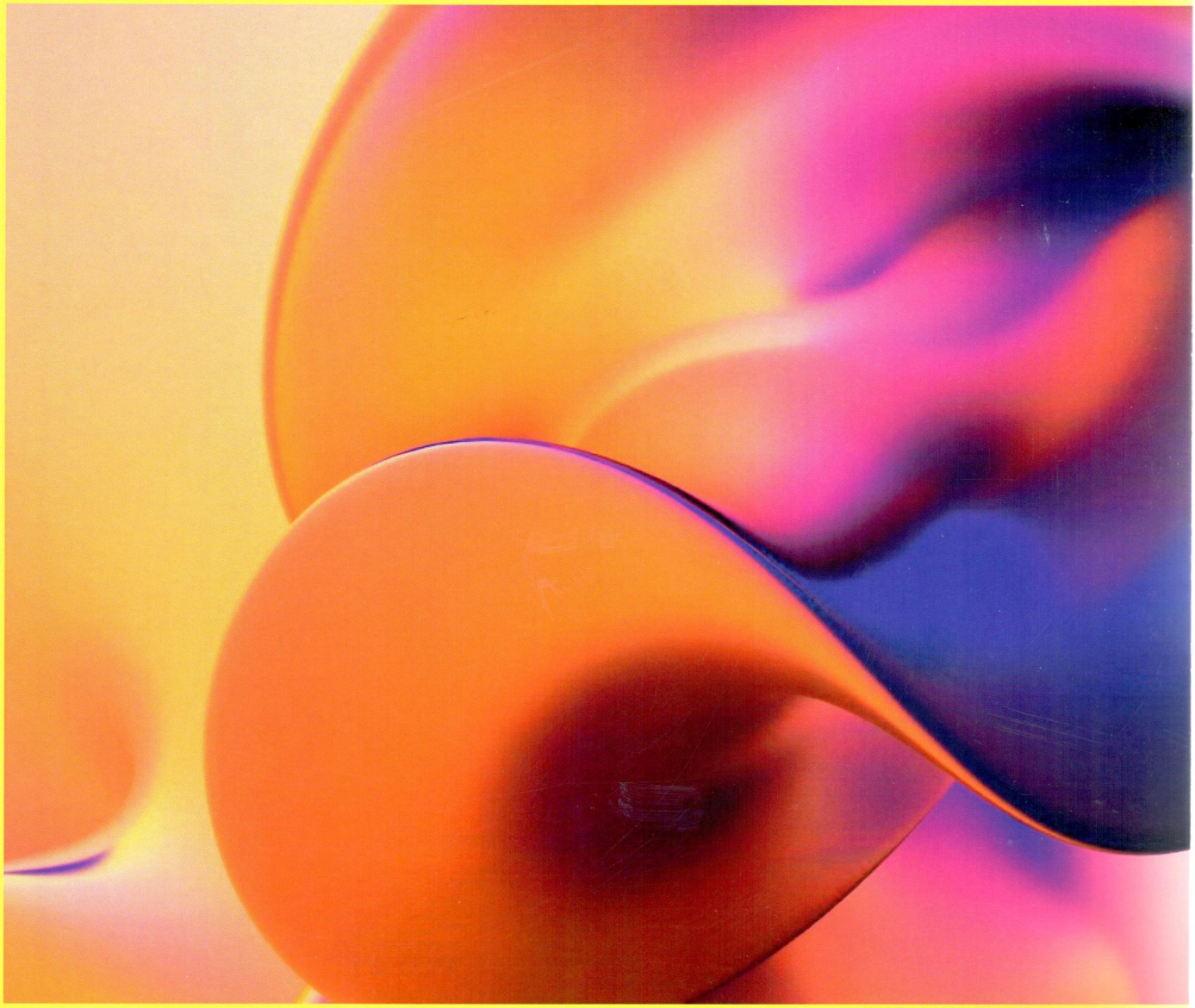
пермский
политех

www.pstu.ru



Молодежная наука в развитии регионов

Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых

(г. Березники, 24 апреля 2024 г.)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное 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, 24 апреля 2024 г.)

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2024

УДК 37:378+62:621+66:669
М75

М75 **Молодежная** наука в развитии регионов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 24 апреля 2024 г.) / ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2024. – 371 с.

ISBN 978-5-398-03137-9

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, аппаратурное оформление технологических процессов, актуальные проблемы химии, химической технологии и охраны окружающей среды, 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.
Технический редактор А.Н. Брезгина

Ответственный редактор
канд. техн. наук, доц. О.Е. Нисина

ISBN 978-5-398-03137-9 © ПНИПУ, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ …….……... 8

Я.В. Моховикова, К.А. Федосеева. Разработка функциональной модели регистрации бракосочетаний и изменения гражданского состояния населения для отдела ЗАГС…… 8
В.С. Круглов, А.О. Назарова, К.И. Патутин. Метод оценки влияния фобических стимулов на человека в виртуальной реальности…….. 10
В.С. Круглов, А.О. Назарова, Ю.В. Никитников. Реализация прототипа виртуального тренажера с биологической обратной связью для диагностики фобических расстройств 15
А.М. Илларионов. Проектирование программно-информационной системы агрегации больших данных…… 18
Г.С. Румянцев. Трансформация данных в ETL-системах на примере системы для анализа продаж торговой сети……. 22
Д.П. Бороздин. Искусственный интеллект в автоматизации технологических процессов 27
М.Ю. Белова, С.А. Назаревич. Разработка и анализ патентного ландшафта для цифровых двойников…… 29
Е.А. Яковлева, В.В. Данилов. Обоснование выбора платформы разработки ИС «Календарь питомцев»…….. 34
О.Э. Титов, Е.К. Бородина. Модуль «Резюме сотрудника» в информационной системе InPortal: оптимизация управления персоналом и повышение эффективности бизнес-процессов……... 37
Е.А. Егоров, Е.К. Бородина. Автоматизация организации мероприятий в университете: будущее на пороге……. 41
В.А. Забавнов, Е.Р. Хорошева. Синтез функциональной структуры модуля оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций…….. 45
М.С. Желобовский, С.Ю. Кириллова. Программные средства решения систем линейных алгебраических уравнений прямыми и итерационными методами……... 49
Н.А. Вехтева, А.А. Волков, А.Ю. Свешников. Методы получения и проверки данных о движении человека для механотерапии…….. 54
Д.А. Новиков. Приближенное решение нелинейных уравнений методом сканирования.. 57
Д.Е. Грекова. Сравнительный анализ платформ для работы с RSS-лентами: преимущества и недостатки……. 61
А.А. Пимкина. Сравнительный анализ методов выгрузки данных в электронные таблицы…….. 64
С.В. Кузнецов, Д.И. Некрасов, К.А. Федосеева. Улучшение распознавания окатышей на изображении…….. 67
А.С. Косинов, К.А. Федосеева. Создание функциональной модели учета проката инструмента……... 71
С.В. Иванов. Создание программного продукта для определения болезней растений по фотоматериалам листьев…….. 74
С.В. Иванов. Нахождение оптимальной конфигурации свёрточной нейронной сети методом анализа иерархий……... 79
И.С. Кашин, Е.Р. Хорошева. Хронологическая архитектура системы управления складским учетом и инвентаризацией на малых и средних предприятиях……. 83
К.В. Парахин, С.В. Курочкин. Обзор приложения, связанного с автоматизацией деятельности IT-отделов предприятия…… 85
А.Д. Леонтьев. Автоматизация анализа данных: проблема различных источников сбора данных…….. 89
Н.М. Журавлев. Анализ подходов к управлению материальными ресурсами промышленных сооружений…… 92

Раздел II. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ……. 96

С.Д. Попов. Математическое моделирование восстановительной плавки титансодержащих концентратов в руднотермической печи……. 96
С.Д. Попов. Поблочное описание математической модели восстановительной плавки титаносодержащих концентратов…… 99
Ю.М. Анохин, Т.В. Пасько. Система выгрузки нанотрубок…….. 104
А.В. Белоногов. Процесс растворения калийной руды как объект управления…….. 106
А.А. Ситова. Автоматизация шламовой флотации в производстве хлорида калия……... 111
А.Д. Алексеев. Исследование влияния площади сечения второй емкости на перерегулирование уровня……... 115
В.О. Винокуров. Влияние интегрирующей составляющей регулятора изменения уровня в емкости…… 118
Д.В. Дедерчук. Влияние пропорциональной составляющей регулятора на динамику регулирования уровня в емкости……. 121
С.А. Завацкий, В.Ф. Беккер. Автоматизация валкового пресса при производстве гранулированного хлорида калия…… 123
К.Д. Иванов. Автоматизация процесса обезвоживания хвостов сильвиновой флотации.. 129
К.Д. Иванов. Управление влажностью кека хвостов сильвиновой флотации на ленточном вакуумном фильтре…… 134
В.С. Истратов, В.Ф. Беккер. Динамика процесса сушки хлорида калия в печи кипящего слоя…… 139
В.С. Истратов. Компенсация возмущения влажностью температуры сушки хлорида калия в печи кипящего слоя……. 144
М.В. Носков. Управление плотностью пульпы в агитационном чане перечистной сильвиновой флотации……. 147
А.А. Панина. Управление флотацией хлорида калия в колонной машине…….. 153
О.И. Козлов. Исследование влияния объема емкости на ее температуру……...… 158
М.В. Мишуринский, В.Ф. Беккер. Динамика управления кристаллизацией хлорида калия……... 162
Д.К. Калачев. Математическое моделирование двухемкостного объекта в Mathcad……. 167
В.Л. Коваленко. Автоматизация процесса получения пара в котле ДКВР 20-13…… 171

Раздел III. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ……... 176

И.Н. Федорчук, А.А. Волков, А.О. Назарова. Структурная модель системы опорно-двигательной реабилитации с биологической обратной связью…….. 176
В.С. Журавлев, Ю.А. Садырева. Система очистки сточных вод для автомобильной мойки…….. 180
А.А. Бежовская. Футеровка гидроциклона в производстве хлорида калия…… 183
Л.М. Иванов, А.О. Корчанов, Н.В. Кулагина. Конструирование лабораторного оборудования для исследования зависимости конфигурации фигур Хладни от частоты звуковых колебаний……...……... 187
А.А. Новикова, Н.В. Кулагина. Исследование свойств светодиодов для конструирования действующего макета города со светодиодным освещением ……... 189
М.В. Морозов. Виды форсунок и их использование…….. 190
В.А. Шишканова-Каменских. Модернизация стадии гранулирования в процессе производства гранулированной аммиачной селитры…… 193
Н.В. Кулагина. «Атомное котоводство Вселенной» или выявление и использование потенциала политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум» для мотивации и повышения успеваемости студентов 1-2 курса БФ ПНИПУ и учащихся 198

третьей ступени общеобразовательных учреждений……
О.П. Калинин, Н.В. Кулагина. Конструирование лабораторного оборудования для исследования зависимости статического давления от скорости потока воздуха…….. 202
К.В. Куимов, Н.В. Кулагина. Исследование свойств светодиодов и изучение работы выпрямителя с помощью электронного осциллографа для конструирования светящейся пирамиды в политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум».. 204
А.А. Шерстобитов, М.В. Александров, С.Э. Шаклеина. Минимизация массы деталей при проектировании с помощью топологической оптимизации в продуктах АПМ……. 206
А.С. Снигирева, С.Д. Колпаков. Проектирование металлоконструкций в программе APM Structure 3D с учетом ветровой нагрузки…….. 208
М.Д. Царев. Разработка стенда для испытаний крэш-функции рулевой колонки автомобиля……. 211
М.Ю. Васенёв. Анализ ресурса гидрозамков с использованием распределения Вейбулла……. 213

Раздел IV. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ, ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ……..……..... 216

Э.К. Сидорович, М.А. Куликов. Оценка влияния скорости нагрева образца на значения температур плавления изомерных нитрофенилазосалициловых альдегидов……. 216
С.Г. Худяков, М.А. Куликов. Оценка влияния скорости нагрева образца на значения температур плавления замещенных бензилиденциклогексанонов…….. 218
А.А. Новикова, И.В. Крепышева. Химия полимеров…….. 220
А.Ю. Батуева. Насколько вреден вейп, айкос, кальян…….. 224
В.Н. Ильина, С.А. Рогов. К состоянию популяций астры альпийской на территории памятников природы регионального значения Самарской области……... 228
В.И. Федосеев, С.В. Лановецкий. Обзор способов повышения эффективности флотационного обогащения калийных руд за счет химических реагентов…… 231
Д.О. Руденко, С.В. Лановецкий. Обзор методов извлечения лития из природных рассолов…….. 234
Е.В. Сторожева, С.В. Лановецкий. Обзор способов повышения эффективности осаждения глинисто-солевого шлама…….. 238
А.В. Михалева, О.Е. Нисина. Обзор и анализ современных способов борьбы со слеживаемостью и пылеобразованием техногенных галитов…….…… 241
А.С. Шумков, Ю.П. Кирин. О возможности применения переменного энергоподвода для совершенствования процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния. 246
Н.Е. Малеванная, И.В. Крепышева. Калий – основа жизни!..... 249
Е.С. Власкина, Ю.Н. Соотц, К.А. Ерзунов, О.И. Одинцова. Капсулирование эфирных масел с использованием серицина для ароматической отделки тканей…….. 251
Ф.А. Быков, М.Ю. Горский, Е.Л. Владимирцева. Природные алюмосиликаты в очистке отработанных красильных растворов……. 254
Н.В. Норина, Д.А. Ахметгареев, Ю.В. Кучин. Экологический мониторинг реки Кама в местах купания жителей города Березники……. 258
А.Р. Зимнуров, Р.А. Гришин, О.В. Козлова. Пара-арамидная ткань с эффектом маскировки……. 261
О.В. Козлова, Р.А. Гришин, М.Р. Таганова. Маскирующий текстиль с водоотталкивающими свойствами…… 264
А.А. Гилева, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев. Диаграмма растворимости многокомпонентной системы KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O……... 266
Е.А. Аристова, О.Е. Нисина. Изучение возможности использования глинисто-солевого шлама ООО «ЕвроХим – УКК»……..…… 268
В.А. Русинов, О.К. Косвинцев. Использование диаграмм растворимости для оценки 269

возможности переработки шламов содового производства с целью получения нитрата кальция……...
П.М. Бабкин, А.А. Гилева, О.К. Косвинцев, С.В. Лановецкий. Статический анализ диаграммы растворимости в производстве хлорида калия из минерального сырья…….. 272
Н.А. Пивоварова, Е.Н. Абакумова. Определение эффективности фильтрования нефтесодержащих сточных вод с применением магнитной обработки…….. 276
У.А. Дорофеева, О.Е. Нисина. Исследование процесса адсорбции влаги твердыми поглотителями……... 281

Раздел V. ГОРНОЕ ДЕЛО……. 284

О.В. Морозова. Буровые работы и скважины, применяемые на Усть-Яйвинском руднике ВМКМС ПАО «Уралкалий»……..……... 284
К.Е. Стародубцева, В.В. Белкин. О нахождении золота в солях Верхнекамского калийного месторождения…… 286
М.А. Кудрявцев, С.В. Анциферов. Исследование напряженного состояния склона, содержащего выработку, пройденную параллельно его поверхности…… 288
К.Е. Стародубцева, В.В. Белкин. Соликамский городской округ Пермского края – родина цветной металлургии России…….. 293
О.В. Трещева, С.В. Анциферов. Аналитический метод расчета обделок тоннелей, сооружаемых с применением защитного экрана из труб…….. 295
М.В. Старых, А.С. Саммаль. Расчет обделок комплексов параллельных напорных гидротехнических туннелей с учетом влияния границы налегающей толщи пород с другими деформационными характеристиками…….. 300
А.Р. Иванова, И.М. Шевелев, С.А. Черный. Методика расчета значений параметров модели Кулона-Мора посредством построения параболы Фэрхерста при отсутствии данных предела прочности на растяжение с учетом особенностей свойств калийных солей Верхнекамского месторождения……... 304
Д.А. Балдин, М.А. Россинский, И.М. Шевелев. Разработка программы для построения геометрии и расчета координат геолого-технологических объектов при моделировании геомеханических процессов на калийных месторождениях…… 306
А.Р. Иванова, В.С. Беспалов. Повышение эффективности ведения горных работ на Соликамских калийных рудниках……... 308
С.С. Юдин, А.С. Саммаль. Оценка напряженного состояния неоднородного горного массива в окрестности круговой выработки, поперечное сечение которой пересекается границей раздела слоев различных пород…….. 311

РАЗДЕЛ VI. ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ…….. 314

Н.В. Митюков. Перегрузные баржи воткинской постройки в каспийской флотилии…… 314
Н.В. Митюков. Конец Галевской флотилии……... 316
Ю.М. Анохин, А.И. Попов. Экономическое развитие нанотехнологий…… 317
Ю.Д. Пушкарева, Н.А. Симанова. Отношение к смерти в обществе в разные времена…. 318
Е.В. Селукова, С.Э. Шаклеина. Реализация проектов по благоустройству территорий Пермского края 2022-2023 г……. 320
А.Д. Елсуков, А.Ю. Батуева, С.Э. Шаклеина. Проектирование здания спортивного комплекса в Перми с применением программы APM Structure 3D……..……... 323
Ю.Д. Пушкарева, М.А. Пушкарев, А.Н. Брезгина, В.В. Шилов. Периодическая печать Пермской губернии в досоветский период…… 326
Ю.Д. Пушкарева, М.А. Пушкарев, А.Н. Брезгина. Страницы истории газеты 329

«Березниковский рабочий»……..
В.А. Шишканова-Каменских, А.Н. Брезгина, В.В. Шилов. История и роль музея Филиала АО «ОХК» УРАЛХИМ» в городе Березники Пермского края…… 333
Е.А. Ермакова, Н.А. Симанова. Этика заботы и феминистская этика……. 338
Н.К. Попов, Н.М. Дерябин, Д.Ю. Цыбулин. Применение искусственного интеллекта в изучении английского языка……. 341
О.Н. Боталова, О.А. Глухова. Роль математики, химии и физики в подготовке будущих специалистов промышленных предприятий…….. 346
Н.Ф. Беккер. Промышленность и научно-технологическая политика Тайваня…….. 348
Н.Ф. Беккер. Самый крупный и кровопролитный вооруженный конфликт в мировой истории в количественных оценках…… 354
В.А. Лундина, И.М. Пудовкина. Туристические маршруты Пермского края или зачем нам Монако…… 356

Сведения об авторах……. 361
Именной указатель…… 368

РАЗДЕЛ I.
ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

УДК 004.4.22

Я.В. Моховикова, К.А. Федосеева

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РЕГИСТРАЦИИ БРАКОСОЧЕТАНИЙ И ИЗМЕНЕНИЯ ГРАЖДАНСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛА ЗАГС

В статье рассматривается предметная область ЗАГСа, в которой определяется его значимость в современном мире. В качестве цели работы выявлена необходимость разработки информационной системы для автоматизации деятельности. Также определены задачи, необходимые для достижения поставленной цели, составлена и описана диаграмма вариантов использования. Сделаны выводы по проделанной работе.

