуальная человеческая душа, которая считается бессмертной, намного уступает мировому духу по степени совершенства. Каждый раз после смерти привязанность «атмана» (человеческой души) к телу вынуждает душу переселяться в другое тело. Поток таких перевоплощений продолжается, пока человек полностью не освободится от земных страстей и жизненных проблем, которые называют грехами. После этого наступает освобождение, и «атман» сливается с «брахманом», т.е. наша душа сливается с мировым духом. Для освобождения от уз кармы нужно осознать целостность и гармонию, которые царят в природе, включая при этом и нас самих, а также начать действовать в соответствии с этим. [2].

Чарвака. Материя признается единственной реальностью. Душа включает в себя все возможные материальные элементы (земли, воды, огня, воздуха) и умирает вместе с телом. «Пока живешь – живи радостно, ибо смерти не избежит никто». Согласно этому течению, единственный смысл жизни состоит в удовольствиях, доставляемых чувственными наслаждениями. То есть мы должны получить как можно больше удовольствий, избежав тем самым неминуемо сопутствующих этому страданий.

Конфуцианство. Конфуцианство считает, что человек как личность существует для общества, а не для себя. Общественная субординация и образование – основа данного философского течения. С точки зрения Конфуция, постичь Дао – вступить на путь познания истины или приобщиться к его учению. Это дает человеку возможность осознать смысл своей собственной жизни [3].

Даосизм. Даосисты познают смысл жизни путем созерцательного странствия в дао-потоке, а не через логические выкладки. «Чем дальше идешь, тем меньше познаешь». Все сущее, включая человеческую жизнь, имеет единую первооснову – Дао. Необходимо найти свой собственный путь, двигаться медленно для осознания качества жизни. Смерть является завершением этого этапа и опытом для следующего.

Дзэн. Дзэн как творческая переработка индийского буддизма и китайского даосизма получил свое развитие и характерную особенность в Японии, придав «осмысленность» существованию. Целью последователей является достижение просветления – ощущения, называемого в дзэн «сатори». Таким образом, идеал дзэн – естественно и спонтанно жить своей повседневной жизнью. Дзэн оказал огромное влияние на все стороны традиционного образа жизни японцев. Также он утверждает, что просветление может воплощаться в любом повседневном занятии.

Христианство. Онтологически только Бог является самостоятельным бытием, все «тварное» существует и осмысливается только в непрерывной связи с Творцом. Христианство признает, что один поступок может обесмыслить всю жизнь. Такие поступки в данном течении называют грехами. Покаянием называется возвращение к реальности, и осмысление бессмысленной жизни возможно только при невидимом присутствии Творца. Смерть в христианстве рассматривается с двух противоположных сторон. С одной стороны – смерть – это извечное наказание, которое каждый вынужден нести за совершенный им некогда грех. Но, с другой стороны, смерть – это освобождение человека от оков бренного тела, от земных печалей, выпускающее на свободу его вечную душу. Человек становится бессмертным – путь к бессмертию открыт искупительной жертвой Христа через крест и воскрешение [4].

В основном все направления показывают антагонистическое отношение жизни к смерти, тела к душе. Часто, говоря о теле, подразумевается его конечность, безысходность смерти, правильный итог существования. Снимается страх при переходе из одного состояния в другое. А значит готовность достигать новых целей, новых идей, в которых будет продолжать жить душа человека. То есть смерть – это продолжение жизни души. В современной философии появляются «новые копилки для душ», сохранение и нахождение идеи из хаоса. И это уже синергетика – современное научное направление, позволяющее «достичь порядка из хаоса». Что указывает на высочайшую цель появившихся философско-религиозных течений, позволяющих осознать единство и взаимосвязь всех вещей, преодоления ощущения своей изолированной индивидуальности и слияние с высшей реальностью. В этом и состоит задача современной науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смерть в буддизме: круговорот сансары и путь к прославлению / гос. спец. служба. Москва, 2020. URL: <https://ritual.ru/poleznaya-informacia/articles/smert-v-buddizme> (дата обращения: 06.03.2021).
2. Бабочкина Я.О. Жизнь после смерти в религии индуизма. Владимир, 2018. URL: <https://novainfo.ru/article/16096> (дата обращения: 06.03.2021).
3. Гавристова Т.М. Буддизм. Даосизм. Конфуцианство: учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп.; Ярослав. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. Ярославль: ЯрГУ, 2010. 140 с.
4. Рудаков П.Б. Христианство о смысле жизни, смерти и бессмертии. Екатеринбург, 2009. URL: <https://works.doklad.ru/view/ruhYf7cdegg.html> (дата обращения: 06.03.2021).

Поступила 15.03.2021

Э.Р. Штульберг, Н.А. Симанова

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ДОБРЕ И ЗЛЕ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

В данной статье показана относительность понятий «добра» и «зла», субъективность их понимания. Указана роль современной философии в поддержании баланса для понимания добра и зла.

С зарождения человечества, с первых источников о человеке мы встречаем рассуждения о добре и зле. Во всех словарях можно найти определение добра, например, в словаре Ожегова: «Добро – это все положительное, хорошее, полезное» [1]. Для современности кажется, что это довольно узкое определение, оно не объясняет ровным счетом ничего. Например, спорно то, что «добро – это все положительное». Любая война – это положительное событие для правителей стран, ведь благодаря войне, страна может преумножить свой капитал, увеличить свои земельные владения, то есть это будет положительным исходом. Но как ответить на вопрос «Война – это добро или зло?» Большинство ответит, что война – это зло, из-за войны умирают родные, начинается голод, войны все боятся.

Другая часть определения: «Добро – это хорошее». Теплая погода – это хорошо, но из-за этой теплой погоды ежегодно горят леса, города, люди гибнут из-за «такой хорошей погоды», разве пожары – это добро? Ну, и также: «Добро – это полезное». Много «полезного» было построено в Советском Союзе руками заключенных, на этих стройках умирали люди, выполняя тяжелейшую работу. Высшая ценность человечества носит субъективный характер.

Обратимся к понятию «зла». «Кто сражается с чудовищами, тому следует остерегаться, чтобы самому при этом не стать чудовищем» [2]. Этими словами Ницше говорит, что борец со злом сам становится злом, ведь зло может победить лишь еще большее зло. Обратимся к определению зла. «Зло – это беда, несчастье, неприятность» [1]. Сначала разберем: «Зло – это беда». Смерть – это всегда беда, но этот факт вызывает противоречие: ведь получается, что любая Смерть = Беда. Поймали и казнили опасного преступника – это хороший поступок, но из-за этого поступка случилась Смерть = Беда, значит при совершении доброго поступка причинено зло, что уже вызывает противоречие. Следующее: «Зло – это несчастье». Придерживаясь этого утверждения, можно сказать, что любой несчастливый человек – злой человек. А так ли это? Человек потерял работу, родных людей – да что угодно, что для него было важно. Разве это делает его злым? Человеку тяжело в жизни, ему нужна помощь, а не уничтожение его окончательно, называя злодеем. Ну, и наконец: «Зло – это неприятность». Многие люди боятся пауков, они им не приятны, разве это делает пауков злыми? Пауки не сеют зло, они, наоборот, помогают людям, ведь каждый паучок в день ловит от 2-х мух и более, а так-ли это полезно? Муха переносчик 26-ти болезней, многие из них могут убить человека. Из этого следует тот же вывод: зло носит субъективный характер.

Ницше заявлял, что те, в чьих руках власть, навязывают свои моральные ценности и принципы обществу [2]. Значит у власти должны быть люди, стремящиеся к добру. Как это обеспечить? Осталось ли добро в современном мире? К большому сожалению, зла в нашем мире в разы больше, чем добра. Обратившись к статистике [3], можно увидеть, что ежегодно в России умышленно убивают больше 15 тыс. человек, а еще аварии, катастрофы, бытовые конфликты. Люди не должны убивать себе подобных, ведь такими темпами человечество просто вымрет. В период с окончания Второй мировой войны и по наши дни, на земле было мирное время всего лишь 26 дней: меньше 1 месяца люди не хотели убить друг друга. Разве это правильно? Но все-таки в мире есть и добро. Люди до сих пор заботятся друг о друге, еще остались люди, которые понимают, что нужно помогать ближнему своему, ведь только когда люди сплотятся, тогда человечество достигнет тех высот, о которых пишут в

фантастических романах. А философия должна научить человечество логически верно и гуманно относиться к различным религиозным течениям, направлять их на созидание, а не «на борьбу за Бога». Науке философия должна помогать устанавливать границы, чтобы вместе с человечеством не уничтожить и принципы, заложенные в зачатках понимания доброго и злого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толковый Словарь С. Ожегова. URL: Толковый словарь Ожегова онлайн (slovarozhegova.ru) (дата обращения: 02.12.2020).
2. Фридрих Ницше «По ту сторону добра и зла». URL: Фридрих Ницше. По ту сторону добра и зла (lib.ru) (дата обращения: 26.12.2020).
3. Список стран по уровню умышленных убийств. URL: Список стран по уровню умышленных убийств – Википедия (wikipedia.org) (дата обращения: 02.12.2020).

Поступила 15.03.2021

УДК 711

А.С. Панькова

НАПРАВЛЕНИЯ И СТИЛИ СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

В статье приводятся основные направления и стили в современной архитектуре. Рассмотрены такие стили как конструктивизм, хай-тек, модернизм, китч, минимализм, органическая архитектура.

Рассмотрим современные стили, которые наиболее часто используют в последнее время архитекторы по всему миру.

Конструктивизм

Конструирование – один из приемов формообразования, характеризуется строгостью, и геометризмом объектов. Из этого приема и родился такой стиль как «конструктивизм» (функционализм). Дома в стиле конструктивизма обычно не окрашены или выполнены в сером цвете. К этому стилю можно отнести унылые одинаковые многоэтажки. Каждый элемент такой постройки исполняет свою роль и занимает четкое положение в композиции пространства. Окна построек могут быть горизонтальными или вертикальными, а крыши плоскими. Данный стиль архитектуры часто используется для строительства административных зданий.

Здания в таком стиле можно возвести за минимальное количество времени и затрат на строительство, так как здесь отсутствуют лишние детали и декоративные элементы.



Рис. 1. Здания, представленные в стиле конструктивизма

С течением времени именно конструктивизм дал начало популярным современным направлениям, таким как «хай-тек», «модернизм», «китч», «минимализм» и «органическая архитектура».

Хай-тек

Хай-тек в переводе с английского обозначает «высокие технологии». Этот стиль использует новейшие современные разработки и технологии, представляя собой стремление к комфорту и продуманности во всем. Архитектурное направление появилось в конце XX века и дало возможность использовать в строительстве необычные и футуристические формы. Здания в этом стиле в основном общественные, так как из-за своей высокой стоимости позволить себе построить такие дома могут только крупные фирмы. Множество деловых центров из стекла, пластика и металла строится именно в этом стиле.