В современном мире ЗАГС является важной составляющей в жизни каждого человека. Среди главных задач ЗАГСа — вести реестр населения, выдавать различные свидетельства [1] Однако ручной ввод информации сотрудниками ЗАГСа является трудоемкой деятельностью, которая отнимает много времени. К тому же повышается риск получения недостоверной информации.

Для решения вышеперечисленных проблем принято решение об автоматизации деятельности ЗАГСа. Она принесет несколько улучшений, прежде всего, в области учета и аналитики. Автоматизированные системы позволяют автоматически формировать различные виды отчетов, благодаря чему значительно сокращается затраченное время сотрудника на их составление и снижается риск получения недостоверной информации. Также автоматизация ЗАГСа позволит упростить и автоматизировать процессы регистрации актов гражданского состояния, улучшить качество работы с документами и повысить доступность услуг для населения.

Для достижения цели были выделены следующие требования к разрабатываемой информационной системе:

- учет сотрудников;
- учет заявителей;
- хранение информации о типах документов (брак и развод, рождение и смерть);
- хранение информации о регистрациях;
- хранение информации о выдаваемых свидетельствах;
- формирование различных видов отчетов (о совершенных браках, разводах, рождаемости, смертности).

Перед разработкой информационной системы необходимо составить функциональную модель, так как она требуется для создания общего представления о том, как информационная система будет работать и что она должна делать [2].

В качестве среды моделирования была выбрана программа *Umbrello* [3].

Исходя из анализа предметной области была построена диаграмма вариантов использования, представленная на рис. 1 и рис. 2.

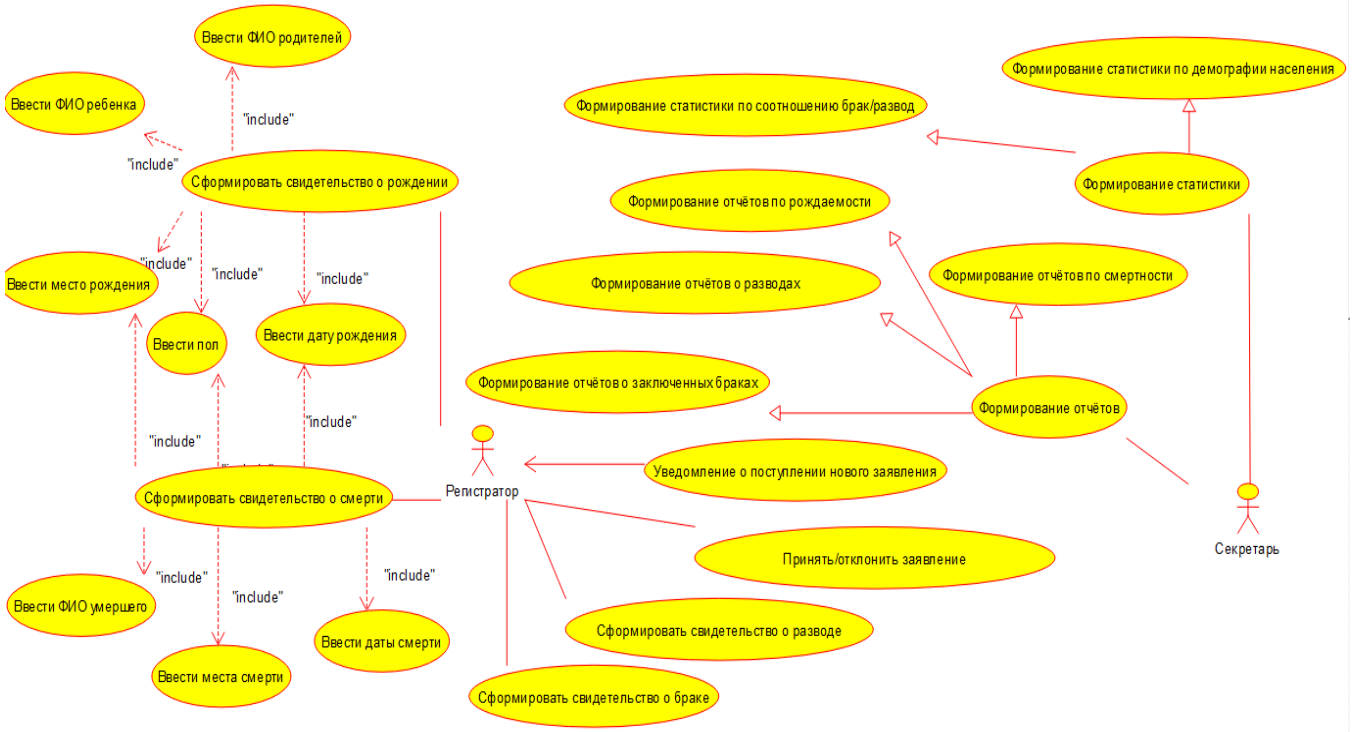


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

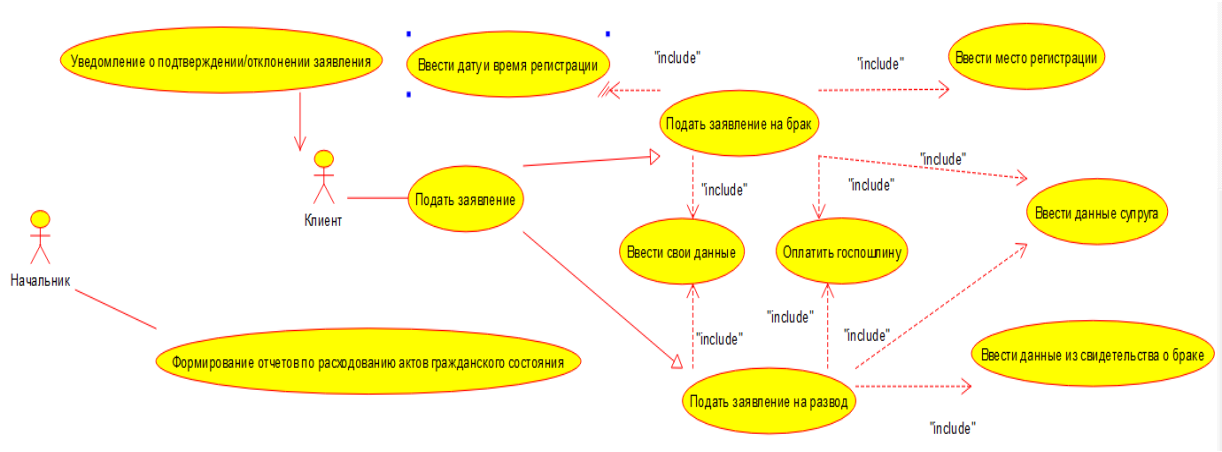


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Как видно из представленных диаграмм, регистратор может сформировать в системе документы, относящиеся к актам гражданского состояния. Он может формировать свидетельства о рождении, смерти, браке и разводе. Также регистратору приходят уведомления от системы о поступлении новых заявлений. После их рассмотрения регистратор одобряет либо отклоняет заявление, и клиенту приходит уведомление об этом.

Секретарь может формировать отчеты по заключенным бракам, разводам, рождаемости и смертности. Кроме того, секретарь формирует статистику по демографии населения и статистику по соотношению разводов к общему числу браков.

Начальнику ЗАГСа предоставлена возможность формировать отчеты по расходованию актов гражданского состояния.

Так же клиент может использовать информационную систему. Он может подать заявления на брак и на развод, после чего на его номер телефона от системы должно прийти уведомление о состоянии его заявления.

Таким образом, исследована предметная область, на основе которой была построена диаграмма вариантов использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Российской Федерации «Об актах гражданского состояния» от 15.11.1997 №143-ФЗ // Российская газета. Ст. 3. п. 2, Ст. 4, Ст. 78.
2. Гома Х. *UML*. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений. М: ДМК Пресс, 2016. 700 с.
3. Буч Г. Введение в *UML* от создателей языка. / Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон. 2–е изд. М: ДМК Пресс, 2015. 496 с.

Поступила 28.02.2024

УДК 004.89

В.С. Круглов, А.О. Назарова, К.И. Патутин

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФОБИЧЕСКИХ СТИМУЛОВ НА ЧЕЛОВЕКА В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В статье рассматривается развивающаяся область интеграции биометрических данных в виртуальные комплексы, которая позволяет оценивать физическое и психологическое состояние обучаемого. Для того, чтобы оценить фактическое влияние фобических стимулов на обучаемого предложен метод оценки влияния фобического воздействия на человека, основанный на объективных показателях качества выполнения упражнений в виртуальной среде.

Среди тренажерных систем выделяется направление программно-аппаратных тренажеров, основанных на применении виртуальной реальности. Данная технология позволяет полностью сконцентрировать обучаемого на процессе профессиональной подготовки, исключив отвлекающие факторы, а также обеспечить максимально реалистичное взаимодействие с виртуальными объектами за счет эффекта погружения. Современные виртуальные тренажеры помимо высококачественной и детализированной визуализации обеспечивают необходимые функциональные возможности по сбору данных о процессе прохождения обучения.

Область, связанная с интеграцией оборудования для сбора данных в виртуальные комплексы, в настоящее время активно развивается, так как наряду с объективными метриками качества прохождения упражнения, большой интерес представляет физическое и психологическое состояние обучаемого. Сбор таких характеристик человека как пульс, давление, электромиография (ЭМГ), электрокардиограмма (ЭКГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и других позволяет сформировать комплексную оценку состояния, выявить неспецифичные реакции обучаемого на происходящие в виртуальной сцене события, которые могут быть не обнаружены при внешнем наблюдении или анализе качества выполнения упражнения. С другой стороны, такой комплексный анализ позволяет выявить причины низкого качества прохождения упражнений, которые могут быть вызваны скрытыми физическими или психологическими заболеваниями, которые проявляются только в стрессовых ситуациях. Таким образом, в виртуальном тренажере формируется биологическая обратная связь (БОС), позволяющая сформировать некоторую оценку или команду для тренажера по текущему состоянию человека. Наличие такой связи повышает адаптивность тренажера к физическим или психологическим особенностям обучаемого.

Для подтверждения выдвинутых гипотез в рамках данного исследования необходимо формализовать метод оценки влияния фобического воздействия на человека, который будет включать набор объективных показателей качества выполнения профессиональных задач и характеристик мозговой активности.

Для оценки степени влияния фобического воздействия на человека в условиях

виртуальной реальности, с учетом опыта предыдущих исследований [1] и существующих разработок в области интеграции БОС в тренажерные системы и комплексы, был сформулирован следующий метод.

При оценке степени воздействия источника фобии на человека нельзя полагаться на субъективные показатели, так как, спустя некоторое время после воздействия проведенный опрос респондентов может быть некорректным из-за изменения эмоционального состояния пользователя. В рамках предлагаемого метода оценки выбраны только объективные, измеряемые непосредственно во время фобического воздействия показатели.

На первом этапе реализации метода введем количественные показатели качества выполнения упражнений в виртуальном тренажере.

Точность выполнения упражнений, основанных на позиционировании объектов:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{B} \left| x_i - x_i^* \right|}{N} \cdot 100\%,$$

где B – количество размещенных объектов в рамках упражнения;

N – количество действий пользователя в рамках упражнения;

x_i – позиция некоторого виртуального объекта, выбранная пользователем;

x_i^* – требуемая позиция объекта, заданная упражнением.

Точность выполнения упражнений, основанных на скорости и точности реакции:

$$A = \frac{K}{N} \cdot 100\%,$$

где K – количество успешных и точных действий с виртуальными объектами.

Время прохождения упражнения:

$$T = T_f - T_0.$$

T_f – время окончания упражнения;

T_0 – время начала упражнения.

На основе времени и точности можно рассчитать скорость выполнения упражнения. Так как переменная N в формулах (2) и (3) определяет общее количество действий, тогда можем записать расчет скорости в общем виде следующим образом:

$$S = \frac{N}{T}.$$

Так, если в рамках данного исследования большое значение имеет биологическая обратная связь, то далее сформируем медицинские показатели пользователя. В качестве основного источника данных будем использовать электроэнцефалограмму (ЭЭГ), фиксирующую мозговую активность в процессе выполнения упражнений. Обозначим через $X = \{X_c\}$ множество каналов ЭЭГ, тогда каждый канал содержит множество значений мозговой активности: $X_c = \{x_{c,i}\}$. В итоге пусть переменная CH отражает общее количество каналов ЭЭГ.

Исходные данные ЭЭГ из-за своей большой размерности (при частоте дискретизации в 500 Гц одна минута записи содержит 30 тысяч значений по каждому каналу) достаточно трудно анализировать и сравнивать. Также это не позволяет в полной мере использовать статистические методы. Поэтому далее необходимо осуществить обработку и анализ ЭЭГ с целью получения обобщенной дополнительной информации и выявления признаков, характеризующих сигнал.

Простейший способ получить общее представление об ЭЭГ-сигнале – вычисление амплитудных характеристик [2]. В рамках данного исследования были рассчитаны следующие параметры ЭЭГ-сигнала:

Максимальная амплитуда по каждому каналу $A_c^{\max}$ и усредненная максимальная

амплитуда пользователя $A^{\max}$:

$$A_c^{\max} = \max\left(x_{c,i} \mid x_{c,i} \in X_c\right),$$

$$A^{\max} = \sum_{c=1}^{CH} \frac{A_c^{\max}}{CH}.$$

Средняя амплитуда по каждому каналу A_c^{mean} и усредненная средняя амплитуда A^{mean}:

$$A_c^{mean} = \frac{\sum\limits_{x_{c,i} \in X_c} \left(x_{c,i}\right)}{\left|X_c\right|},$$

$$A^{mean} = \sum_{c=1}^{CH} \frac{A_c^{mean}}{CH}.$$

Стандартное отклонение амплитуды по каждому каналу A_c^{std} и усредненное стандартное отклонение амплитуды A^{std}:

$$A_c^{std} = \sqrt{\frac{\sum\limits_{x_{c,i} \in X_c} \left(x_{c,i} - A_c^{mean}\right)^2}{\left|X_c\right| - 1}},$$

$$A^{std} = \sum_{c=1}^{CH} \frac{A_c^{std}}{CH}.$$

Однако необходимо понимать, что амплитудные характеристики сигнала ЭЭГ могут недостаточно корректно отражать различия между выборками как одного человека, так и всей группы из-за индивидуальных особенностей человека. Поэтому введем следующие дополнительные характеристики.

Показатель Херста – мера долговременной памяти временных рядов, означающая длительные статистические зависимости в данных, которые не являются результатом циклов. Показатель Херста оценивает степень самоподобия временного ряда на основе сравнения колебательной структуры полного ряда с самим собой, но в более мелких фрагментах, разделенных на последовательные половины. Значения показателя Херста варьируются от 0 до 1, причем более высокие значения указывают на более плавный тренд, меньшую волатильность и меньшую шероховатость [3, 4].

Расчет показателя Херста по каждому c-ому каналу H_c и усредненный показатель Херста H:

$$H_c = \frac{\log\left(R/S\right)}{\left|X_c\right|},$$

$$H = \sum_{c=1}^{CH} \frac{H_c}{CH},$$

где R/S – отношение амплитуды между самым высоким и самым низким зарегистрированным событием (R) на стандартное отклонение, найденное в серии (S).

При H_c меньше 0,5 подразумевается, что рассматриваемый ряд имеет тенденцию к стабильности и, как ожидается, продолжит устойчиво и непредсказуемо колебаться в относительно узком диапазоне значений. При H_c= 0,5 имеется статистическая неопределенность, временной ряд с колебаниями, известными как броуновское движение или случайное блуждание. При $H_c \to 1$ наблюдается максимальный порядок, при котором колебательная структура ряда очень похожа на саму себя во всех масштабах. Противоположность ему составляет хаотичное состояние, при $H_c \to 0$.

Следующей характеристикой сигнала ЭЭГ является спектральная плотность

мощности (*PSD*), которая показывает, как мощность сигнала распределяется по частотам. Согласно представленному выше анализу подходов к анализу ЭЭГ для выявления наличия фобической реакции необходимо проанализировать спектральную мощность альфа-, бета- и тета-ритмов. В соответствии с [5] у людей при переходе в состояние стресса альфа-мощность снижается, а бета-мощность увеличивается.

В рамках данного исследования используется общепринятый метод Уэлча для расчета PSD по каждому каналу PSD_c [6] и средней PSD:

$$PSD_c(h) = \frac{1}{K}\sum_{i=1}^{K} P[i],$$

$$PSD(h) = \sum_{c=1}^{CH} \frac{PSD_c}{CH},$$

где h – ритмы ЭЭГ (альфа, бета или тета);

K – номер задействованного окна при расчете *PSD*;

$P[i]$ – периодограмма, рассчитываемая на основе возведения в квадрат абсолютного значения выборок *DFT*.

Используя рассчитанные значения спектральной мощности, можно также определить степень межполушарной асимметрии (*IHA*) по формуле:

$$IHA(h) = \frac{PSD_r(h) - PSD_l(h)}{PSD_r(h) + PSD_l(h)} \cdot 100\ \%\ ,$$

где $PSD_r(h)$ – значение спектральной мощности определенной частотной составляющей ЭЭГ в правом полушарии, а $PSD_l(h)$ – в левом полушарии.