Преобладающий цвет архитектуры в стиле хай-тек – серебристо-металлический, а внутри таких зданий помещения просторные и светлые. Элементы постройки могут быть вынесены наружу и служить некоторым украшением постройки.



Рис. 2. Здания, представленные в стиле хай-тек

Модернизм

«Модерн» – «новый». Стиль «модернизм» в архитектуре появился в начале прошлого века, и означает создание чего-то совершенного нового. Сооружения в таком стиле не отличаются чем-то изысканным, а наоборот лишены украшательства. Они построены из бетона или стекла, достаточно массивны и поражают своей оригинальностью. Среди цветов модернизма обычно преобладают светлые пастельные тона или металлические, которые напоминают о сегодняшнем времени скоростей, устремляя в будущее и меняя привычные стереотипы. Этот стиль – микс искусства с технологиями, изысканного – с функциональным. Каждая деталь постройки как игра света и тени, контраста формы и фактуры.

Китч

Китч – это сочетание не сочетаемого, возникшее в XIX веке. Дословно слово «китч» переводится как безвкусица и отрицает все каноны и предыдущие достижения искусства и культуры. Китч родился из-за любви к эпатажу и чрезмерной пресыщенности. Целью строительства зданий в таком стиле является привлечение внимания. Наружная отделка похожа на случайное смешение всех архитектурных стилей в одном. Здания в стиле китч могут быть в форме предметов или продуктов, например, в виде пирожного или огромного чайника. Снаружи каждый квадратный метр такой постройки чем-то заполнен и украшен, мимо такой постройки сложно пройти и не задержать взгляд. Цветовая гамма пестрит разными цветами и абсолютно беспорядочна.



Рис. 3. Здания, представленные в стиле китча

Минимализм

Минимализм самый спокойный стиль архитектуры, его принцип: «меньше – значит больше». Оставляя самое лучшее и самое необходимое, ограничиваться малым, но уделять внимание качеству строительного материала. Минимализм не всегда можно назвать определенным стилем, он является тенденцией и направлением в архитектуре, которое возникло в XX—XXI веках. Для этого стиля присущи простота и элегантность, лаконичность структур и форм. Геометрические формы: круги, прямоугольники и прямые линии характерны в строительстве зданий в стиле минимализм. Для этого направления типична простота форм и высокая функциональность. Архитектура минимализма избегает декор и украшения и отдает предпочтение природным текстурам. Цвета минимализма – это минимальное количество оттенков, цвета природной гаммы и чаще всего светлые. Важным элементом здания в таком стиле является его освещение, так как оно придает определенную игру структуры здания со светом. Материалы минимализма чаще всего натуральные – это мрамор, дерево, стекло, камень.

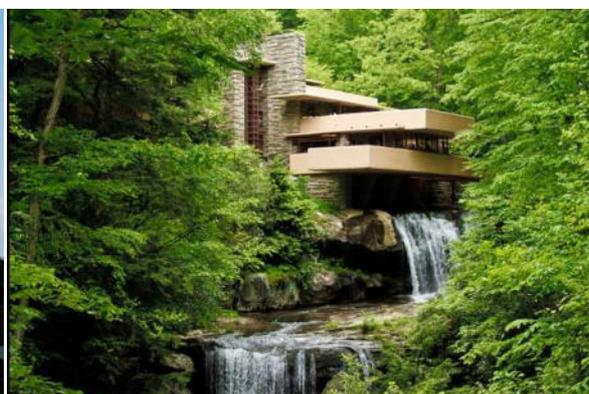


Рис. 4. Здания, представленные в стиле минимализма и органической архитектуры

Органическая архитектура

Термин органическая архитектура впервые сформулирован в XX веке. Органическая архитектура для создания архитектурных сооружений использует свойства природных материалов и их гармоничное размещение относительно окружающей среды. Отличительная черта этого стиля – непрерывный диалог с природой, так как здание всегда вписано в ландшафт. Органические сооружения всегда уникальны и не похожи друг на друга. Вместо архитектора форму здания, материалы для использования, цвет и фактуру диктует сама природа, ее рельеф и окружение. Чем больше неоднороден рельеф и чем больше он имеет наклонов, тем интереснее будет здание. Еще один из принципов органической архитектуры – стремление к простоте геометрических форм и фасадов, здесь совершенно не уместен переизбыток декоративных элементов и излишек в цвете. Здания в таком стиле из камня,

кирпича или бетона не маскируются другими отделочными материалами, их обнажение создает естественный декоративный эффект.

Таким образом, можно сделать вывод, что в последнее время при строительстве частных домов и коттеджей отдают предпочтение минимализму и органической архитектуре, при строительстве офисных зданий и торговых центров – модернизму и хай-теку. Очень хочется в современных городах видеть здания новой интересной архитектуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современность и архитектура: стили и направления. URL: <https://www.urbanus.ru/ng-aktualno/2017-07-21/sovremennost-i-arkhitektura-stili-i-napravlenija>.
2. Мировые тренды архитектуры и дизайна в 2020 и 2021 годах. URL: <https://veranda-russia.ru/mirovye-trendy-arkhitektury-i-dizajna-v-2020-i-2021-godah-top-10>.
3. Тенденции архитектуры на 2019 и 2020 годы. URL: <https://azulevgrupo.com/ru/%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%B3/tendentsii-arkhitektury-2019-2020>.
4. Архитектура Перми: традиции и современность. URL: https://flagman-news.ru/news/goroda_i_muzei/_arkhitektura_permi_tradicii_i_covremennost.html.