Следующий набор характеристик основан на когерентном анализе ЭЭГ для оценки подобия спектрального состава между двумя выбранными отведениями. Когерентность – это количественный показатель, отражающий взаимосвязанность электрических процессов мозга и позволяющий оценить степень синхронизации частотных составляющих ЭЭГ между различными отделами коры головного мозга [7]. Когерентность отражает степень подобия сравниваемых ЭЭГ в частотной области, дает информацию о стабильности взаимосвязи, оценивает статистическую связь между соответствующими частотными компонентами двух процессов и обладает высокой чувствительностью [8]. Преимуществом когерентного анализа ЭЭГ является его независимость от амплитуды колебания сигналов различных участков головного мозга. Количественно степень подобия спектров может быть выражена через безразмерный параметр сходства – коэффициент когерентности. Показатель когерентности вычисляется как нормированный коэффициент корреляции между спектрами в выбранных парах отведений. Параметр когерентности может меняться в диапазоне от 1,0 (полная идентичность спектров) до 0 (полное несоответствие).

Когерентность $C_{x,y}(f)$ ЭЭГ на частоте f вычисляется следующим образом [9]:

$$\left|C_{x,y}(f)\right| = \frac{\left|P_{x,y}(f)^2\right|}{P_{x,x}(f)\cdot P_{y,y}(f)},$$

где $P_{x,y}(f)$ – взаимная спектральная плотность между каналами x и y;

$P_{x,x}(f)$ – плотность автокорреляционного спектра канала x;

$P_{y,y}(f)$ – плотность автокорреляционного спектра канала y.

В рамках данного исследования строится матрица когерентности MC размером $CH \times CH$, для которой рассчитана средняя когерентность в заданном диапазоне частот для всех комбинаций каналов. На основе подхода, используемого в [10] формируется матрица верхнего треугольника с ненулевыми элементами, равными когерентности между каналами, которые являются статистически достоверными. Достоверность коэффициента когерентности между парами электродов проверяется путем проведения суррогатного

анализа данных. Таким образом, матрица когерентности MC_i для i-упражнения примет вид:

$$MC_i = \begin{pmatrix} NaN & C_{1,2}(f) & \dots & C_{1,CH-1}(f) & C_{1,CH}(f) \\ NaN & NaN & C_{2,3}(f) & C_{2,CH-1}(f) & C_{2,CH}(f) \\ NaN & NaN & NaN & C_{3,CH-1}(f) & \dots \\ NaN & NaN & NaN & NaN & C_{CH-1,CH}(f) \\ NaN & NaN & NaN & NaN & NaN \end{pmatrix},$$

где NaN – неопределенное значение.

В качестве дополнительных метрик в исследовании предлагается использование:

- усредненной матрицы когерентности по группе (среднее арифметическое всех матриц участников группы размером G):

$$\overline{MC} = \sum_{i=1}^{G} MC_i \Big/ G;$$

- отклонения матрицы когерентности от усредненной матрицы:

$$MC_i^{SD} = MC_i - \overline{MC}.$$

Представленные количественные характеристики и метрики оценки ЭЭГ-сигналов для каждого упражнения позволят осуществить объективное сравнение данных от каждого участника контрольной группы, а также выявить статистически значимые различия между выборками от каждого типа упражнения при различных воздействиях со стороны виртуальной реальности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских *VR*-тренажерных систем для опорно-двигательной реабилитации с биологической обратной связью» (*FEMU*-2024-0001).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Obukhov A.D., Krasnyanskiy M.N., Dedov D.L., Nazarova A.O. The study of virtual reality influence on the process of professional training of miners //Virtual Reality*. 2023. Т. 27. №. 2. С. 735-759.

2. *Krysko V.A., Papkova I.V., Saltykova O.A., Yakovleva T.V., Pavlov S.P., Zhigalov M.V., Krysko A.V. Visualization of amplitude-frequency characteristics of EEG of pathological and cognitive functions of the brain from a position of nonlinear dynamics // Journal of Physics*: *Conference Series*. *IOP Publishing*, 2019. Т. 1260. №. 7. С. 072010.

3. *Córdova F. On the meaning of Hurst entropy applied to EEG data series // Procedia Computer Science*. 2022. Т. 199. С. 1385-1392.

4. *Raimundo M.S., Okamoto Jr J. Application of Hurst Exponent (H) and the R/S Analysis in the Classification of FOREX Securities // International Journal of Modeling and Optimization*. 2018. Т. 8. №. 2. С. 116-124.

5. *Jokić-begić N., Begić D. Quantitative electroencephalogram (qEEG) in combat veterans with post-traumatic stress disorder (PTSD) // Nordic Journal of Psychiatry*. 2003. Т. 57. №. 5. С. 351-355.

6. *Same M.H., Gandubert G., Gleeton G., Ivanov P., Landry Jr R. Simplified welch algorithm for spectrum monitoring // Applied Sciences*. 2021. Т. 11. №. 1. С. 86.

7. *Weiss S., Rappelsberger P. Long-range EEG synchronization during word encoding correlates with successful memory performance // Cognitive Brain Research*. 2000. Т. 9. №. 3. С. 299-312.

8. *Gunduz A., Principe J.C. Correntropy as a novel measure for nonlinearity tests // Signal Processing*. 2009. Т. 89. №. 1. С. 14-23.

9. *Schroeter M.L., Bücheler M.M., Müller K., Uludağ K., Obrig H., Lohmann G., von Cramon D.Y. Towards a standard analysis for functional near-infrared imaging // NeuroImage*. 2004. Т. 21. №. 1. С. 283-290.

10. *Chernykh M., Vodianyk B., Seleznov I., Harmatiuk D., Zyma I., Popov A., Kiyono K. Detrending Moving Average, Power Spectral Density, and Coherence: Three EEG-Based Methods to Assess Emotion Irradiation during Facial Perception // Applied Sciences*. 2022. Т. 12. №. 15. С. 7849.

Поступила 28.02.2024

УДК 004.89

В.С. Круглов, А.О. Назарова, Ю.В. Никитников

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФОБИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

В статье рассматривается актуальная проблема диагностики и лечения фобических расстройств посредством инновационных методов, таких как виртуальные тренажеры с биологической обратной связью. Разработка прототипа такого тренажера открывает новые перспективы для обеспечения точного и индивидуализированного воздействия на пациентов. Статья описывает аппаратную часть тренажера, программное обеспечение и типовые упражнения для оценки влияния фобических стимулов на выполнение простых действий. В целом, система виртуальных тренажеров с биологической обратной связью представляет собой перспективный подход к диагностике и лечению фобий.

В современном мире проблемы фобий и других психологических расстройств становятся все более актуальными. Для эффективного диагноза и лечения таких состояний разрабатываются инновационные методы, в том числе использование виртуальных тренажеров (ВТ) с биологической обратной связью (БОС) [1]. Эти системы позволяют создавать контролируемые среды, имитирующие ситуации, вызывающие фобии у пациентов. Реализация прототипа ВТ с биологической обратной связью открывает новые перспективы для диагностики и лечения фобических расстройств, обеспечивая более точное и индивидуализированное воздействие на пациентов.

Аппаратная часть тренажера обеспечивает взаимодействие пациента с виртуальной средой. Это может включать в себя специальное оборудование для отображения виртуального мира (VR шлемы), контроллеры (джойстики, камеры), а также биологические датчики для отслеживания физиологических показателей пациента (ЭЭГ, ЭКГ и т. д.).

Представить программно-аппаратные компоненты ВТ можно таким образом (рис. 1):

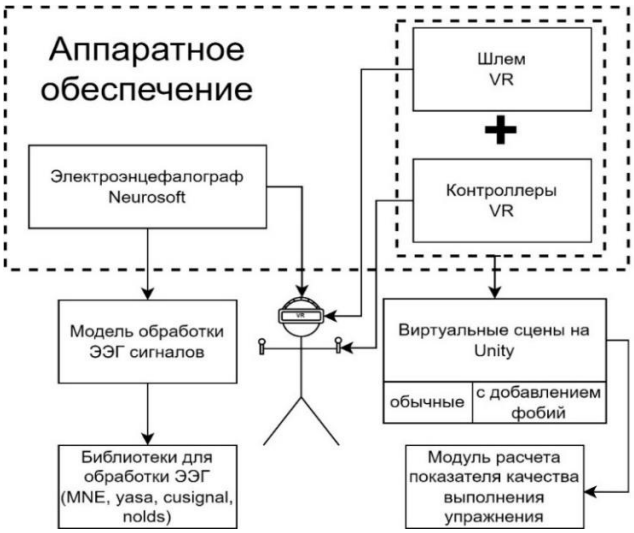


Рис. 1. Схема программного и аппаратного обеспечения для проведения исследования

В качестве аппаратной обеспечения выступает медицинское оборудования для получения ЭЭГ-данных и устройство для *VR*.

Электроэнцефалограф «НЕЙРОН-СПЕКТР-4/П» имеет следующие характеристики:

– 21 канал ЭЭГ;
– частота дискретизации данных 500 Гц;
– фильтр высоких частот = 0,5 Гц;
– фильтр низких частот = 70 Гц.

В качестве *VR*-устройства используется *Oculus Quest* 2, подключенный проводным способом к персональному компьютеру. Характеристики компьютера включают 16-ядерный процессор *AMD*, видеокарту *Nvidia RTX* 3060*Ti*, 64 Гб оперативной памяти, *SSD* накопитель.

Далее, после выбора компонентов программного обеспечения необходимо разработать соответствующее программное обеспечение. Для выполнения профессиональных задач необходимо реализовать базовую виртуальную сцену, в которой пользователи проходят упражнения, а также дополнительные сцены, в которые интегрированы фобические воздействия (рис. 2).

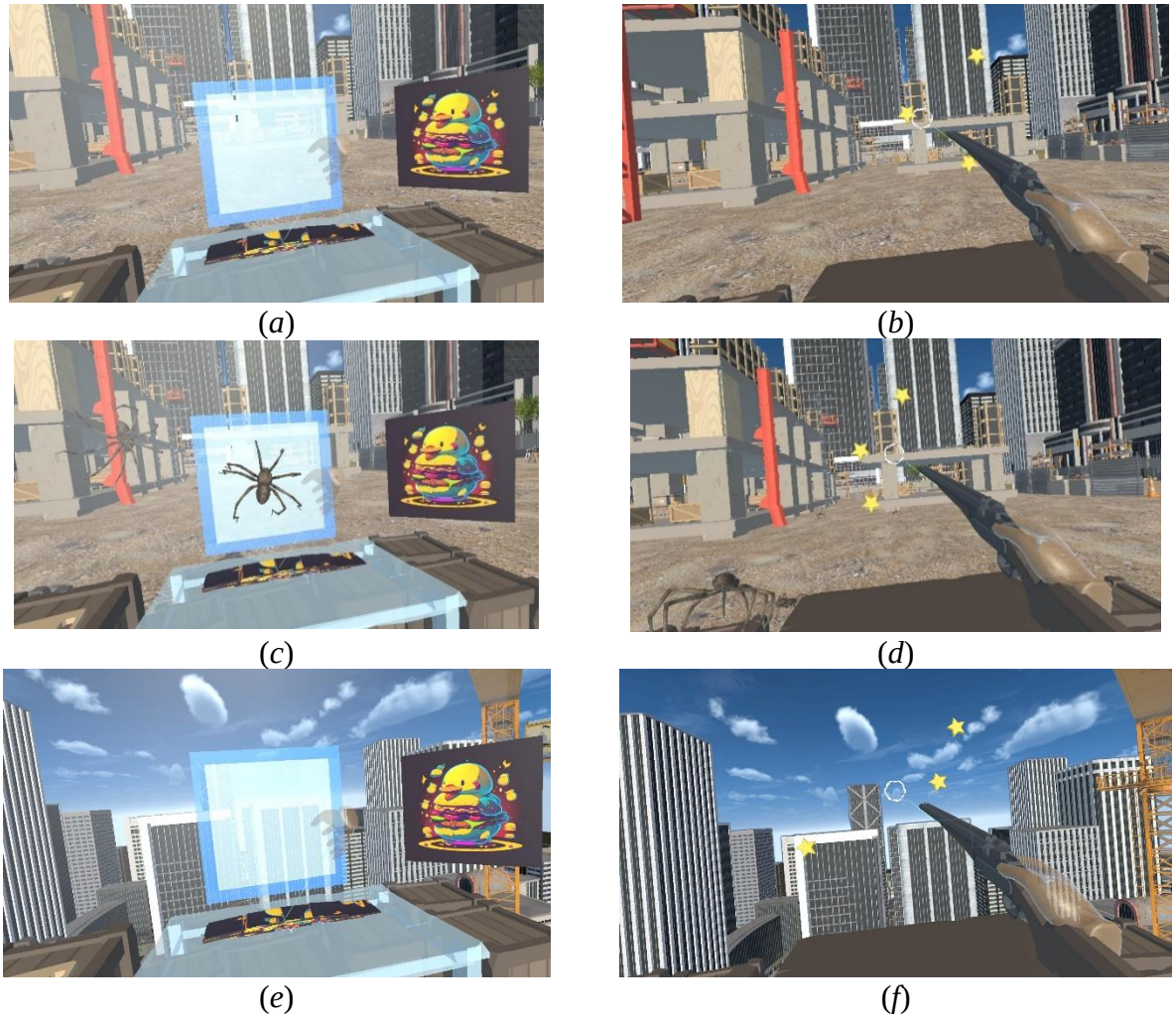


Рис. 2. Примеры виртуального окружения для шести сцен: (a) пазлы, норма; (b) стрельба, норма; (c) пазлы, арахнофобия; (d) стрельба, арахнофобия; (e) пазлы, акрофобия; (f) стрельба, акрофобия

На предварительном этапе исследований рассматривались различные варианты упражнений. В ходе анализа возможностей человека в *VR* и, учитывая возможные проблемы с адаптацией, управлением и сложностью упражнений, решено было минимизировать сложность упражнений, сосредоточившись на двух основных направлениях: упражнение на

точность и внимательность (пазлы) и упражнение на точность и скорость реакции (стрельба). Таким образом, в качестве типовых упражнений использовалось перемещение объектов (пазлов) в заданные позиции, что требует внимательности к выбору перемещаемого объекта и точки его размещения, а также стрельба по движущимся объектам для отработки скорости и точности реакции. В качестве фобий рассматриваются две наиболее распространенных: акрофобия и арахнофобия [2, 3]. Для их интеграции в виртуальную сцену внесены следующие модификации: для акрофобии рабочая зона перемещается на большую высоту над городом, чтобы создать необходимый эффект присутствия, а для арахнофобии в сцену помещается большое количество пауков, перемещающихся по поверхностям, окружающим предметам и телу пользователя. Экспериментальные исследования организованы по следующей схеме. Участники контрольной группы поочередно проходили 6 виртуальных сцен в порядке, указанном в таблице.

Таблица

Описание виртуальных сцен

Номер сцены	Тип упражнения	Тип окружения
1	1. Сбор пазлов (размещение 10 пазлов): «Пазл»	1. Норма
2		2. Арахнофобия (в окружении пауков)
3		3. Акрофобия (на высоте)
4	2. Стрельба по движущимся объектам (10 выстрелов): «Стрельба»	1. Норма
5		2. Акрофобия (на высоте)
6		3. Арахнофобия (в окружении пауков)

На голове каждого участника контрольной группы закрепляются электроды электроэнцефалографа. Поверх электродов устанавливается *VR*-шлем. Осуществляется запуск программного обеспечения для сбора данных ЭЭГ и приложения с виртуальными сценами. В течение 3-5 минут осуществляется адаптация человека к виртуальной реальности. Респондент проходит 6 сцен с небольшими перерывами между ними. Выполнение сцен фиксируется с использованием камеры для последующей верификации действий человека. Параллельно записывается трансляция виртуальной сцены, окно с текущими показаниями ЭЭГ. Эксперимент представлен на рис. 3.

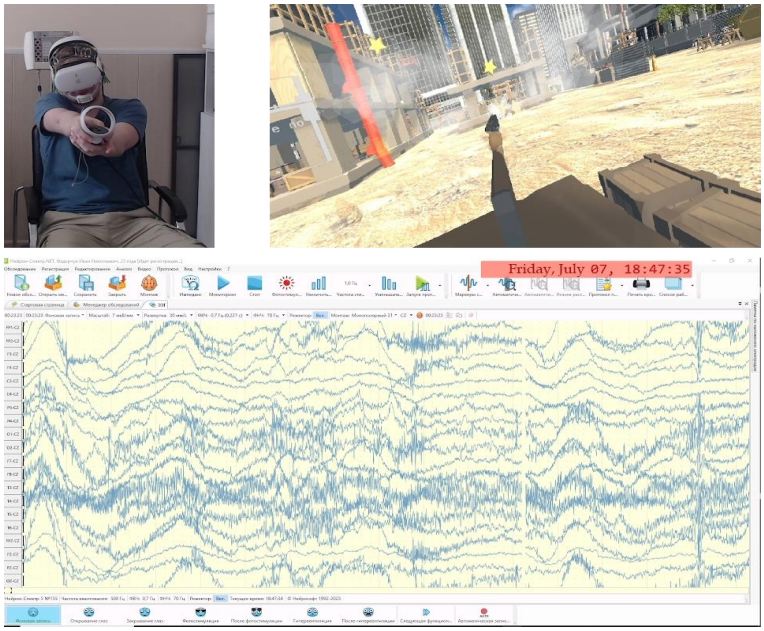


Рис. 3. Процедура сбора данных из виртуальной реальности и медицинского оборудования

Таким образом, представленная система ВТ в дальнейшем позволит оценить различия в реакциях людей между сценами на основе количественных показателей и анализа ЭЭГ сигналов с учетом статистической значимости. Используемые инструменты позволят выявить существенные отличия между сценами, оценить наличие или отсутствие влияния фобического воздействия, а также определить среди группы респондентов наиболее восприимчивую подгруппу (аномальную).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских *VR*-тренажерных систем для опорно-двигательной реабилитации с биологической обратной связью» (*FEMU*-2024-0001).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Saha S., Dey D., Bhattacharyya I.M., Das A. An investigation on biofeedback analysis and psychosomatic applications* // 2015 *International Conference on Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering* (*RDCAPE*). *IEEE*, 2015. С. 38-43.
2. *Polák J., Rádlová S., Janovcová M., Flegr J., Landová E., Frynta D. Scary and nasty beasts: Self-reported fear and disgust of common phobic animals* // *British Journal of Psychology*. 2020. Т. 111. №. 2. С. 297-321.
3. *Eaton W.W., Bienvenu O.J., Miloyan B. Specific phobias* // *The Lancet Psychiatry*. 2018. Т. 5. №. 8. С. 678-686.

Поступила 28.02.2024

УДК 004.4

А.М. Илларионов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АГРЕГАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

В данной статье рассматривается один из возможных вариантов проектирования системы агрегации больших данных. Определены основные проблемы, встречающиеся в подобных системах, сформулированы типовые функциональные и нефункциональные требования. Выбраны и обоснованы технологии, используемые для проектирования подобных систем.

В настоящее время информация и данные приобретают все большее и большее значение, а их количество продолжает расти с каждым годом [1]. Анализ больших данных помогает людям и организациям находить новые возможности, подходы, пути оптимизации, корреляции и закономерности, создавать новые бизнес-модели. Все это приводит к большой ценности программно-информационных систем, позволяющих использовать те или иные технологические методы решения поставленных задач. Однако, чтобы начать проводить любые операции над данными – необходимо сначала эти данные собрать. Эту задачу решают системы сбора и агрегации данных. В этой статье будет представлен и рассмотрен вариант проектирования и реализации подобной системы.

Решение о создании собственного программного комплекса агрегации данных может быть мотивировано конфиденциальностью, заключением конкретных коммерческих договоров с конкретными поставщиками данных, а также спецификой используемых протоколов обмена информацией и структурой импортируемых моделей.

Система агрегации данных решает проблемы первичной обработки данных, которая включает в себя:

- прием данных с разных источников;
- приведение данных в единую унифицированную структуру;

- персистентность полученных данных;
- сопоставление данных, полученных из разных источников;
- отправку обработанных данных, а также связей между ними, если они были или могут быть сопоставлены.

При том такая система должна удовлетворять следующим требованиям:

- работа и сбор данных в режиме реального времени;
- масштабируемость;
- реплицируемость данных.

Таким образом, создаваемая архитектура должна иметь большую пропускную способность и в то же время быть гибкой, податливой на изменения и хорошо поддерживаемой, так как в общем случае предполагается рост источников исходных данных, которые будут агрегированы, а также возможны изменения бизнес-логики предобработки, заключающейся, например, в сопоставлении данных из разных источников.

Особенностью реализации в подобной системе является понятие «события», по сути, им может выступать любая абстрактная единица, несущая информацию в определенный промежуток времени, имеющая разные описательные характеристики, которые, собственно, и могут предоставлять те или иные внешние источники данных. Примером таких событий может выступать, например, информация о конкретных торгах на бирже, информация о проведении определенного аукциона, информация о проведении спортивных или любых других мероприятиях. В структуре события присутствуют как общие постоянные сущности, например названия организаций, юридических лиц или названия спортивных команд, так и специфические сущности, содержащие данные, относящиеся к конкретному событию, принадлежащие только ему и не имеющие смысла в отрыве от контекста.

Принимая во внимание вышесказанное, при проектировании программной системы была выбрана микросервисная архитектура, в которой можно выделить три ответственности и выделить их по своим сервисам: импорт данных (сервис на каждый внешний источник импорта данных), сопоставление и хранение данных (сервис, отвечающий за хранение постоянных сущностей и сопоставляющий события из разных источников), экспорт данных (сервис, который будет отправлять снимки данных конечному потребителю). Организуя взаимодействие между сервисами, нужно уделить внимание тому, что система должна работать асинхронно по нижеописанным причинам. Во-первых, обработка уже полученных и сохраненных данных или отправка собранных данных не должна зависеть от приема новых данных. Во-вторых, поскольку система имеет интеграции с внешними источниками, которые не зависят от нее самой – она должна быть отказоустойчивой, чтобы сбои на стороне внешних поставщиков не приводили к отказу системы агрегации. В-третьих, невозможно детерминировать время поступления информации о том или ином событии, хотя бы в виду сетевых задержек. Таким образом для межсервисного взаимодействия был выбран брокер сообщений *Kafka*, а проблема хранения постоянных данных делегирована реляционной СУБД *PostgreSQL*. Реляционная СУБД, несмотря на «слабые» связи данных в асинхронной распределенной среде, позволяет обеспечивать *ACID*-транзакции не только во время сохранения данных, но и во время внутренних операций сопоставления данных. Абстрактная архитектура подобной системы представлена на рис. 1.

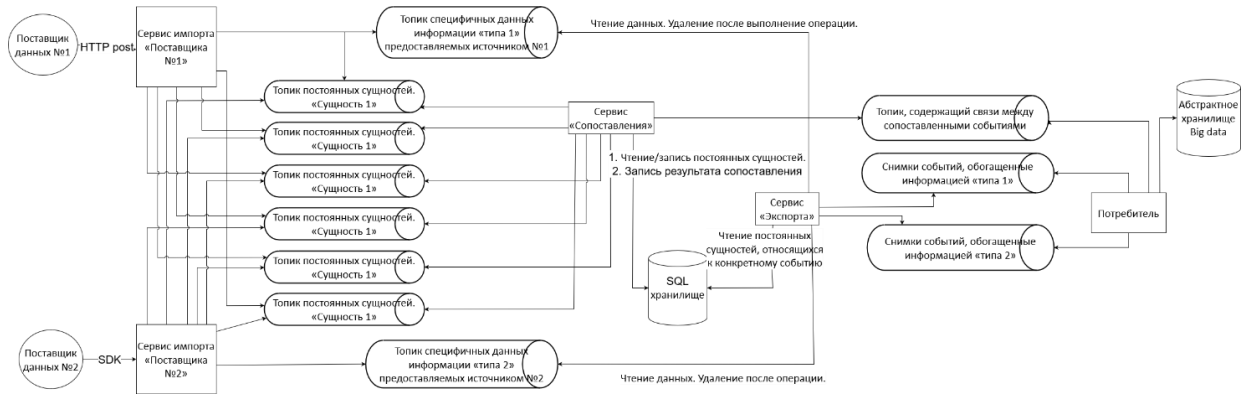


Рис. 1. Архитектура ПИС агрегации больших данных

Kafka позволяет не только производить и потреблять сообщения асинхронно, но также реплицировать данные [2]. Масштабируемости можно добиться путем скалирования сервисов, созданием *consumer-group*, которые будут потреблять топики *Kafka*. Впрочем, отчасти *Kafka* может выступать и как небольшое постоянное хранилище, так, например, импорты не только пишут информацию о полученных постоянных сущностях, но и вычитывают этот топик для того, чтобы наполнить *in-memory* кэш. Подобная архитектура позволяет добиться отказоустойчивости, при потере одного или всех импортов – операции сопоставления в одноименном сервисе не прервутся, а отправка данных также сможет функционировать в штатном режиме. Это работает и в обратном порядке. И даже, если что-то случится с сервисом сопоставления – компонент экспорта сможет отправить ранее собранные данные.

Сервисы импорта в данной системе не только принимают данные из внешних источников, но также отвечают за унификацию структуры – они будут отбрасывать ненужные или не интересующие данные, приводить их к единой структуре и отправлять дальше по системе.

Сервис сопоставления читает топики постоянных сущностей и отвечает за их персистентность, помещая в реляционное хранилище и создавая общий домен, выстраивает отношения между этими данными, объединяя их в одно понятие «события». Также этот компонент ответственен за автоматическое сопоставление событий – информацию о созданных данных он посылает потребителю, притом гарантируется, что информация о связи между событиями будет отправлена потребителю точно после самих снимков событий. Это достигается благодаря конфигурационной задержке анализа схожести событий. Добиться большей управляемости над процессом сопоставления данных на будущее также не сложно. Можно создать специальный топик команд для сервиса «сопоставления», который будет читать его с сохранением смещения – так, например, впоследствии можно сделать механизм, позволяющий пользователю системы разорвать автоматически созданную связь, если он посчитает ее ошибочной.

Также стоит отметить, что в отличие от постоянных сущностей, которые будут сохранены в базе данных, временные существуют только как сообщения топика *Kafka*. Так, работа сервиса экспорта заключается в том, чтобы собирать снимки прошедших событий, состоящих из описания самого события, составленного из постоянных сущностей, а также характеристиками конкретного события – временными данными, которые будут извлечены из соответствующих топиков. Для удобства временные характеристики разделены на типы, категории информации – каждому типу будет соответствовать свой топик *Kafka*. Стоит понимать, что тип информации не соотносится к поставщику как один-к-одному, а как один-ко-многим, т.е. в системе может быть множество поставщиков, которые поставляют именно этот тип информации. При сборе снимков, отправка происходит с некоторой временной задержкой, необходимой для того, чтобы убедиться, что данные по тому или иному событию уже точно должны были поступить в систему. Алгоритм работы сервиса экспорта

представлен на рис. 2.

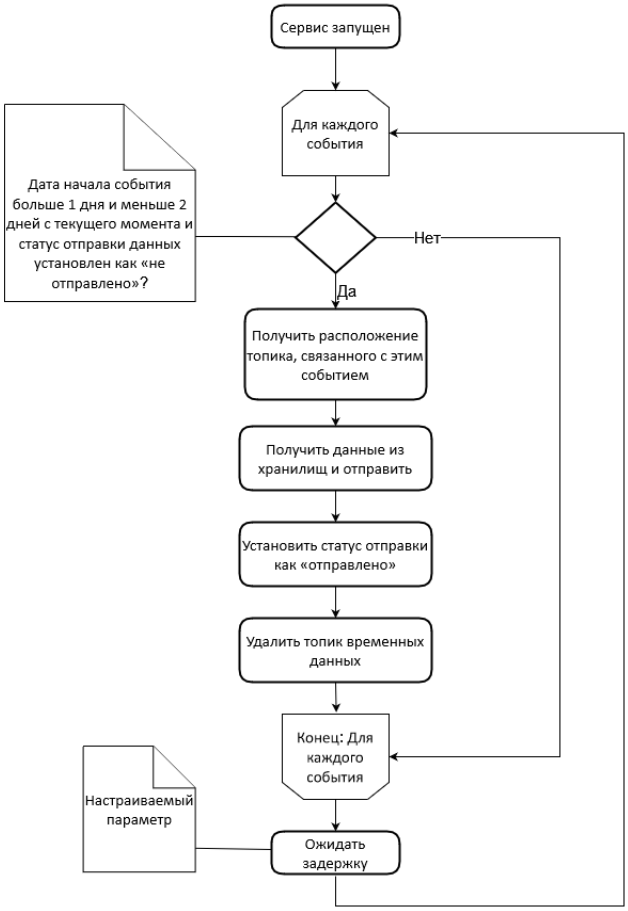


Рис. 2. Блок-схема работы сервиса «Экспорт»

Развертывание подобной микросервисной архитектуры можно сделать с использованием *docker*-контейнеров и оркестратора, а, настроив *CI/CD*, – установить процесс эксплуатации компонентов, их поддержки и обновления.

Таким образом может выглядеть спроектированная архитектура системы агрегации больших данных, удовлетворяющая не только функциональным, но и нефункциональным требованиям, рассмотрены и предложены подходы и технологии для реализации. Подобная информационная система была спроектирована и реализована для компании ООО «АИСТСОФТ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитика *Big Data* – реалии и перспективы в России и мире [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/vk/articles/449370/ (дата обращения: 23.02.2024)

2. Шапира Гвен, Палино Тодд, *Apache Kafka*. Потоковая обработка и анализ данных, 2-е издание // ISBN 978-5-4461-0575-5 Издательство «Питер».

Поступила 05.03.2024

УДК 004.4

Г.С. Румянцев

ТРАНСФОРМАЦИЯ ДАННЫХ В ETL-СИСТЕМАХ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОДАЖ ТОРГОВОЙ СЕТИ

В статье проведен обзор механизмов работы ETL-систем и практики применения для бизнеса. Также рассмотрены архитектура разработанной ETL-системы и процесс трансформации потока статистических данных о продажах торговой сети.

Перед погружением в практическое применение *ETL*-систем стоит разобраться, что из себя представляют данные системы. Сегодня организации по всему миру генерируют и хранят огромное количество данных от различных источников. Применительно к сфере продаж, такими источниками могут выступать поставки продукции, системы складского учета, реализация товаров, системы учета и прогнозирования доходов. Однако поступающая и хранимая информация зачастую неупорядоченная, неполная и иногда ошибочна. Но все эти данные могут быть переведены в требуемый, удобный формат для последующего анализа бизнеса. Здесь как раз и раскрывается вся польза и практическое применение ETL-систем. Понятие *ETL* расшифровывается как *E – Extract* (доставать, получать), *T – Transform* (трансформировать, обрабатывать), *L – Load* (загружать).

Основной принцип работы таких систем заключается в получении от пользователя «сырых», необработанных данных, трансформация их относительно заданных правил и предоставление отформатированной информации обратно пользователю. На практике данный механизм может быть представлен следующим образом: система работает с пользовательской базой данных, которая наполняется напрямую пользователем, или через *CRM*-систему (система для управления взаимоотношениями бизнеса с клиентами). Происходит загрузка в систему пользовательских данных. Следующим шагом идет обработка полученной информации. Данный шаг будет подробнее рассмотрен позже. Финальным шагом будет загрузка очищенных и структурированных данных в хранилище данных. Хранилище данных может располагаться как в самой *ETL*-системе, так и на стороне клиента.

Используя *ETL* (или *ELT*) для централизации данных из различных источников, розничный магазин из приведенного выше примера может создать единый источник достоверных данных о своих продажах, складах и клиентах. Эти данные могут быть использованы для анализа тенденций и закономерностей в различных магазинах и регионах, выявления возможностей для роста и оптимизации, а также принятия решений, основанных на данных, для повышения эффективности бизнеса.

Перейдем к более подробному рассмотрению процесса обработки данных в *ETL*-системе. Системы такого типа специализируются на решении определенного набора классических задач:

1) удаление дублирующихся записей;
2) вычисление новых данных;
3) объединение или разделение;
4) удаление невалидной информации;
5) сортировка и упорядочивание;
6) фильтрация;
7) форматирование.

Детально – о каждом выполняемом действии:

1. Удаление дублирующихся записей – подразумевает распознавание и удаление дублирующейся информации в исходных данных. Алгоритм распознавания может основываться на сравнении контрольных сумм, хэшей или на алгоритме непосредственного

сравнения самих данных.

2. Вычисление новых данных – заключается в вычислении новых данных на основе исходных. Для этого может использоваться запрограммированная логика либо математические формулы. Для примера, на основе статистики ежедневной выручки мы можем рассчитать месячный доход.

3. Объединение или разделение записей – требуется для работы с разрозненными данными либо, наоборот, с большим объемом информации. Объединение основывается на поиске записей с одинаковыми базовыми полями. В их лице могут выступать названия или категории товаров. Остальные поля записи зачастую суммируются, но могут подвергаться другим математическим операциям или программной обработке. Разделение, в свою очередь, требуется для более быстрой обработки больших объемов данных. В основном используются случайные алгоритмы разделения данных на два и более подмножества, каждое из которых содержит часть исходных данных.

4. Удаление невалидной информации – очистка поступающих данных от некорректных записей. Под некорректной записью может подразумеваться информация с нераспознанным базовым полем. На практике это может быть ФИО пользователя, не соответствующее правилам валидации, например, случайный набор символов, без единого пробела.

5. Сортировка и упорядочивание – в основном выполняется в конце всего процесса обработки. Используется для предоставления информации клиенту в упорядоченном виде.

6. Фильтрация – требуется для получения из общего набора данных записей, соответствующих определенным правилам. В роли правила могут выступать, например, различные даты. Ярким примером является получений записей за последний месяц.

7. Форматирование – подразумевает распознавание исходных данных приведение их к определенному формату. Применимо к полям с датами, ФИО, названиями населенных пунктов, улиц и т.п. Также форматирование используется для избавления от неиспользуемых полей в исходных данных, для того чтобы в итоговом наборе данных оказалась только необходимая информация.

После подробного рассмотрения стандартного механизма трансформации данных в *ETL*-системе, перейдем непосредственно к разрабатываемой системе и рассмотрим, как применительно к ней, используются ранее упомянутые действия по трансформации данных.

Работа будет проводиться в «Информационно-аналитической системе по продажам в торговой сети». Основная специализация: автоматизация процессов отслеживания продаж, управления персоналом на местах и мониторинг реализуемой продукции. Конвейер данных используется для формирования отчетности о продажах в различных филиалах торговой сети. Итоговый отчет предоставляется руководителю организации.

Прежде чем переходить к непосредственному описанию механизма работы конвейера данных в разрабатываемой системе требуется обозначить, с какими данными мы работаем, из каких источников они поступают и что в результате обработки нам требуется. Ниже, на рис. 1, представлена концептуальная диаграмма классов, на который отображены объекты системы, с которыми ведется работа.

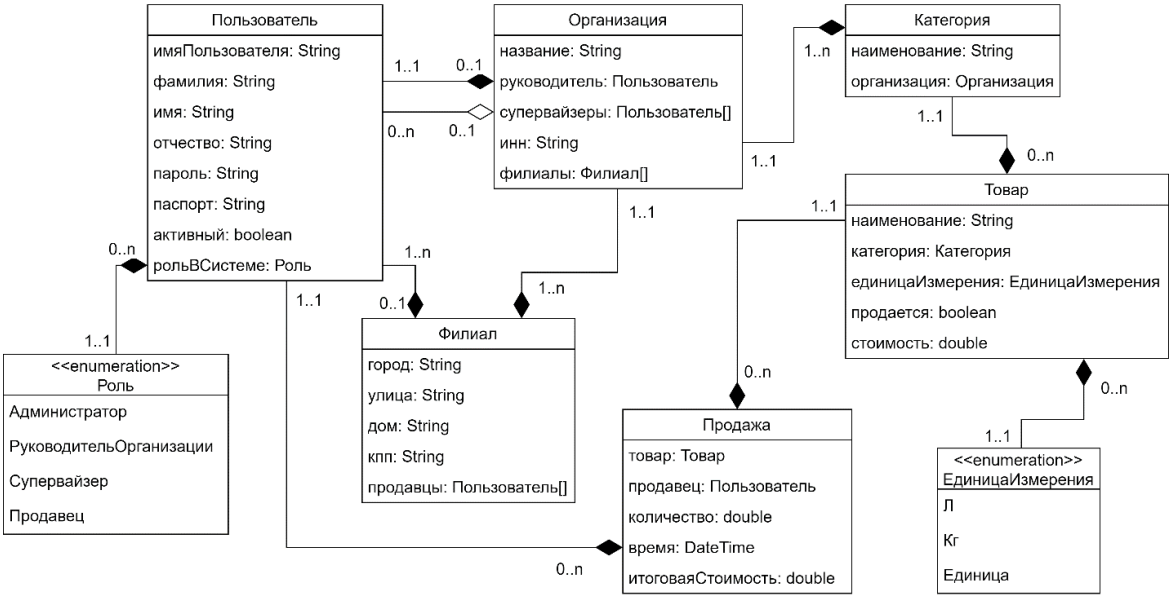


Рис. 1. Концептуальная диаграмма классов

Центральным объектом является организация с филиалами, в которой работают следующие лица:

– руководитель, для которого в будущем и будет формироваться статистика продаж;

– супервайзеры, которые наполняют базу категориями товаров и самими реализуемыми товарами;

– продавцы, которые работают в филиалах и реализуют поставляемую продукцию.