Поступила 15.03.2021

УДК 711

П.Д. Жданов

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПЕРМСКОМ КРАЕ В 2019–2020 ГГ.

В статье приводятся проблемы строительного производства в Пермском крае, в том числе связанные с пандемией COVID-19. Рассмотрены проблемы банкротства строительных компаний в Пермском крае.

Строительная отрасль и ее развитие во многом зависят от ряда факторов, среди которых: юридические, экономические, организационные, производственные, климатические и пр.

Анализ ситуации на рынке недвижимости и строительства в условиях пандемии COVID-19 и других кризисных явлений, показал, что в целом для отрасли характерны пессимистические финансовые перспективы. Так или иначе, кризис 2020 года затронул 10 из 10 строительных компаний, говорится в сообщении, опубликованном Центром стратегических разработок (ЦСР).

Помимо темпов снижения ввода в эксплуатацию нового жилья, также наблюдается и сокращение объемов вводимого метража.

Одна из основных проблем в строительных компаниях – недостаток высококвалифицированных кадров, а также специалистов по рабочим строительным специальностям. В результате этого строительные компании часто нанимают так называемых гастарбайтеров в качестве рабочей силы, что не всегда хорошо отражается на качестве выполнения строительных работ, а также их сроках. В 2020 году большое количество наемных рабочих не могли приехать в Россию из-за закрытых границ. Однако многие застройщики продолжают использовать труд приезжих, поскольку для компании-застройщика это очень выгодно в экономическом плане.

Кроме того, в связи с экономическим кризисом, множество строительных компаний вынуждено сокращать большую часть персонала, что естественно влечет за собой некоторые сложности в работе строительной фирмы.

Уже на этапе запуска проекта возникают сложности. Первой причиной их являются сроки согласования, которые в среднем занимают около года. Это увеличивает сроки сдачи объекта, и может привести к увеличению стоимости недвижимости.

К концу 2020 года резко возросли цены на металл, которые также приводят к росту цен на строительную технику и металлоконструкции.

Стоимость квадратных метров в крупных городах может за год увеличиться вдвое.

Поэтому борьба за доступность жилья перешла уже на правительственный уровень.

Проблема банкротства застройщиков в Пермском крае и в городе Пермь

Согласно последним данным, в стране насчитывается 830 долгостроев. Пермский край занимает лидирующую позицию по количеству недостроенных объектов наравне с Москвой, Краснодарским краем и Самарской областью. Очень много застройщиков переносят сроки сдачи объектов или вовсе замораживают строительство. Рассмотрим основные из них.

Ввод в эксплуатацию ТРЦ «Планета» в городе Пермь перенесен на апрель 2021 года. Решение о переносе срока открытия ТРЦ было принято в силу неблагоприятной эпидемиологической ситуации в России. В компании также рассказали о текущих работах по этому объекту. Поясняется, что в настоящее время на объекте ведутся фасадные работы, началась подготовка к отделочным работам в здании. По информации СМИ, это не единственный объект, который сейчас находится, скажем так, «в заморозке». «Коммерсант», ссылаясь на собеседника среди девелоперов, пишет, что холдинг UDS Group временно заморозил строительство гостиницы по ул. Окулова, 14.

В число самых скандальных долгостроев входит комплекс из восьми зданий на ул. Ушакова, 21. Возведение дома было организовано в 2005 году, но в 2008 году застройщик НФЗП «Патриоты» объявил о банкротстве. В настоящее время реализовано только пять домов, а покупатели ожидают свои квартиры уже на протяжении шести лет.



Рис. 1. Замороженное строительство в г. Пермь

Создание административно-жилого комплекса «Никитинский» (рис. 1) на пересечении улиц Екатерининской и Плеханова началось в 2008 году. Застройщиком долгостроя является ООО «Пермпромжилстрой», который находится в процедуре банкротства.

В декабре 2019 года в Перми закончилась госэкспертиза недостроенного дома, который стоит около десяти лет на улице Толмачева (рис. 2). Проект его достройки получил

положительное заключение. Для завершения объекта потребуется 355 миллионов рублей. Остается надеяться, что данная сумма будет найдена, и дом будет достроен.

В жилом комплексе «Столичный» пострадало 140 дольщиков, которые купили квартиры. Строительство дома было начато еще в 2006 году, однако покупатели ждут свои квартиры уже на протяжении восьми лет. Директор ООО «Гран-1» обанкротился, и в настоящее время возбуждено уголовное дело.

Жилой комплекс «Триумф» (ул. Карпинского, 108) является самым большим из проблемных объектов Перми. Застройщиком комплекса является строительная фирма «Классик». Заявленный объем – 11 секций высотой от 16 до 19 этажей. На сегодняшний день квартир продано больше чем на 90 процентов, а фирма уже просрочила сдачу на полтора года. Два года люди занимались тем, что собирали нужные документы, откачивали воду из котлована со сваями и полностью меняли проект дома. За дело взялся пермский застройщик «Специализированный застройщик «Строй-Союз». Эта группа компаний, например, достроила дом на Елькина, 39 – тоже долгострой.



Рис. 2. Недостроенный дом в г. Пермь

При выборе застройщика всегда обращают внимание на репутацию компании и ее рейтинг на рынке услуг. Долгое время компания «Камская долина» считалась одним из самых благонадежных застройщиков. Пермские семьи без страха вкладывались в жилье от «Камской долины» и не подозревали, что их обманут. У застройщика АО «Камская долина» насчитывается 10 проблемных домов на территории Пермского края, а во втором квартале 2019 года к ним добавились еще три. В Березниках в ЖК «Любимов» также были недостроенные дома от «Камской долиной».

Таким образом, тенденции развития строительного сектора в России пока не вызывают особого восторга. В настоящее время существует масса проблем, требующих решения как на региональном уровне, так и на уровне правительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кризис 2020 г. затронул все строительные компании. URL: <https://finance.rambler.ru/realty/44248043-krizis-2020-g-zatronul-vse-stroitelnye-kompanii/?updated/>.
2. Топ 10 проблемных и «замороженных» новостроек Перми. Кризис 2020 г. затронул все строительные компании. URL: <https://an-rakurs.ru/content/article/151>.

Поступила 15.03.2021

И.А. Батуева, Н.А. Шеин, Н.А. Сиротина
**ПРИОРИТЕТНЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ ПЕРМСКОГО
 КРАЯ**

В статье рассматриваются основные методы оценки инвестиционного климата региона, выделены приоритетные отрасли финансовых вложений, а также показаны основные меры государственной поддержки в области инвестиционной политики.

Пермский край привлекателен для потенциальных инвесторов, потому что здесь много промышленных предприятий, а также в последнее время был реализован ряд крупных инвестиционных проектов, в частности: создание новых производств компаний «ЕвроХим», «Метафракс», «Лукойл» и т.д. [1] Также снижаются проценты кредитования малого и среднего бизнеса. Александр Шишмагаев – директор филиала СДМ-Банка в Перми – подтвердил, что банки готовы вкладывать деньги, но проблема в качестве заемщиков. Алексей Чибисов, министр промышленности, предпринимательства и торговли Пермского края, отметил, что важно увеличивать спектр интересов инвесторов.

Инвестиционная привлекательность региона характеризуется инвестиционным климатом, который определяется потенциалом территории для инвесторов и рисками территории для инвесторов.

Методы, использующиеся для оценки инвестиционного климата:

- экономико-математические методы. В качестве критерия – фактор инвестиционной привлекательности региона;
- методы факторного анализа. Критерий – полифакторные показатели, которые представляют собой набор разнообразных индикаторов;
- методы экспертных оценок. Основан на интегральных характеристиках инвестиционного потенциала.

Последний метод используется чаще, потому что оценивает количественную и качественную характеристики инвестиционного потенциала региона. [2]

В 2019 году Пермский край занял 23-е место в рейтинге инвестиционной привлекательности регионов. Факторы, по которым производится оценка, представлены на рисунке. Это означает, что он имеет высокую инвестиционную привлекательность – третий уровень. В сравнении с 2018 годом он поднялся с 31 места, в котором имел среднюю инвестиционную привлекательность. Это говорит о том, что регион развивается, и инвесторам стоит обратить на него свое внимание [3].



Рис. Факторы региональной инвестиционной привлекательности (%)

Основными отраслями для инвестиций являются машиностроительная, химическая, нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая. В 2018 году они реализовали больше 20 проектов на сумму более 400 млрд рублей. Также в последнее время наблюдается повышенный интерес к созданию новых индустриальных парков. Например, на

индустриальный парк «Култаево» инвестиции составляют 811,5 млн рублей (из них 311 млн рублей – средства инвестора). К 2024 году там планируется создать 1954 рабочих места.

Дмитрий Шашикашвили развивает тепличный комплекс «Пермский» в Чусовом. Инвестиции в проект превысят 7 млрд рублей. Изначально предполагается создать 400 рабочих мест, далее планируется достигнуть 550 сотрудников. Выход на проектную мощность ожидается к 2022 году. [4]

Строительство Чусовского цементного завода «Карьер» в 2019 году получило статус приоритетного инвестиционного проекта, к 2024 году планируется выйти на проектную мощность. Размер инвестиций 2,3 млрд рублей. Предполагается создать 317 рабочих мест.

Спорткомплекс «Олимпия-Пермь» – это проект строительства многофункционального комплекса с аквапарком, фитнес-центром и гостиницей в городе Перми. Проект предполагает инвестиции в размере 1,5 млрд рублей. На момент открытия планируется создать 220 рабочих мест. [5]

Правительство принимает меры поддержки инвесторов, такие как [6]:

– административное сопровождение инвестиционных проектов по принципу «одного окна»;

– подбор инвестиционной площадки и предоставление земельных участков без торгов в целях реализации масштабных инвестиционных проектов. Предоставление земельных участков без проведения торгов по льготной арендной ставке для масштабных инвестиционных проектов и проектов в сфере государственно-частного партнерства (1 рубль за гектар);

– налоговые льготы:

• территория опережающего социально-экономического развития «Чусовой». На данной территории налоговые ставки составляют: 5% – на прибыль, 0% – имущество и земля, 7,6% – страховые взносы;

• «Приоритетный инвестиционный проект». При получении данного статуса налоговые ставки: 0,01% – налог на имущество в течение первых пяти лет, 1,1% – в течение следующих пяти лет;

• заключение специального инвестиционного контракта. Налоговая ставка 0% на срок действия контракта;

• снижение ставки по налогу на прибыль в обмен на капитальные вложения. Налоговая льгота по налогу на прибыль при условии осуществления вложений на территории Пермского края.

Таким образом, в Пермском крае на данный момент создаются крупные инвестиционные проекты, которые могут дать много новых рабочих мест. Регион занимает довольно высокое положение в рейтинге инвестиционной привлекательности, а правительство старается поддержать интерес инвесторов разными инструментами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4067435#id1786569> (дата обращения: 16.12.2020).