В качестве статистических данных выступают продажи. Основной целью разрабатываемой системы будет сбор информации о продажах по всем филиалам организации, ее объединение, трансформация и предоставление итоговой статистики руководителю организации.

Для получения статистики на местах используются специальные «адаптеры», подключаемые к клиентским базам данных. Их задача заключается в выгрузке данных из базы данных и дальнейшей их передаче в центральную шину. Запрос шиной данных из адаптеров производится с определенной периодичностью. После сбора данных производится их обработка.

В клиентских базах данных может храниться различная информация. Задача адаптеров заключается в вычленении интересующей нас информации из общей массы. В качестве интересующей информации выступают поля объекта «Продажа» (см. рис.1). Для этого перед подключением адаптера производится настройка конфигурации – требуется сопоставить клиентские таблицы и их поля из базы данных с набором полей объекта «Продажа» - [«товар (требуется наименование)», «продавец (требуется ФИО пользователя)», «количество», «время», «стоимость»]. Данные в адаптер загружаются в виде строки, чтобы исключить ситуации неверного распознавания полей. В таком же формате они передаются в дальнейшем в шину. Далее перед шиной встает задача распознать полученную информацию и трансформировать ее в соответствие установленным форматам и процессу обработки данных в схожих *ETL*-системах, описанному ранее. На рис. 2 наглядно представлен механизм взаимодействия между модулями системы. При разработке архитектуры в качестве примера использовалась действующая архитектура конвейера аналитической платформы компании «Ашан» [4].

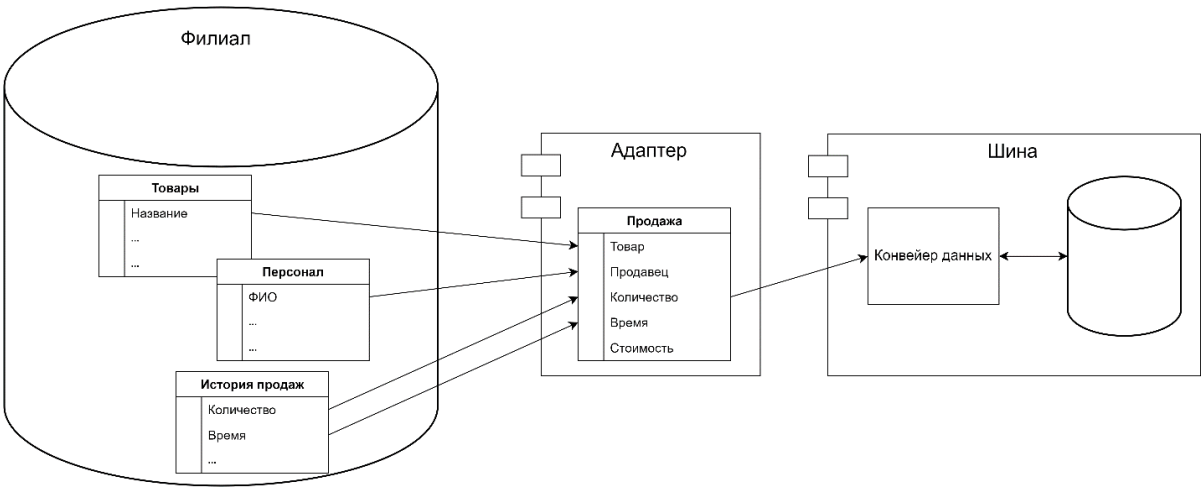


Рис. 2. Механизм взаимодействия модулей

Рассмотрим подробнее, какие операции трансформации производятся для каждого из полей.

- Товар:
  1. Был ли передан.
  2. Продается ли товар с данным названием в текущей организации.
- Продавец:
  1. Было ли передано ФИО.
  2. Содержится ли в строке ФИО фамилия и имя.
  3. Найден ли пользователь в системе с таким ФИО.
  4. Является ли найденный пользователь действующим продавцом в текущей организации.
- Количество:
  1. Если не передано, в качестве количества проданного товара устанавливается значение 1.
  2. Иначе проверяем, является ли переданное значение числом.
  3. Соответствует ли переданное значение рамкам [0; 1.000.000.000].
- Время:
  1. Было ли передано.
  2. Пробуем распознать строку согласно шаблону «uuuu-MM-ddTHH:mm:ss».
  3. Удостоверяемся, что переданное значение из прошлого.
- Стоимость:
  1. Если не передано, в качестве значения пробуем рассчитать стоимость товара на основе имеющихся значений. Если они отсутствуют – ошибка.
  2. Иначе проверяем, является ли переданное значение числом.
  3. Проверяем, переданное значение больше ли нуля.

Ниже, в качестве примера, приведена часть реализации механизма обработки поля «Стоимость» для сущности Продажи:

```
public ProcessingResult processSalePrice(ClientSale sale, Organization organization) {
  String cost = sale.getCost();
  if (cost == null || cost.isEmpty()) {
    ClientSale saleWithCorrectProduct = processSaleProduct(sale, organization).getSavedSale();
    ClientSale saleWithCorrectAmount = processSaleAmount(sale).getSavedSale();
    if (saleWithCorrectProduct == null || saleWithCorrectAmount == null) {
      return new ProcessingResult(new ErrorSale(sale, "Cost, product and amount is undefined"));
    }
```

```
    Product foundedProduct = productService.findByOrganizationAndName(organization,
sale.getProductName()).orElseGet(Product::new);
    int amount = Integer.parseInt(sale.getAmount());
    sale.setCost(String.valueOf(foundedProduct.getPrice() * amount));
    return new ProcessingResult(sale);
  }
  try {
    int parsedCost = Integer.parseInt(cost);
    if (parsedCost == 0) {
      return new ProcessingResult(new ErrorSale(sale, "Cost is 0"));
    } else if (parsedCost < 0) {
      return new ProcessingResult(new ErrorSale(sale, "Cost is negative"));
    } else {
      return new ProcessingResult(sale);
    }
  } catch (NumberFormatException e) {
    return new ProcessingResult(new ErrorSale(sale, "Cost is not recognized"));
  }
}
```

На вход получаем *ClientSale* – объект, полученный от адаптеров со строковыми полями, и Organization – организацию, с которой ведется работа. Результат трансформации сохраняется в объекте *ProcessingResult*. Данный объект в себе может содержать либо ошибку обработки, либо успешно обработанную продажу. Далее, на уровне бизнес-логики, собираются все *ProcessingResult*, и для результатов, не содержащих ошибок, идет трансформация *ClientSale* со строковыми полями в системный объект *Sale* с типизированными полями и дальнейшее его сохранение в базе данных. Результаты обработки с ошибками сохраняются отдельно для возможности отслеживания типичных ошибок и отправки филиалам распоряжений с требованием отслеживания загружаемых данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое *ETL*? [Электронный ресурс] // *ibm*: сайт. *URL*: https://www.ibm.com/topics/etl (дата обращения: 24.02.2024)
2. Трансформация данных для бизнеса [Электронный ресурс] // *whatagraph*: сайт. *URL*: https://whatagraph.com/blog/articles/data-transformation (дата обращения: 24.02.2024)
3. Трансформация данных в ETL [Электронный ресурс] // *rudderstack*: сайт. *URL*: https://www.rudderstack.com/learn/data-transformation/data-transformation-in-etl/ (дата обращения: 24.02.2024)
4. Решения для хранения и обработки больших данных в облаке на базе *Hadoop*, *Spark*, *Kafka*, *ClickHouse*; облачные сервисы для *Big Data* | *VK Cloud* [Электронный ресурс] // *cloud.vk*: сайт. *URL*: https://cloud.vk.com/bigdata/ (дата обращения: 23.02.2024)

Поступила 07.03.2024

УДК 004.89

Д.П. Бороздин

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматриваются инновационные системы, оптимизирующие технологические процессы. Рассмотрим проблему искусственного интеллекта в автоматизации технологических процессов, определим объект и предмет исследования, достигнутый уровень исследования, новизну результатов и область их применения. В данной статье инновационные системы, оптимизирующие технологические процессы, позволяют достичь высокой степени гибкости и адаптивности систем, улучшить производительность и качество продукции, а также снизить затраты на производство.

Автоматизация технологических процессов является основным трендом в современной индустрии. Она позволяет существенно повысить эффективность и надежность производственных процессов, улучшить качество выпускаемой продукции и сократить затраты на человеческий труд.

Проблема автоматизации технологических процессов заключается в необходимости замены ручного труда человека на работу автоматического оборудования и управляющих систем. Технологические процессы требуют высокой точности и скорости выполнения операций, а также постоянного контроля соблюдения требований и норм. Однако ручной труд ограничен физическими и интеллектуальными возможностями человека, что снижает производительность и качество процесса.

Объектом исследования являются технологические процессы в различных отраслях промышленности, таких как машиностроение, авиация, металлургия, химия, пищевая и многие другие. Предметом исследования являются методы и инструменты автоматизации технологических процессов, такие как промышленные роботы, автоматические системы управления, программное обеспечение и т.п.

Достигнутый уровень исследования в области автоматизации технологических процессов достаточно высок. Благодаря активному развитию технологий и применению новых научных подходов удалось создать множество инновационных систем, способных автоматизировать и оптимизировать производственные процессы. Примерами таких систем являются:

1. Роботизация производственных процессов: автоматизация путем замены ручного труда на роботов, которые могут выполнять повторяющиеся операции более точно, быстро и без ошибок.
2. Системы автоматического управления процессами: использование компьютерных систем для контроля и регулирования различных параметров технологических процессов, таких как температура, давление, скорость и др.
3. Программное управление производственными линиями: разработка программного обеспечения, которое позволяет автоматически управлять работой производственных линий, контролировать процессы, оптимизировать производительность и сократить затраты.
4. Использование *IoT*-технологий: создание сетей из взаимосвязанных устройств и сенсоров, которые собирают и обмениваются данными о технологических процессах. Это позволяет операторам системы быстро получать информацию о состоянии процессов и принимать необходимые меры.
5. Применение искусственного интеллекта: разработка алгоритмов и моделей машинного обучения для оптимизации и прогнозирования технологических процессов. Автоматизированные системы могут анализировать большие объемы данных, выявлять тенденции и прогнозировать возможные риски или улучшения.

Автоматизация технологических процессов играет решающую роль в повышении эффективности, производительности и безопасности в различных отраслях

промышленности. Искусственный интеллект (далее – ИИ) становится мощным инструментом, позволяющим вывести автоматизацию на новый уровень.

ИИ предоставляет множество возможностей для автоматизации технологических процессов, в том числе:

– мониторинг и диагностика: ИИ-алгоритмы могут непрерывно отслеживать данные технологического процесса и выявлять отклонения, потенциальные проблемы и возможности оптимизации;

– управление процессами: ИИ может принимать решения в режиме реального времени, регулируя параметры процесса, чтобы поддерживать оптимальную производительность и качество;

– прогнозное обслуживание: ИИ-модели могут анализировать исторические данные и предсказывать будущие отказы или проблемы, позволяя проводить профилактическое обслуживание и предотвращать простои;

– оптимизация процессов: ИИ-алгоритмы могут оптимизировать параметры процесса, такие как скорость, температура и состав, для повышения эффективности и сокращения отходов;

– автоматизированное управление: ИИ может автоматизировать сложные задачи, такие как планирование производства, управление запасами и логистика, освобождая человеческие ресурсы для более важных задач.

Использование ИИ в автоматизации технологических процессов предлагает ряд преимуществ:

– повышенная эффективность: оптимизация процессов и сокращение простоев приводят к увеличению производительности и снижению затрат;

– улучшенное качество: ИИ-алгоритмы могут обеспечить постоянный мониторинг и контроль, что приводит к улучшению качества продукции и сокращению брака;

– повышенная безопасность: автоматизированные системы могут снизить риски, связанные с человеческим фактором, и обеспечить безопасную рабочую среду;

– снижение затрат: автоматизация устраняет необходимость в ручных операциях и снижает потребность в рабочей силе, что приводит к сокращению затрат на рабочую силу;

– улучшенное принятие решений: ИИ-модели предоставляют ценные данные и рекомендации, помогая операторам принимать обоснованные решения и оптимизировать процессы.

Реализация ИИ-автоматизации в технологических процессах требует тщательного планирования и выполнения. Ключевые шаги включают: Определение целей; сбор данных; разработка моделей для выполнения конкретных задач автоматизации; развертывание ИИ-модели в технологический процесс и интеграция их с существующими системами управления; регулярное отслеживание и оценка эффективности ИИ-автоматизации и внесение коррективов по мере необходимости.

ИИ-автоматизация успешно применяется в различных отраслях промышленности, в том числе:

– производство: оптимизация производственных процессов, прогнозное обслуживание и автоматизированное управление цепочками поставок;

– нефтегазовая промышленность: мониторинг и диагностика оборудования, оптимизация добычи и транспортировки;

– здравоохранение: диагностика заболеваний, персонализированное лечение и автоматизированное управление медицинскими записями;

– финансы: автоматизированная обработка транзакций, обнаружение мошенничества и управление рисками;

– транспорт: оптимизация маршрутов, автоматизированное управление флотом и прогнозное обслуживание транспортных средств.

В конечном итоге можно сказать, что искусственный интеллект становится мощным

инструментом для автоматизации технологических процессов. Он позволяет предприятиям повысить эффективность, улучшить качество, повысить безопасность, снизить затраты и принимать более обоснованные решения. Реализуя ИИ-автоматизацию, предприятия могут получить значительные преимущества и добиться конкурентного преимущества в своих отраслях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.П. Автоматизация технологических процессов в машиностроении / В.П. Попов, А.И. Веселов. Москва: Издательство ЛКИ, 2020. 367 с.
2. Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 312 с.
3. Гусев В.Н. Автоматизация технологических процессов в промышленности: учеб. пособие для вузов / В.Н. Гусев, В.А. Фролов, В.Ф. Самойленко. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 320 с.
4. Клепиков В.В., Султан-заде Н.М., Схиртладзе А.Г. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие. Москва: ИНФРА-М, 2022. 208 с.
5. Голубицкая А.А. Технологическая автоматизация в промышленности. Москва: Издательство ФОРУМ, 2019. 176 с.

Поступила 11.03.2024

УДК 65.011

М.Ю. Белова, С.А. Назаревич

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ПАТЕНТНОГО ЛАНДШАФТА ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Данная статья нацелена на определение перспектив применения цифровых двойников в образовательной деятельности. Цифровая трансформация, которая рассматривается в разных средах и платформах, здесь представлена как часть влияющего спектра на высшее, среднее и общее образование.

Среди более распространенных модификаций в образовательном процессе последнего десятилетия становится внедрение и переход на сетевое образование [1]. Оно подразумевает собой внедрение цифровизации, сетевизации и взаимосвязь людей, их отношений с виртуально-цифровыми данными.

Повесткой в образовательных учреждениях становится цифровизация, не только как перевод в цифровую форму всех отчетных материалов и документов, но и создание среды, включающей средства поддержки образовательного процесса и автоматизации всех средств проверки знаний обучающихся [2]. В результате всех взаимодействий приходит тенденция внедрения цифрового двойника в образование, который сможет совершить интеграцию новых технологий в образовательную среду и обеспечить повышение качества образования.

Парадигмой данного решения является отсутствие альтернатив создания цифрового двойника в глобальной системе образования, так как существует единое понимание данного инструмента как «набор математических формул, описывающих сам объект и протекающие в нем процессы» [3], и отсутствуют возможности и способы его внедрения в деятельность образования, которая бы не противоречила предназначению цифровых двойников. Инструмент уже давно интегрирован в инженерное управление в качестве виртуальной иммитационной модели физических объектов, которая помогает управлять процессом,

внедрять инновации, рассчитывать риски и их методы решения (рис. 1). Таким образом, **цель работы**: определить актуальность и необходимость внедрения цифровых двойников с помощью проведения патентного поиска и составления патентного ландшафта.

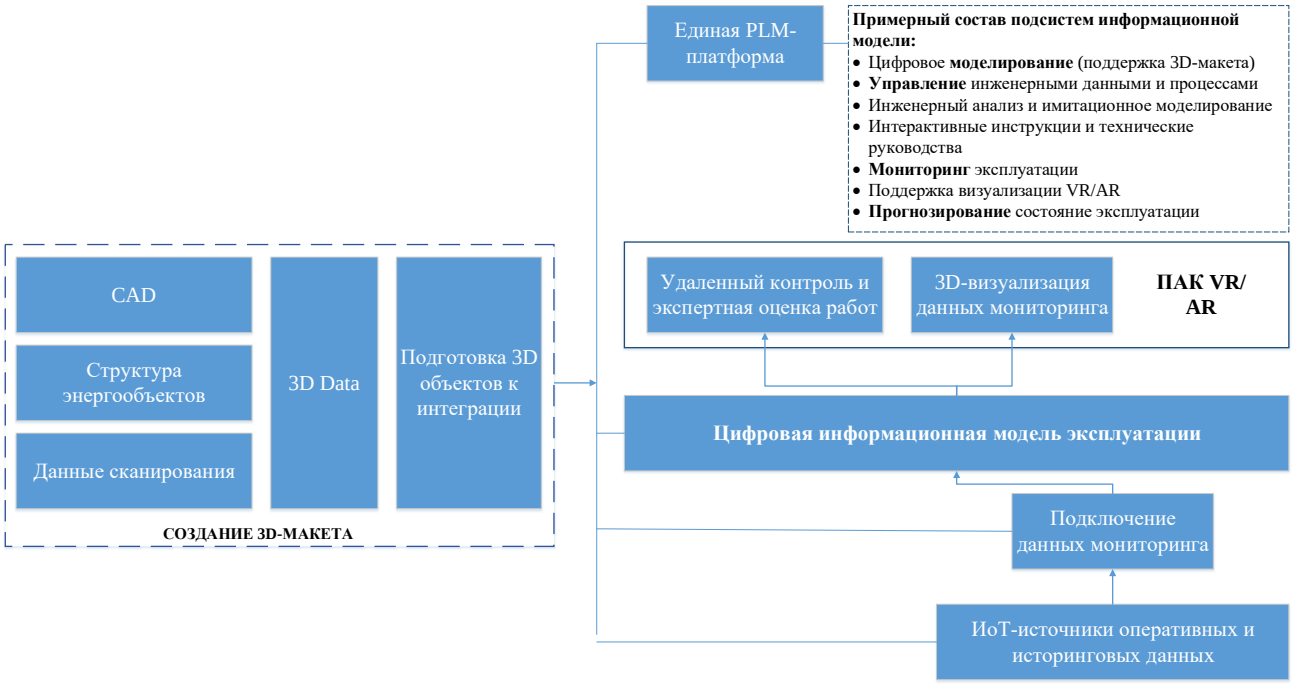


Рис. 1. Принцип работы цифровых двойников в инженерном управлении

Проблему исследования можно представить следующим образом: существующие методы и подходы к образовательной деятельности ограничиваются традиционными методами обучения и использованием стандартных учебных материалов. В то время как цифровые технологии, такие как цифровые двойники, предлагают новые возможности для улучшения образовательного процесса, существует необходимость в определении перспективности их применения в контексте образования.