2. URL: <https://e-koncept.ru/2016/76190.htm> (дата обращения: 16.12.2020).

3. URL: https://www.ranational.ru/sites/default/files/Obzor_Rating_Investment_Regions_VII_2020.pdf (дата обращения: 10.12.2020).

4. URL: <http://economy.permkrai.ru/about/news/3085/> (дата обращения: 13.12.2020).

5. URL: http://economy.permkrai.ru/upload/medialibrary/Reestr-PIP-19.06.2020-_1_.pdf (дата обращения: 13.12.2020).

6. URL: http://economy.permkrai.ru/investors/mery-podderzhki-investorov/?sphrase_id=9770 (дата обращения: 13.12.2020).

Поступила 15.03.2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Ангельхер Анна Юрьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-20м.
2. **Андрусь Станислав Андреевич** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
3. **Антаков Михаил Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. РМПИ-16в.
4. **Афони́на Анастасия Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-20д.
5. **Баженов Петр Алексеевич** – г. Пермь, ПНИПУ.
6. **Байдарова Мария Алексеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ.
7. **Барсукова Анастасия Александровна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых.
8. **Батуева Ирина Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-17д.
9. **Баутина Светлана Леонидовна** – г. Ижевск, Камский институт гуманитарных и инженерных технологий.
10. **Беккер Вячеслав Филиппович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов».
11. **Богомолова Татьяна Сергеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-19д.
12. **Борисова Ирина Константиновна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
13. **Ботев Владимир Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
14. **Брезгина Алена Николаевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, кафедра «Общенаучные дисциплины».
15. **Букин Андрей Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-18в.
16. **Букин Глеб Константинович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
17. **Бычин Игорь Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-17д.
18. **Ведрова Валерия Вадимовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-20м.
19. **Галимов Ильнур Маратович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
20. **Гилева Анастасия Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-18д.
21. **Головатенко Ирина Юрьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
22. **Горина Алиса Дмитриевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-17д.
23. **Грязев Владислав Константинович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
24. **Гусев Никита Дмитриевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-19д.
25. **Давыдов Виктор Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17у.
26. **Данилова Елена Адольфовна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, д-р хим. наук, доцент.
27. **Долгополов Игорь Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-16з.
28. **Дробязко Сергей Николаевич** – г. Ижевск, ООО «Сервисреммаш».
29. **Жданов Павел Дмитриевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПГС-19у.
30. **Жигалов Илья Евгеньевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, д-р. техн. наук, профессор.
31. **Жуланов Александр Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-19д.
32. **Затонский Андрей Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, д-р. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматизация технологических процессов».
33. **Зуев Степан Юрьевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-18д.
34. **Ипатова Юлия Николаевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.

35. **Калимуллин Ильдар Ильясович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
36. **Канаева Наталья Владимировна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.
37. **Карпов Михаил Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-17д.
38. **Кибанова Марианна Сергеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-19м.
39. **Килеев Алексей Сергеевич** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
40. **Кириллова Светлана Юрьевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Информационные системы и программная инженерия».
41. **Кириин Юрий Петрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология».
42. **Киссельман Ирина Фридриховна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология и механизация производств».
43. **Ковалева Анастасия Сергеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-20м.
44. **Копылова Милана Юрьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
45. **Корепанов Иван Сергеевич** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
46. **Корепанова Дарья Алексеевна** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
47. **Корнилов Сергей Михайлович** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, кафедра «Информационные системы и программная инженерия».
48. **Косвинцев Олег Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология», директор.
49. **Котова Анна Денисовна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.
50. **Красовская Ульяна Алексеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-18д.
51. **Крепышева Ирина Вадимовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Общенаучные дисциплины».
52. **Кротов Станислав Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
53. **Куверзанов Алексей Сергеевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых.
54. **Куликов Михаил Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. хим. наук, доцент, зав. кафедрой «Химическая технология и экология».
55. **Куншин Евгений Сергеевич** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
56. **Кучев Дмитрий Николаевич** – г. Пермь, ПНИПУ.
57. **Кучина Анастасия Сергеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-17д.
58. **Лановецкий Сергей Викторович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, д-р техн. наук, профессор кафедры «Химическая технология и экология», декан факультета техники, технологии и управления.
59. **Ланская Майя Сергеевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых.
60. **Лацвиев Никита Данилович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-17д.
61. **Левченко Валерия Павловна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.
62. **Леонтьев Константин Андреевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-20д.
63. **Ложкин Алексей Владимирович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.