Объект исследования: цифровые двойники.

Предмет исследования: возможность применения цифровых двойников в образовательной деятельности.

Количество упоминаний о внедрении цифровых двойников в образование в российских и зарубежных источниках совсем невелико (табл. 1). Все приведенные и найденные публикации датируются не ранее 2018 года. Малоизвестность применения данных технологий в образовании может быть связана с неочевидностью возможности внедрения цифровых двойников в образовательную среду и, как следствие, наличие малого количества публикаций.

Таблица 1

Внедрение цифровых двойников в образование

Автор	Идея	Функция цифрового двойника
С. Сепасгозар [4]	Цифровой двойник как часть онлайн-обучения в архитектуре	Виртуальная технология физического объекта для обучения

Окончание табл. 1

Автор	Идея	Функция цифрового двойника
А. Лиляниеми и Х. Паавилайнен [5]	«Внедряя новые цифровые технологии, такие как цифровые двойники, мы можем предъявить новые знания студентам, преподавателям и компаниям, технология цифровых двойников может повысить мотивацию к учебе» [5]	Общие функции по созданию виртуальной модели для повышения мотивации к учебе
Дж. Давид, А. Лобов и М. Ланц [6]	Рассматривают цифровые двойники как инструмент для работы обучающихся с производственными системами	Виртуальная технология работы с производственными системами
Дьяченко М.С., Леонов А.Г. [7]	Рассматривают цифровой двойник как возможность отслеживания цифрового следа обучающегося – совокупность данных, собираемых о процессе получения знаний и его результатах [7]	Технология создания цифровой модели по составленному цифровому следу
Горлушкина Н.Н., Насыров Н.Ф., Липина О.А. [8]	Рассматривают возможность создания цифрового двойника преподавателя в контексте формирования индивидуальных задач для обучения	Генерация индивидуальных заданий для обучающихся, основой для которых является цифровой след

Для определения соответствия требованиям и тенденциям развития проведем патентный поиск в Российском ведомстве с помощью сайта ФИПС [9], а также проведем международный патентный поиск. С помощью полученных данных будет возможность провести оценку актуальности внедрения цифровых двойников в образование, узнать о существующих разработках и сфер применения, а также понять необходимость данной разработки (табл. 2).

Согласно проведенному патентному поиску можно заметить, что прототипом изобретения являются всего 2 патента и 1 заявка на патент. Это говорит о том, что область данного направления только на пике своего развития. Для визуализации данных был построен патентный ландшафт с помощью применения сайта *simplemaps.com* [10], где на карте мира были отмечены прототипы изобретения (см. табл. 2 и 3), а также собраны аналоги цифровых двойников, которые помогают в освоении профессии на практике. На рис. 2 изображены как патенты, так и заявки на патенты.

Данный ландшафт имеет данное представление в силу ограничения доступа к специальным программам, которые могут работать с международными патентными базами и позволяют скачивать статистику. С помощью условных обозначений были определены аналоги и сами прототипы изобретений. Все данные были взять с сайта ФИПС.

Таким образом, согласно построенному патентному ландшафту можно определить, что данная тема является только на страте своего изучение. Несмотря на то что цифровые двойники, казалось бы, внедрены в разные сферы жизни человека, что можно увидеть на карте в качестве аналогов, но применение в образовании является совершенно новой нишей. С помощью внедрения двойников в образовательную деятельность будут достигнуты многие преимущества, позволяющие образованию следовать мировым тенденциям и разработкам, подключая к системе индивидуальное обучение.

Таблица 2

Патентный поиск изобретений, направленных на внедрение цифровых двойников в образовательную деятельность в Российском ведомстве

№	№ патенты (дата)	№ заявки (дата)	Название МПК	Авторы, правообладатель, город
1	-	2022104319, 18.02.2022	«ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ИДЕАЛЬНОГО ВЫПУСКНИКА» В ОБРАЗОВАНИИ МПК: G09B 19/00	Закиева Р.Р., Сериков В.В., Леонтьев А.В. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань
2	2769644, 04.04.2022	2021117849, 19.06.2021	СИСТЕМА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ОНЛАЙН МПК: G06Q 50/20	Криштал М.М., Боюр Р.В., Бабошина Э.С., Кутузов А.И., Соколова Т.А., Дроздова М.А., Репина Е.А., Денисова О.П., Богданова А.В., Хамидуллова Л.Р., Гасанова Р.М. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти

Также составлен международный патентный поиск (табл. 3).

Таблица 3

Международный патентный поиск изобретений, направленных на внедрение цифровых двойников в образовательную деятельность

№	№ патенты (дата)	№ заявки (дата)	Название МПК	Авторы, правообладатель, страна
1	KR20230150022, 30.10.2023	KR20220049443 20220421, 21.04.2023	Digital aquarium system for education and method for controlling thereof МПК: G06Q30/02; G06Q50/10; G06Q50/20; G09B5/02; H04N21/431	PARK CHUL HEE; KIM SOO KYONG QUATOPS CO LTD China

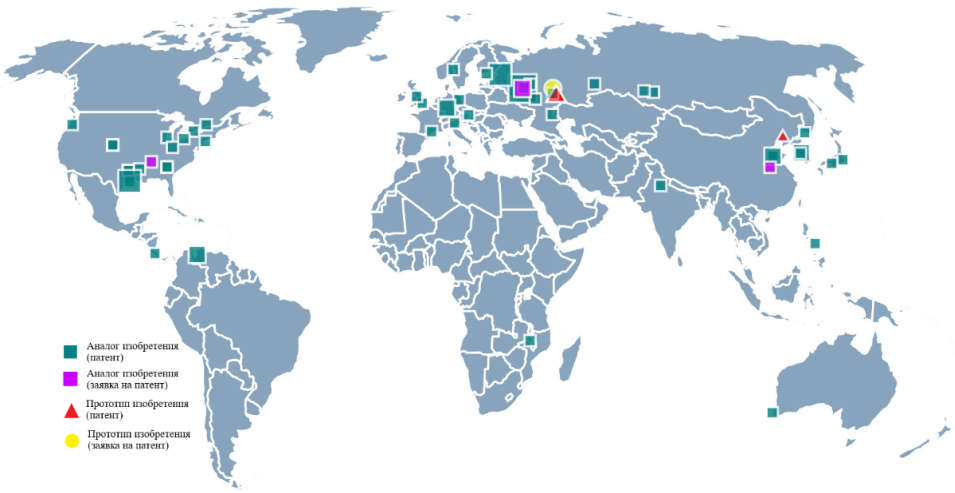


Рис. 2. Патентный ландшафт

Достигнутый уровень исследования: исследование проводится на уровне анализа и выявления потенциала цифровых двойников для улучшения процессов образования.

Новизна результатов: в статье проанализированы возможности применения цифровых двойников в образовательной сфере, что позволяет определить новые пути и стратегии для внедрения инновационных подходов в образовательный процесс.

Область применения результатов: результаты исследования могут быть использованы в различных образовательных учреждениях, начиная от школ и вузов до корпоративного обучения и профессионального развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вихман В.В., Ромм М.В. Цифровые двойники в образовании: перспективы и реальность // Высшее образование в России. 2021. №2. *URL*: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-v-obrazovanii-perspektivy-i-realnost (дата обращения: 10.02.2024).

2. Дьяченко М.С., Леонов А.Г. Цифровой след в образовании как драйвер профессионального роста в цифровую эпоху // *E-Management*. 2022. №4. *URL*: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-sled-v-obrazovanii-kak-drayver-professionalnogo-rosta-v-tsifrovuyu-epohu (дата обращения: 15.02.2024).

3. Цифровое зеркало // Приложение к журналу «Сибирская нефть». Индустрия 4.0. Просто о сложном. 2018. Вып. 6. С. 19. *URL*: https://www. gazprom-neft.ru/files/journal/SNpr154.pdf (дата обращения: 15.02.2024).

4. *Sepasgozar S. Digital Twin and Web-Based Virtual Gaming Technologies for Online Education: A Case of Construction Management and Engineering // Appl. Sci*. 2020. *Vol*. 10 (13). *P*. 4678. *DOI*: https://doi.org/10.3390/app10134678.

5. *Liljaniemi A., Paavilainen H. Using Digital Twin Technology in Engineering Education – Course Concept to Explore Benefits and Barriers // Open engineering*. 2020. *Vol*. 10 (1). *P*. 377-385. *DOI*: 10.1515/eng-2020-0040.

6. *David, J., Lobov, A., Lanz, M.* (2018). *Learning Experiences Involving Digital Twins. In: 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp*. 3681-3686, *doi*: https://doi. org/10.1109/IECON.2018.8591460.

7. Дьяченко М.С., Леонов А.Г. Цифровой след в образовании как драйвер профессионального роста в цифровую эпоху // *E-Management*. 2022. №4. *URL*: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-sled-v-obrazovanii-kak-drayver-professionalnogo-rosta-v-tsifrovuyu-epohu (дата обращения: 02.03.2024).

8. Горлушкина Н.Н., Насыров Н.Ф., Липина О.А. Цифровой двойник преподавателя как инструмент управления процессом формирования индивидуальных заданий // ЭПИ. 2021. №2. *URL*: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-prepodavatelya-kak-instrument-

upravleniya-protsessom-formirovaniya-individualnyh-zadaniy (дата обращения: 09.03.2024).
9. ФИПС – Федеральное государственное бюджетное учреждение Федеральный институт промышленной собственности / [Электронный ресурс] // fips.ru: [сайт]. *URL*: https://fips.ru/ (дата обращения: 09.12.2023).
10. Customizable World Map Tool / [Электронный ресурс] // simplemaps.com: [сайт]. *URL*: https://simplemaps.com/custom/world/WC18fBBb#locations (дата обращения: 09.03.2024).

Поступила 13.03.2024

УДК 004.42

Е.А. Яковлева, В.В. Данилов

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПЛАТФОРМЫ РАЗРАБОТКИ ИС «КАЛЕНДАРЬ ПИТОМЦЕВ»

В статье рассматривается и обосновывается выбор платформы разработки для информационной системы «Календарь питомцев». Рассматривается функционал данной системы, аргументируется выбор мобильной разработки и выбор платформы Android. Аргументированный выбор мобильной разработки обусловлен удобством доступа к системе для пользователей, а также возможностью использования различных мобильных устройств. Выбор платформы Android обоснован ее широким распространением и популярностью среди пользователей, что обеспечит большую аудиторию для информационной системы.

Выбор платформы для информационной системы «Календарь питомцев» — это критически важное решение, которое определит успешность проекта и его способность удовлетворить потребности пользователей. Перед тем как приступить к выбору необходимо провести тщательный анализ планируемого функционала системы. Это позволит определить требования к производительности, масштабируемости, безопасности и удобству использования. Также важно учесть возможные будущие изменения и расширения функционала системы. На основе этих данных можно выбрать оптимальный набор технологий, который будет наиболее эффективно соответствовать потребностям проекта и обеспечит высокое качество конечного продукта.

Данная информационная система должна представлять собой приложение для визуализации календаря питомцев.

Назначение и цели создания системы:

1. Назначение системы: автоматизирование расчетов показателей для ухода за питомцами.
2. Цели создания системы: разрабатываемая система должна быстро и качественно рассчитывать все необходимые показатели и формировать гибкий и легко воспринимаемый пользователем календарь по характеристикам питомца.

Система должна предоставлять пользователю требуемый функционал, а именно:

– добавление питомцев и изменение их параметров;
– формирование норм питания по параметрам питомца;
– добавление собственных команд для дрессировок и корректирование стандартных;
– формирование плана дрессировок;
– вывод уровня освоенности команды, исходя из количества ее удачных повторов и уровня сложности.

В данной статье мы рассмотрим преимущества мобильной разработки и аргументируем выбор данной технологии для информационной системы «Календарь

питомцев».

Главным фактором, влияющим на выбор в пользу мобильной разработки, безусловно является огромная популярность мобильных приложений, поскольку они предлагают удобство и доступность в любое время и в любом месте. А приложению для ухода за питомцами это особенно важно, так как владельцы могут контролировать питомцев и формировать планы ухода даже вне дома.

Одним из основных аргументов в пользу разработки мобильного приложения является огромное количество мобильных устройств, которые используются по всему миру. Согласно последним исследованиям, количество мобильных устройств превышает количество компьютеров, и это означает, что мобильные приложения имеют гораздо больший охват аудитории, чем веб-сайты или компьютерные программы.

Мобильные приложения обладают неоспоримым преимуществом в удобстве использования благодаря более интуитивному пользовательскому интерфейсу. Они обычно разрабатываются с учетом специфики мобильных устройств, что позволяет создавать более удобные и эффективные способы взаимодействия пользователей с приложением. Это включает в себя использование жестов, мультитач-интерфейсов, анимации и других элементов, специально адаптированных для сенсорных экранов. Благодаря удобному пользовательскому интерфейсу мобильные приложения обеспечивают повышенную простоту использования и более быстрое обучение для конечных пользователей. Это особенно важно, учитывая то, что пользователи мобильных устройств зачастую ожидают моментального доступа к необходимой информации или функционалу. Интуитивное управление и навигация делают использование приложения более комфортным, что способствует его популярности среди пользователей.

Также нельзя не упомянуть о том, что мобильные приложения могут работать в автономном режиме, то есть имеют возможность сохранять данные локально, что делает их удобными для использования в местах с ограниченным доступом к интернету. Для владельцев питомцев это особенно важно, так как они могут использовать приложения во время прогулок за городом или в других местах, где связь может быть ненадежной. Это помогает владельцам питомцев быть в курсе состояния своих животных даже в удаленных или изолированных местах, что повышает уровень комфорта и безопасности как для питомцев, так и для их владельцев.

Также проект «Календарь питомцев» не привязан ни к какой организации, а значит не имеет заказчика. Поэтому возможность монетизации сыграет очень важную роль в выборе технологии, мобильные приложения предоставляют возможности для внедрения платных функций или рекламных модулей. Например, возможно предложить платный доступ к дополнительным функциям приложения, таким как специальные звуковые эффекты или фоновые изображения для календаря. Также можно разместить рекламные модули, где компании смогут размещать рекламу своих продуктов или услуг, связанных с животными. Кроме того, можно предложить подписку на ежемесячные или ежегодные обновления и дополнения к приложению, что также может стать источником постоянного дохода.

При выборе разработки мобильного приложения необходимо задуматься и о выборе платформы. Сейчас в мире имеются две основные платформы для мобильной разработки – это *Android* и *iOS*.

Мобильное приложение на платформе *Android* обладает рядом преимуществ, которые делают его наилучшим выбором для создания информационной системы «Календарь питомцев». *Android* является самой популярной мобильной платформой, имея более 75% долю рынка в мире, что делает приложение доступным для большей части пользователей и дает больший потенциал для распространения.

Разработка приложения для *Android* обычно дешевле, чем для *iOS*, поскольку *Android Studio*, интегрированная среда разработки для *Android*, доступна бесплатно, в то время как для разработки приложений под *iOS* требуется использование платформы *Xcode*, доступной только для устройств от *Apple*. Это означает, что технические затраты на разработку

приложения для *Android* будут меньше, что позволит сэкономить средства на этапе разработки. Кроме того, разработка для *Android* также обычно менее затратна в плане обновлений и поддержки приложения, потому что процесс выпуска обновлений на платформе *Android* требует меньше времени и финансовых затрат.

Согласно современной мировой ситуации выбор магазина приложений имеет огромное значение для разработчиков. В настоящее время имеется ряд сложностей и препятствий при публикации приложений в зарубежных магазинах приложений. Например, в связи с политикой *Apple*, получение монетизации от своего приложения через *App Store* становится невозможным. Это обстоятельство может затруднить монетизацию и распространение приложения для разработчика.

Поэтому стоит обратить внимание и рассмотреть возможность размещения приложения в отечественном магазине приложений *RuStore*. Этот вариант представляется наилучшим из-за ряда преимуществ. Во-первых, размещение приложения в *RuStore* позволяет избежать возможных проблем, связанных с политикой зарубежных платформ. Во-вторых, это обеспечивает возможность обратной связи и поддержки от местных пользователей, что может быть важно для адаптации приложения к особенностям местного рынка. Наконец, использование отечественного магазина приложений способствует развитию отечественной цифровой индустрии и поддержке местных разработчиков.

Также, процесс публикации приложений в магазине *RuStore* более простой и менее требовательный, чем в *App Store*. В *App Store* приложения проходят более строгий процесс модерации, в том числе проверку на соответствие стандартам безопасности и качества. Это может привести к задержкам в публикации приложения или даже отклонению его.

В магазине *RuStore* процесс публикации приложений менее строгий, что означает, что ваше приложение может быть быстрее доступно для пользователей.