64. **Лоншакова Ирина Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17д.
65. **Лоскутова Карина Дмитриевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-20д.
66. **Лошкарев Анатолий Николаевич** – г. Ижевск, Ижевский государственный университет имени М.Т. Калашникова.
67. **Лукина Юлия Михайловна** – г. Пермь, ПНИПУ, аспирант.
68. **Макаров Руслан Ильич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, профессор.
69. **Малкова Екатерина Дмитриевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-18в.
70. **Мальцев Антон Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-18д.
71. **Медведева Елизавета Сергеевна** – г. Березники, ООО «Еврохим – Усольский калийный комбинат».
72. **Минкаев Линар Ринатович** – г. Ижевск, Ижевский государственный университет имени М.Т. Калашникова.
73. **Митюков Евгений Алексеевич** – г. Пермь, ПНИПУ, аспирант.
74. **Митюков Николай Витальевич** – г. Ижевск, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, д-р техн. наук, доцент.
75. **Михалев Павел Владимирович** – г. Пермь, ПНИПУ, аспирант.
76. **Моськин Сергей Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ЭС-17у.
77. **Мурдугалимова Екатерина Дмитриевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
78. **Надолинская Полина Игоревна** – г. Пермь, филиал Волжского государственного университета водного транспорта, студент.
79. **Назаренко Николай Олегович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ЭС-17у.
80. **Наумова Марина Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-19д.
81. **Нечаев Николаев Петрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. хим. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология».
82. **Нисина Ольга Евгеньевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, кафедра «Химическая технология и экология».
83. **Озерова Марина Игоревна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, канд. техн. наук.
84. **Озолина Екатерина Сергеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-17д.
85. **Панькова Анастасия Сергеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПГС-19у.
86. **Пепеляев Николай Олегович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-19м.
87. **Пескишева Юлия Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17д.
88. **Петухова Екатерина Александровна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет.
89. **Поезжаева Елена Вячеславовна** – г. Пермь, ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент.
90. **Прилепский Кирилл Евгеньевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-17д.
91. **Прокопец Владимир Васильевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Общенаучные дисциплины».
92. **Протасова Евгения Николаевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17д.
93. **Пунгин Денис Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-18д.
94. **Рахимов Ильшат Данилович** – г. Нефтекамск, начальник механического участка АО «Транснефть-Урал».
95. **Романов Михаил Андреевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-19м.
96. **Русинов Вадим Андреевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-18д.
97. **Садырева Юлия Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Технология и механизация производств».

98. **Самойлова Виктория Валерьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-17д.
99. **Самойлова Екатерина Валерьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-16в.
100. **Сахарова Полина Николаевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.
101. **Селедков Иван Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-18д.
102. **Селетков Виталий Васильевич** – г. Ижевск, Ижевский государственный университет имени М.Т. Калашникова.
103. **Семенова Марина Николаевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. психол. наук, доцент кафедры «Общенаучные дисциплины», зам. директора по науке.
104. **Сергеев Никита Олегович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-19д.
105. **Сергеева Татьяна Николаевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Общенаучные дисциплины».
106. **Серебряков Александр Андреевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-19в.
107. **Сидорович Эдуард Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-18д.
108. **Симанова Нина Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. филос. наук, доцент кафедры «Общенаучные дисциплины».
109. **Сиротина Наталья Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Общенаучные дисциплины».
110. **Ситдиков Азат Халилович** – г. Ижевск, Ижевский государственный университет имени М.Т. Калашникова.
111. **Собянин Артем Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-19д.
112. **Соловатов Ирек Азатович** – г. Ижевск, Ижевский государственный университет имени М.Т. Калашникова.
113. **Старцев Александр Иванович** – г. Ижевск, ООО «Лукойл-Пермь».
114. **Стяжков Олег Анатольевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. РМПИ-16в.
115. **Суворова Юлия Валентиновна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, канд. хим. наук.
116. **Сумкина Елена Валерьевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.
117. **Суханов Андрей Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ЭС-17у.
118. **Сырчиков Александр Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-17д.
119. **Таратухина Агата Владимировна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-18д.
120. **Тимашева Елена Николаевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Технология и механизация производств».
121. **Тимофеев Иван Егорович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент «Технология и механизация производств».
122. **Тимочкина Виктория Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-19д.
123. **Тихонов Вячеслав Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. хим. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология».
124. **Тищенко Александр Олегович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ЭС-19у.
125. **Толстик Дмитрий Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-18в.
126. **Уваровская Анна Юрьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-17д.
127. **Фаткуллин Руслан Решатович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-20м.

- 128. Федосеева Кристина Александровна** – г. Пермь, ПНИПУ, аспирант.
- 129. Хаснудинов Рамазан Разитович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
- 130. Хафизов Ильдар Ильдусович** – г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.
- 131. Черноглазов Артем Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17у.
- 132. Чернышева Анжелика Дмитриевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПХТ-20м.
- 133. Шаклеина Полина Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-18д.
- 134. Шаклеина Светлана Эдуардовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Технология и механизация производств».
- 135. Шевелев Илья Михайлович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых».
- 136. Шейн Никита Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-17д.
- 137. Шехерев Максим Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17у.
- 138. Шилов Владимир Викторович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. ист. наук, доцент, зав. кафедрой «Общенаучные дисциплины».
- 139. Шишковская Софья Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. АТП-19д.
- 140. Штульберг Эрик Романович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ПОВТ-20д.
- 141. Язев Павел Александрович** – г. Пермь, ПНИПУ, аспирант.
- 142. Якимова Алена Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТМО-17д.
- 143. Якушевский Валентин Вячеславович** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент.
- 144. Ячменева Мария Юрьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, гр. ТНВ-18д.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Ангельхер А.Ю. – 289, 292
2. Андрусъ С.А. – 236
3. Антаков М.В. – 317
4. Афолина А.А. – 352
5. Баженов П.А. – 45
6. Байдарова М.А. – 279, 294
7. Барсукова А.А. – 67
8. Батуева И.А. – 65, 362
9. Баутина С.Л. – 339
10. Беккер В.Ф. – 69, 77, 85, 88, 92, 97, 102, 106, 120, 137, 139, 143, 147, 150, 155, 161, 165
11. Богомолова Т.С. – 69
12. Борисова И.К. – 229
13. Ботев В.С. – 206, 229
14. Брезгина А.Н. – 322, 326, 336
15. Букин А.А. – 74
16. Букин Г.К. – 184
17. Бычин И.С. – 77
18. Ведрова В.В. – 271
19. Галимов И.М. – 8
20. Гилева А.А. – 242
21. Головатенко И.Ю. – 218, 232
22. Горина А.Д. – 274
23. Грязев В.К. – 179
24. Гусев Н.Д. – 268, 341
25. Давыдов В.А. – 199
26. Данилова Е.А. – 284
27. Долгополов И.С. – 34, 38
28. Дробязко С.Н. – 308
29. Жданов П.Д. – 359
30. Жигалов И.Е. – 20
31. Жуланов А.А. – 81
32. Затонский А.В. – 22
33. Зуев С.Ю. – 282
34. Ипатова Ю.Н. – 60
35. Калимуллин И.И. – 313
36. Канаева Н.В. – 56
37. Карпов М.С. – 85
38. Кибанова М.С. – 301
39. Килеев А.С. – 175
40. Кириллова С.Ю. – 53, 56, 60, 63
41. Кирин Ю.П. – 289, 292
42. Киссельман И.Ф. – 222
43. Ковалева А.С. – 287
44. Копылова М.Ю. – 206
45. Корепанов И.С. – 238
46. Корепанова Д.А. – 19
47. Корнилов С.М. – 59
48. Косвинцев О.К. – 279, 287, 294, 298
49. Котова А.Д. – 60
50. Красовская У.А. – 264

51. Крепышева И.В. – 242, 244, 247, 250, 253, 258, 261, 264, 268
52. Кротов С.С. – 215
53. Куверзанов А.С. – 30
54. Куликов М.А. – 271, 277
55. Куншин Е.С. – 187
56. Кучев Д.Н. – 211, 215, 229, 232
57. Кучина А.С. – 137, 139, 143, 147, 150, 155, 161, 165
58. Лановецкий С.В. – 294, 298, 301, 304
59. Ланская М.С. – 20
60. Лацвиев Н.Д. – 49
61. Левченко В.П. – 53
62. Леонтьев К.А. – 244, 348
63. Ложкин А.В. – 176
64. Лоншакова И.А. – 201
65. Лоскутова К.Д. – 345
66. Лошкарев А.Н. – 339
67. Лукина Ю.М. – 196
68. Макаров Р.И. – 67
69. Малкова Е.Д. – 169
70. Мальцев А.С. – 224, 281
71. Медведева Е.С. – 22
72. Минекаев Л.Р. – 311
73. Митюков Е.А. – 25
74. Митюков Н.В. – 339
75. Михалев П.В. – 27
76. Моськин С.А. – 88
77. Мурдугалимова Е.Д. – 215
78. Надолинская П.И. – 211
79. Назаренко Н.О. – 92, 97
80. Наумова М.А. – 247, 350
81. Нечаев Н.П. – 274
82. Нисина О.Е. – 281, 282, 286
83. Озерова М.И. – 30
84. Озолина Е.С. – 274
85. Панькова А.С. – 356
86. Пепеляев Н.О. – 304
87. Пескишева Ю.А. – 190
88. Петухова Е.А. – 284
89. Поезжаева Е.В. – 211, 215, 229, 232
90. Прилепский К.Е. – 102, 106
91. Прокопец В.В. – 322
92. Протасова Е.Н. – 204
93. Пунгин Д.А. – 224
94. Рахимов И.Д. – 316
95. Романов М.А. – 277
96. Русинов В.А. – 250
97. Садырева Ю.А. – 218
98. Самойлова В.В. – 277
99. Самойлова Е.В. – 277
100. Сахарова П.Н. – 56
101. Селедков И.К. – 286
102. Селетков В.В. – 309

103. Семенова М.Н. – 341
104. Сергеев Н.О. – 41, 343
105. Сергеева Т.Н. – 343
106. Серебряков А.А. – 111
107. Сидорович Э.К. – 253
108. Симанова Н.А. – 345, 348, 352, 355
109. Сиротина Н.А. – 362
110. Ситдииков А.Х. – 234
111. Собянин А.В. – 116
112. Соловатов И.А. – 193
113. Старцев А.И. – 183
114. Стяжков О.А. – 319
115. Суворова Ю.В. – 284
116. Сумкина Е.В. – 53
117. Суханов А.А. – 120
118. Сырчиков А.С. – 124
119. Таратухина А.В. – 258
120. Тимашева Е.Н. – 220
121. Тимофеев И.Е. – 220
122. Тимочкина В.А. – 218, 232
123. Тихонов В.А. – 289, 292
124. Тищенко А.О. – 128
125. Толстиков Д.В. – 132
126. Уваровская А.Ю. – 171
127. Фаткуллин Р.Р. – 298
128. Федосеева К.А. – 22
129. Хаснудинов Р.Р. – 16
130. Хафизов И.И. – 12
131. Черноглазов А.С. – 220
132. Чернышева А.Д. – 294
133. Шаклеина П.А. – 326, 336
134. Шаклеина С.Э. – 199, 224, 226
135. Шевелев И.М. – 317, 319
136. Шеин Н.А. – 51, 362
137. Шехерев М.А. – 222
138. Шилов В.В. – 326, 330
139. Шишковская С.А. – 336
140. Штульберг Э.Р. – 355
141. Язев П.А. – 36
142. Якимова А.А. – 226
143. Якушевский В.В. – 63
144. Ячменева М.Ю. – 261

Научное издание

МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА В РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
студентов и молодых ученых

Редактор Н.В. Шиляева.
Техн. редактор С.С. Лепп

Подписано в печать 06.04.2021. Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 46,5. Тираж: 40 экз. Заказ № 456/2021.

Отпечатано с готового оригинал-макета в издательстве
Пермского национального исследовательского политехнического университета
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.