И так как скорее всего выбор для публикации приложения падет на *RuStore*, то нужно учитывать тот факт, что данный магазин предназначен только для приложений, разработанных на базе *Android*.

Разработка приложения на *Android* вместо *iOS* оправдана тем, что аудитория среднего класса в мире в значительной степени предпочитает использовать устройства на базе операционной системы *Android*. По данным исследований пользователи среднего класса в развивающихся странах, таких как Россия, предпочитают *Android* устройства из-за их доступности и низкой стоимости. Это означает, что разработка приложения «Календарь питомцев» для *Android* позволит привлечь больше пользователей из этой категории, что сделает приложение более релевантным для целевой аудитории и обеспечит больше возможностей для монетизации за счет рекламы. Поэтому выбор разработки приложения для Android является стратегически важным для достижения успеха и максимизации прибыли от приложения «Календарь питомцев».

Наконец, следует отметить, что мобильные устройства на *Android* имеют широкие возможности для интеграции с другими устройствами, такими как *GPS* для отслеживания прогулок, уведомления и многие другие, что дает возможность в дальнейшем расширить функционал с подключением данных устройств

В целом, мобильная разработка на платформе *Android* является наилучшим выбором для информационной системы ухода за питомцами, так как позволяет обеспечить доступность, удобство использования и интеграцию с другими устройствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майер Р. *Android* 4. Программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов / Р. Майер. М.: Эксмо, 2021. 674 с.

2. Типы мобильных приложений | Виды приложений для Андроид и *iOS* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://punicapp.com/blog/pages/1046/tipy-mobilnyh-prilozhenij (дата обращения: 12.03.2024).

3. Кислицын Е.В. Современные технологии разработки программного обеспечения:

учеб. пособие / Е.В. Кислицын, М.А. Панов. Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2021. 176 с.
4. Мобильные операционные системы – обзор ОС | *Apptoday* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://apptoday.ru/publication/reitingmobilnykh-operatsionnykh-sistem (дата обращения: 12.03.2024).

Поступила 14.03.2024

УДК 004.4

О.Э. Титов, Е.К. Бородина

МОДУЛЬ «РЕЗЮМЕ СОТРУДНИКА» В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ INPORTAL: ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Статья рассматривает модуль «Резюме сотрудника» в информационной корпоративной системе InPortal. Основной упор делается на его структуру, функциональность и потенциальные выгоды для управления кадровыми ресурсами. Модуль позволяет централизованно собирать и хранить информацию о сотрудниках, обеспечивает удобство внесения и обновления данных, интеграцию с другими компонентами InPortal, аналитику, и повышает удовлетворенность сотрудников. В контексте описания информационной системы InPortal отмечаются ее модульный принцип, высокий уровень безопасности и гибкие настройки доступа. В целом, статья подчеркивает важность модуля «Резюме» для эффективного управления персоналом и создания управляемой корпоративной среды.

В условиях быстрого развития информационных технологий и усовершенствования бизнес-процессов становится неотъемлемой частью успешной деятельности организаций внедрение современных информационных систем. В контексте данной статьи рассматриваются информационная корпоративная система *InPortal* и ее важный компонент — модуль «Резюме сотрудника».

Одним из ключевых аспектов управления персоналом является эффективное управление информацией о сотрудниках. Модуль «Резюме» представляет собой инновационное решение, направленное на улучшение процессов управления кадрами в рамках информационной системы *InPortal*. Разработка данного модуля обусловлена стремлением повысить эффективность управления персоналом, предоставляя компании инструмент для централизованного сбора, хранения и анализа информации о сотрудниках.

Целью данной статьи является рассмотрение структуры, функциональности и потенциальных выгод, которые предоставляет модуль «Резюме сотрудника» в рамках *InPortal*. Акцент будет сделан на том, как данное решение способствует оптимизации управления кадровыми ресурсами, а также, какие перспективы открываются для компании с внедрением данного инструмента.

Следует подчеркнуть, что успешная реализация модуля «Резюме» может не только улучшить внутренние бизнес-процессы, но и повысить уровень удовлетворенности сотрудников, предоставляя им возможность более эффективно управлять своими профессиональными данными в корпоративной среде.

Целью разработки модуля «Резюме сотрудника» для информационной системы *InPortal* является создание инновационного инструмента, способного значительно улучшить управление кадровыми ресурсами в организации. Главной задачей данного модуля является обеспечение комплексного и эффективного управления информацией о сотрудниках в корпоративной среде компании ООО «Инрэко ЛАН».

Ключевые задачи в рамках достижения поставленной цели:

– централизованный сбор данных. Обеспечение возможности централизованного сбора и хранения информации о профессиональных навыках, образовании, опыте работы и других ключевых аспектах трудовой деятельности сотрудников;

– удобство внесения и обновления данных. Создание удобного и интуитивно понятного интерфейса для внесения и регулярного обновления данных в резюме с целью поддержания актуальности информации;

– интеграция с другими модулями *InPortal*. Обеспечение взаимодействия модуля «Резюме» с другими компонентами информационной системы *InPortal* для максимальной интеграции в рабочие процессы организации;

– аналитика и отчетность. Реализация функционала для анализа данных, предоставляющего руководству компании инструменты для принятия обоснованных решений в области управления персоналом;

– повышение удовлетворенности сотрудников. Создание условий для активного участия сотрудников в управлении своими данными, что способствует повышению уровня их удовлетворенности и приверженности компании;

– соблюдение требований безопасности данных. Реализация мер безопасности для защиты конфиденциальной информации, хранящейся в резюме сотрудников, и соблюдение требований по защите персональных данных.

Информационная система *InPortal* представляет собой современное решение, предназначенное для комплексного управления бизнес-процессами и ресурсами организации. *InPortal* является мощным инструментом, охватывающим широкий спектр функций, направленных на оптимизацию работы предприятия.

Основные характеристики системы *InPortal*:

– управление персоналом. Предоставляется полный набор инструментов для управления персоналом, включая модули учета сотрудников, их профессиональных навыков, обучения и карьерного роста;

– безопасность и доступ. Обеспечиваются высокий уровень безопасности данных, а также гибкие настройки доступа для различных уровней пользователей;

– модульный принцип. *InPortal* построен на модульном принципе, что позволяет компаниям адаптировать систему под свои уникальные потребности. Модуль «Резюме сотрудника» является важным компонентом системы, дополняя ее функциональность и усиливая возможности управления персоналом.

Информационная система *InPortal* является надежным и интегрированным решением, обеспечивающим эффективное управление всеми аспектами деятельности организации, включая управление персоналом с использованием ключевого компонента – модуля «Резюме сотрудника».

Необходимость использования модуля резюме в системе *InPortal*:

– легкость управления информацией. Модуль помогает собирать и хранить данные о сотрудниках в одном месте. Это делает управление командой проще и эффективнее;

– больше прозрачности. Информация о навыках каждого сотрудника становится доступной руководителям. Это улучшает понимание того, что у нас есть в команде, и как лучше распределять задачи;

– лучший подбор персонала. Возможность более точно подбирать сотрудников для проектов, анализируя их навыки и опыт через модуль «Резюме»;

– активное участие сотрудников. Сотрудники сами могут обновлять свои данные, что делает их более вовлеченными в процесс управления карьерой внутри компании.

В итоге, модуль «Резюме» делает управление персоналом более эффективным и простым.

Предлагаемая архитектура модуля:

Модуль «Резюме сотрудника» в информационной системе *InPortal* основан на клиент-

серверной архитектуре с использованием *REST API* (архитектурный стиль для разработки веб-сервисов, основанный на стандартных *HTTP*-методах и ресурсоориентированном подходе). Эта архитектура обеспечивает эффективное взаимодействие между клиентской и серверной частями, что является ключевым элементом для обеспечения быстрой и стабильной работы модуля.

Функциональность модуля:

– управление данными сотрудников: возможность добавления, редактирования и удаления данных о сотрудниках (рис. 1); централизованное хранение информации, обеспечивающее ее актуальность и доступность для всех уполномоченных пользователей;

– *REST API* для внешней интеграции обеспечивает легкость интеграции с другими системами; внешние сервисы могут получать и отправлять данные о сотрудниках, обеспечивая согласованность информации;

– пользовательский интерфейс: интуитивно понятный для управления резюме, что упрощает работу пользователя и уменьшает время на обучение;

– система безопасности: реализация системы безопасности для ограничения доступа к чувствительным данным;

– аналитика и отчетность: возможность проведения анализа данных о сотрудниках с целью выявления трендов и принятия обоснованных управленческих решений; генерация отчетов по ключевым показателям для оценки эффективности кадровых ресурсов;

– масштабируемость: модуль разработан с учетом масштабируемости, что позволяет эффективно управлять резюме даже при увеличении числа сотрудников и объема данных;

– интеграция с другими модулями *InPortal*: взаимодействие с другими компонентами *InPortal* для создания единой и целостной системы управления ресурсами компании.

Архитектура и функциональность модуля «Резюме» предоставляют надежную основу для эффективного управления информацией о сотрудниках, обеспечивая гибкость, безопасность и простоту использования.

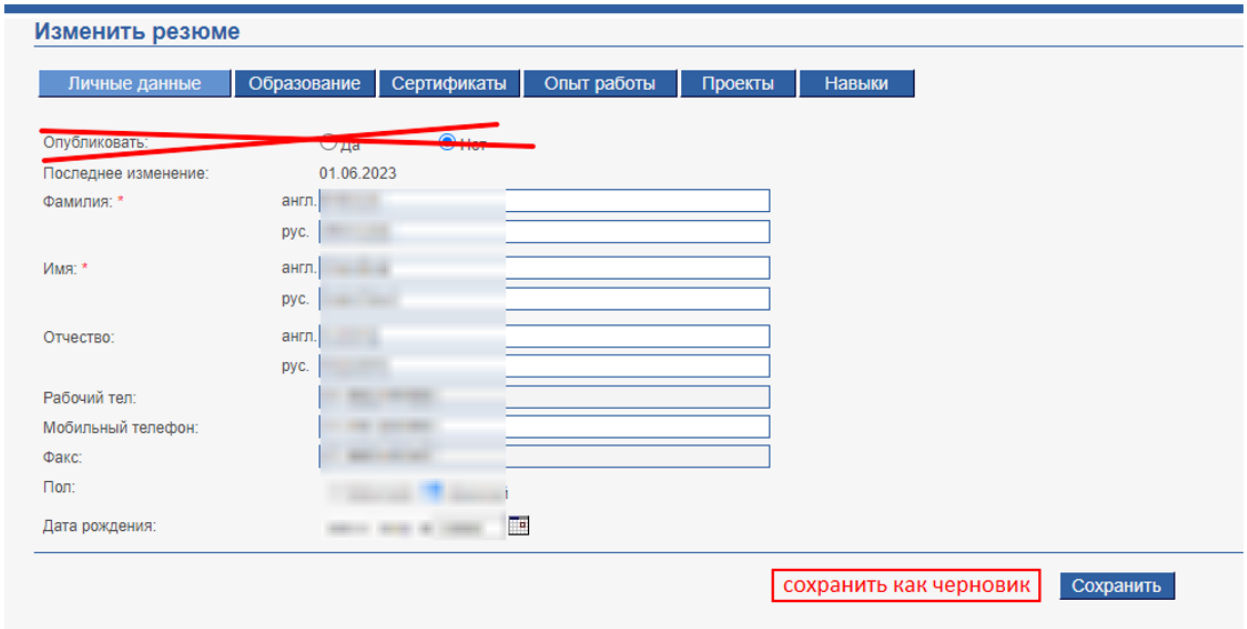


Рис. 1. Форма работы с резюме сотрудника

Технологии и инструменты для разработки модуля:

*Java v.*17 – *Java* предоставляет надежную и масштабируемую платформу, что обеспечивает стабильность и производительность работы приложения.

Spring Boot 3 – в качестве основного фреймворка был выбран *Spring Boot* 3. Этот фреймворк обеспечивает простоту создания сложных приложений, управление зависимостями и эффективное взаимодействие между компонентами.

Quartz – для реализации планирования и выполнения задач в фоновом режиме в модуле резюме использовалась библиотека *Quartz*. Она обеспечивает надежное выполнение периодических задач, таких как обновление данных о сотрудниках.

PostgreSQL – в качестве системы управления базами данных была выбрана *PostgreSQL*. Это мощная и открытая реляционная СУБД, обеспечивающая эффективное хранение и быстрый доступ к данным о сотрудниках.

Angular – для создания пользовательского интерфейса использовался фреймворк *Angular*. *Angular* обеспечивает динамичные и отзывчивые веб-приложения, что повышает удобство использования модуля «Резюме сотрудника».

Этот стек технологий был выбран с целью обеспечения высокой производительности, масштабируемости и надежности модуля резюме сотрудника в рамках информационной системы *InPortal*. Каждая технология вносит свой вклад в обеспечение эффективного и надежного функционирования приложения. Взаимодействие технологий представлено на рис. 2.

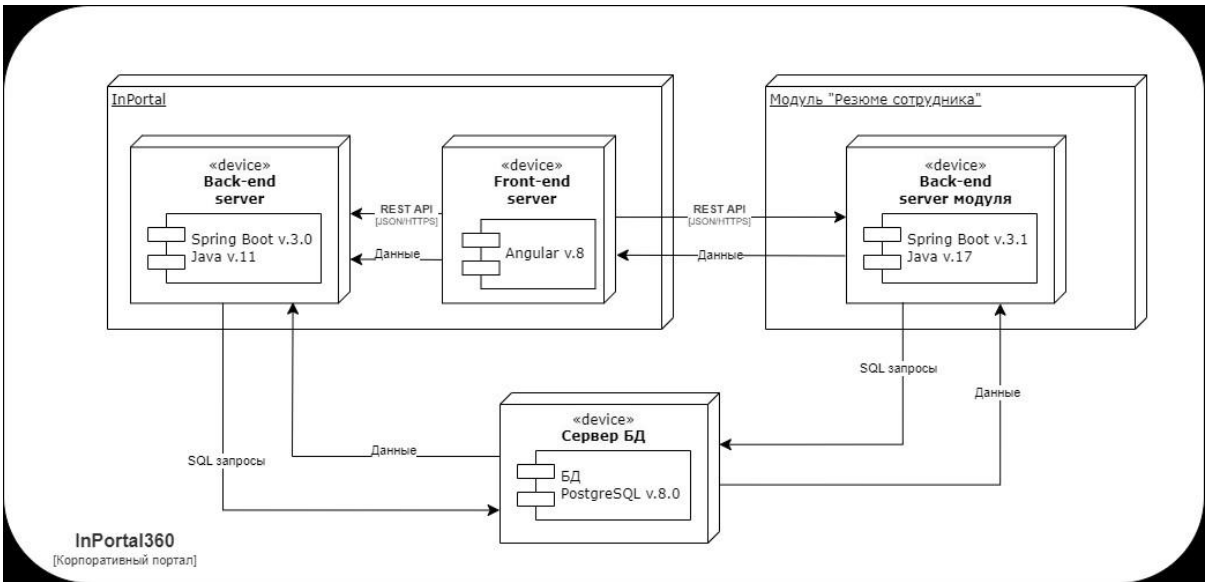


Рис. 2. ИТ-архитектура модуля «Резюме сотрудника»

Преимущества использования модуля для бизнеса:

– эффективное управление кадровыми ресурсами: модуль «Резюме сотрудника» в *InPortal* обеспечивает компании возможность эффективного управления своими кадровыми ресурсами. Централизованный доступ к данным о сотрудниках позволяет руководству более точно оценивать компетенции, опыт и потенциал каждого сотрудника;

– повышение прозрачности внутренних процессов: система «Резюме» предоставляет более ясное представление о составе персонала и его квалификации. Это способствует легкости в принятии управленческих решений, основанных на точной информации о знаниях и навыках сотрудников;

– оптимизация подбора персонала: модуль «Резюме» помогает более точно подбирать сотрудников для проектов, учитывая их навыки и опыт, что сокращает время на подбор персонала и повышает успешность выполнения проектов;

– улучшенная аналитика и прогнозирование: аналитические возможности модуля позволяют бизнесу проводить анализ данных о сотрудниках, выявлять тенденции и прогнозировать потребности в кадровых ресурсах. Это важно для стратегического планирования и предотвращения возможных проблем в будущем.

Преимущества для сотрудников:

– управление профессиональными данными: сотрудники получают возможность активно управлять своими профессиональными данными. Это включает в себя обновление резюме, добавление новых достижений и поддержание актуальности информации;

– профессиональный рост и развитие: система «Резюме» стимулирует сотрудников к активному участию в управлении своими данными. Это способствует формированию лучшего понимания своих профессиональных целей и планов развития;

В итоге, модуль «Резюме» приносит выигрыши как для бизнеса, обеспечивая оптимизацию управления персоналом, так и для сотрудников, предоставляя инструменты для активного участия в управлении своей карьерой и развитием.

В заключение стоит отметить, что разработка и внедрение модуля «Резюме сотрудника» в информационной системе *InPortal* представляет собой серьезный этап в совершенствовании управления кадровыми ресурсами для компании. Создание инструмента, способного эффективно справляться с задачами учета, анализа и управления данными о персонале, позволяет улучшить бизнес-процессы и повысить качество управления внутренними кадровыми ресурсами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Services - Inreco LAN. URL*: https://inrecolan.com/services
2. *REST API Tutorial* — руководство по *REST API. URL*: https://restapitutorial.ru/

Поступила 14.03.2024

УДК 004.4

Е.А. Егоров, Е.К. Бородина

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ В УНИВЕРСИТЕТЕ: БУДУЩЕЕ НА ПОРОГЕ

В статье рассматриваются популярные сервисы для организации мероприятий повседневной жизни. Предлагается внедрение собственного сервиса для организации мероприятий университета. Выделяются основные функциональные возможности сервиса. Представлена структура информационного сервиса, продемонстрированы основные формы интерфейса.

В современном мире технологии активно проникают во все сферы нашей жизни и образование не исключение. Вузы сталкиваются с постоянной необходимостью организации различных мероприятий – от лекций и семинаров до конференций и культурных мероприятий. Однако процесс планирования и координации этих мероприятий может быть довольно сложным и ресурсозатратным.

Проанализировав популярные сервисы, представленные на российском рынке, были получены данные о востребованности автоматизации сферы услуг по организации мероприятий.

«Яндекс Афиша» успешно использует передовые технологии для автоматизации процесса покупки билетов и повышения удобства для пользователей. Одним из ключевых элементов успеха является интеграция с экосистемой «Яндекс», в частности с «Яндекс Плюс», что позволяет компании активно продвигать билеты на различные культурные мероприятия и кино. Это не только расширяет аудиторию сервиса, но и повышает уровень удовлетворенности пользователей за счет предоставления дополнительных возможностей и преимуществ.

Кроме того, «Яндекс Афиша» стремится к постоянному расширению ассортимента

событий и мероприятий, включая концерты, театральные постановки, выставки и стендап. Это позволяет сервису привлекать новых пользователей и удерживать существующих за счет предложения разнообразных развлекательных и культурных мероприятий.

Не менее важным фактором является расширение географии деятельности «Яндекс Афиши» за счет экспансии в регионы. Это позволяет сервису привлекать новую аудиторию и увеличивать объем продаж билетов за счет территориального распространения.

Таким образом, «Яндекс Афиша» демонстрирует успешное использование современных технологий для повышения эффективности и удобства процесса покупки билетов на различные мероприятия. Опыт компании может стать ценным примером для других смежных бизнесов, стремящихся к развитию в сфере культурных и развлекательных мероприятий.

Сфера билетных агрегаторов в России переживает период активного развития и консолидации, подтвержденный рядом значимых событий в последние годы. Как отмечается, конкуренция на рынке становится все более напряженной, привлекая внимание как крупных корпораций, таких как МТС, Яндекс, так и стартапов, например, *Ticketscloud* [1].

Важным фактором является также переход к онлайн-покупкам билетов, который становится все более распространенным среди жителей России. Это открывает новые возможности для компаний-агрегаторов, стимулируя их к инновациям и улучшению условий предоставления услуг.

С развитием технологий и цифровизации образования вузы сталкиваются с необходимостью эффективного управления множеством процессов, включая организацию мероприятий. В этом контексте развитие специализированных технологических платформ для вузов представляет собой важный тренд, который обеспечивает автоматизацию и оптимизацию различных аспектов управления учебным процессом и внеурочной деятельностью.

Такие платформы не только облегчают процесс планирования и координации мероприятий, но и предоставляют участникам возможность взаимодействия и обмена информацией. Ключевые функциональные возможности включают в себя:

1. Планирование мероприятий: платформы предоставляют возможность создания расписания мероприятий, управления ресурсами, назначения ответственных лиц и отслеживания выполнения задач.
2. Регистрация и управление участниками: с помощью электронной регистрации и управления данными участников организаторы могут эффективно контролировать количество и состав участников, а также отправлять им уведомления и приглашения.
3. Взаимодействие и обратная связь: платформы предоставляют возможность обмена сообщениями, обратной связи и опросов, что способствует улучшению коммуникации между участниками мероприятий и организаторами.
4. Аналитика и отчетность: системы аналитики позволяют оценить эффективность проведенных мероприятий, собрать обратную связь от участников и сделать выводы для последующего улучшения.
5. Интеграция с другими системами: важным аспектом является возможность интеграции платформы с другими информационными системами университета, такими как система управления учебным процессом или электронные библиотеки, для обеспечения единой информационной среды.

Примером такой технологической платформы может служить система управления мероприятиями для вузов, предоставляемая компанией *Eventus*. Эта платформа объединяет в себе функционал планирования, регистрации, взаимодействия и аналитики, а также обладает гибкой системой настройки под потребности конкретного университета.

Внедрение таких технологических платформ в вузы способствует не только повышению эффективности организации мероприятий, но и улучшению общего управления учебным процессом. Опыт использования таких систем может стать важным для других

вузов, стремящихся к цифровой трансформации и оптимизации управленческих процессов.

В современном мире технологические инновации играют ключевую роль в организации мероприятий, особенно в университетской среде. Развитие специализированных платформ для управления мероприятиями представляет собой важный тренд, способствующий автоматизации и оптимизации процессов, связанных с планированием, координацией и управлением различными активностями как внутри, так и вне учебного процесса.

Интеграция таких технологических решений в университетские процессы будет способствовать не только повышению эффективности, но и современной цифровой трансформации образовательных учреждений. Схематичное изображение хранимой информации, а также структура информационной системы для организации мероприятий в университете представлены на рис. 1.

Рис. 1. Структура информационной системы организации мероприятий университета

Интерфейс разрабатываемого модуля разработан с учетом простоты использования и широких функциональных возможностей. На рис. 2 можно видеть главное окно модуля, где доступны основные разделы, такие как главная страница, создание мероприятий и просмотр профиля пользователя. Каждый раздел имеет интуитивно понятный интерфейс, что позволяет пользователям легко ориентироваться и выполнять необходимые действия. Предусмотрен также удобный инструмент поиска и фильтрации интересующих мероприятий, а также карточки с подробной информацией о каждом из них.

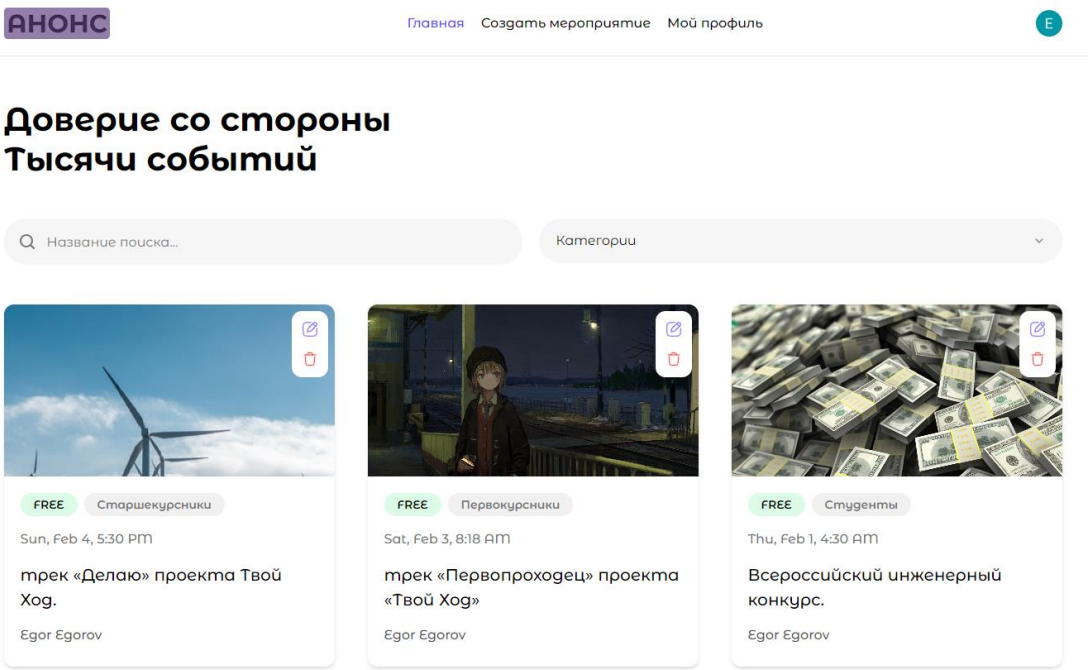


Рис. 2. Изображение главного окна модуля

При создании мероприятий, как показано на рис. 3, в нашей платформе есть возможность управлять каждым аспектом организации события.

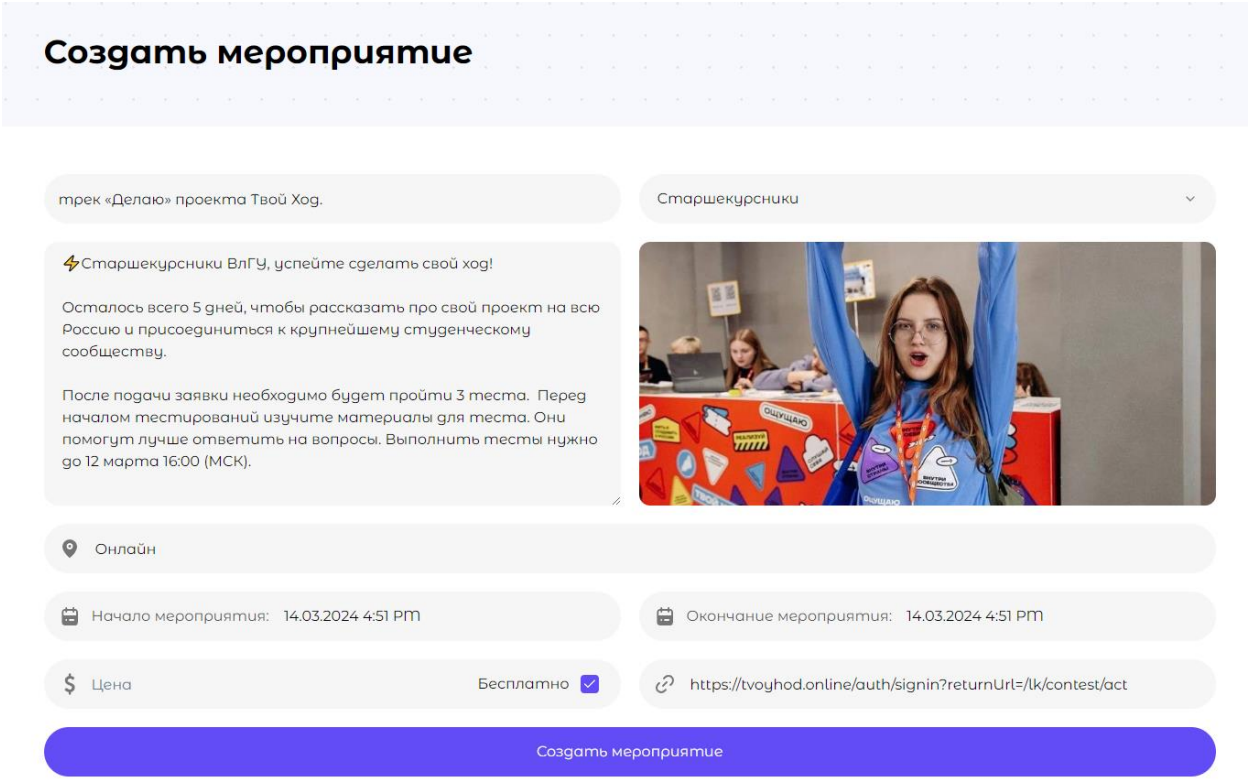


Рис. 3. Пример создания мероприятия на платформе

Таким образом, развитие технологических платформ для университетов представляет собой не только инновационный подход к организации мероприятий, но и важный шаг в направлении улучшения общего управления образовательным процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анастасия Гаврилюк. Запасайтесь попкорном: «Яндекс Афиша» отчиталась о рекордном росте проданных билетов. Редакция *Forbes* 2023.
2. Аширова Г.А. Цифровые технологии и инновации в управлении образованием. Текст научной статьи по специальности «Науки об образовании» 2024.
3. Ватолкина Н.Ш. Управление инновационными образовательными технологиями в системе менеджмента качества вуза. Текст научной статьи по специальности «Науки об образовании» 2009.
4. Ларионова В.А., Карасик А.А. Цифровая трансформация университетов: заметки о глобальной конференции по технологиям в образовании *EdCrunch Ural*. Текст научной статьи по специальности «Науки об образовании». 2019.
5. Ахметжанова Г.В., Юрьев А.В. Цифровые технологии в образовании. Текст научной статьи по специальности «Науки об образовании». 2018.

Поступила 14.03.2024

УДК 378.14.015.62

В.А. Забавнов, Е.Р. Хорошева

СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ МОДУЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

В статье рассматривается применение методики синтеза функциональной структуры информационной системы к модулю оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций. Методика синтеза функциональной структуры была рассмотрена в различных условиях. По результатам синтеза была получена оптимальная структура распределения задач.

Синтез функциональной структуры информационной системы включает в себя распределение решаемых задач по подсистемам и уровням организационной структуры. Задача определения оптимальной структуры состоит в нахождении состава узлов системы M и связей между ними S_M, в нахождении возлагаемых на технические средства задач и вариантов их решения E_i, V, распределение их по уровням и узлам системы и выборе комплекса технических средств A, при которых максимизируется эффект от внедрения задач [1].

Для модуля оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций был применен метод оптимального распределения функций по устройствам системы. В данном методе задача выбора оптимальной структуры ставится как линейная задача математического программирования: распределение I задач (i = 1,I) между J узлами $j = (1,J)$, чтобы при этом обеспечить минимум общих затрат

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} a_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} b_{ij} x_{ij} \leq \mathrm{T},$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ij} = 1,\ i = \overline{\mathbf{1,I}},,$$

где T – общее время решения всех задач; $A=\{a_{ij}\}$ – затраты на решение i-й задачи в j-ом узле; $B=\{b_{ij}\}$ – время решения i-й задачи в j-ом узле; $x_{ij}=\{0,1\}$ – двоичные переменные.

Для синтеза функциональной структуры модуля оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций необходимо определить перечень аппаратного обеспечения, которое будет использовано для решения задач. Для решения поставленных задач можно использовать три устройства (устройство удаленного эксперта, программная система и мобильный клиент)

Практическая задача состоит в том, чтобы выбрать на какой стороне решать поставленные задачи:

1) ввод данных;
2) формирование комплектов документов соискателей для их предоставления в центр оценки квалификаций (ЦОК);
3) ввод вариантов адаптированных оценочных средств;
4) проведение теоретической части профессионального экзамена (ПЭ);
5) проверка результатов теоретической части профессионального экзамена экспертами ЦОК (или экзаменационного центра);
6) обработка результатов теоретического этапа ПЭ и принятия решения экспертами о допуске (отказе в допуске) к практическому этапу профессионального экзамена;
7) проведение практической части профессионального экзамена;
8) проверка результатов практической части профессионального экзамена экспертами ЦОК (или экзаменационного центра);
9) принятия решения экспертной комиссией ЦОК о соответствии квалификации соискателя требованиям к квалификации;
10) вывод результатов профессионального экзамена;
11) хранение комплектов документов по итогам ПЭ «Вход в профессию».

Методы синтеза функциональной структуры информационной системы позволяют учитывать такие характеристики эффективности вариантов структуры системы, как стоимость, оперативность, надежность и др. Оптимальную структуру определяют при ограничениях на ресурсы, загрузку технических средств, на своевременное решение задач и их этапов и т.д.

Таблица 1

Затраты на решение задач

	Устройства		
Задачи	1	2	3
1	0	1500	1500
2	1000	2500	500
3	4000	1000	0
4	1000	500	500
5	4000	0	0
6	2000	0	0
7	500	250	250
8	2000	0	0
9	1000	0	0
10	1000	500	250
11	1000	1000	500

Таблица 2

Время решения задач

	Устройства		
Задачи	1	2	3
1	0	3	3
2	1	5	1
3	4	2	0
4	1	1	1
5	4	0	0
6	2	0	0
7	0,5	0,5	0,5
8	2	0	0
9	1	0	0
10	1	1	0,5
11	1	2	1

Задача синтеза функциональной структуры решена методом математического программирования (в *EXCEL* в программе «Поиск решения»). Затраты на решение задач, затраты считались в руб. (табл. 1), представлены в виде матрицы A (элементы a_{ij}), время решения задачи в различных устройствах, время представлено в часах (табл. 2), представлено в виде матрицы B (элементы b_{ij}). Результат запишем в матрицу X (элементы x_{ij}).

Параметры поиска решений: сходимость – неотрицательное значение; оценка – линейная; разности – прямые; метод решения Ньютона.

Рассмотрим ситуацию синтеза при определенных ограничениях. Установленные ограничения решения задачи: равенство 1-ой суммы элементов каждой строки матрицы X; ограничение на время решения задачи ≤ 8; тип переменных матрицы X – бинарное. Результат решения представлен на рис. 1.

	Матрица X		Sum		
1	0	0	1	решение	
0	0	1	1	затраты	2000
0	0	1	1	время	4
0	0	1	1		
0	1	0	1		
0	0	1	1		
0	0	1	1		
0	0	1	1		
0	1	0	1		
0	0	1	1		
0	0	1	1		

Рис. 1. Результат решения в поле матрицы X

По полученным результатам видно, что первое устройство включает в себя задачу 1; второе устройство выполняет задачи: 5, 9; третье устройство включает оставшиеся задачи: 2–4, 6–9, 10, 11. При этом минимальные затраты – 2 тыс. руб., ограничение по времени – 4 ч.

Далее получим решение задачи при отсутствии ограничений на время решения. Установленные ограничения решения задачи: равенство 1-ой суммы элементов каждой строки матрицы X; ограничение на время решения задачи ≤ 100; тип переменных матрицы X – бинарное. Результат решения представлен на рис. 2.

	Матрица X		Sum		
0	1	0	1	решение	
0	1	0	1	затраты	20500
1	0	0	1	время	24,5
1	0	0	1		
1	0	0	1		
1	0	0	1		
1	0	0	1		
1	0	0	1		
1	0	0	1		
1	0	0	1		
1	0	0	1		

Рис. 2. Результат решения в поле матрицы X
при отсутствии ограничений на время выполнения задач

По полученным результатам имеем, первое устройство выполняет задачи: 3–11; второе устройство решает задачи: 1, 2. При этом минимальные затраты – 20,5 тыс. руб., ограничение по времени – 24 ч. 30 мин.

Теперь рассмотрим решение задачи при задании малого времени на решение. Внесем ограничения решения задачи: равенство 1-ой суммы элементов каждой строки матрицы *X*; ограничение на время решения задачи ≤ 2; тип переменных матрицы *X* – бинарное. Результат решения представлен на рис. 3.

	Матрица X		Sum		
1	0	0	1	решение	
0	-1,00E-06	0,19775	0,19775	затраты	1243,78
0	0	1	1	время	2
0,16045	0,16045	0,16045	0,48136		
0	0,5	0,5	1		
0	0,5	0,5	1		
0,33333	0,33333	0,33333	1		
0	0,5	0,5	1		
0	0,5	0,5	1		
0	0	1	1		
0,16045	0	0,16045	0,3209		

Рис. 3. Результат решения в поле матрицы X
при малом времени решения задачи

По полученным результатам имеем, первая задача загружается в устройство 1; вторая частично в устройства 2, 3; третья в устройство 3; четвертая частично в устройства 1, 2, 3; пятая частично в устройства 2, 3; шестая частично в устройства 2, 3, седьмая частично в устройства 1, 2, 3, восьмая и девятая задачи частично выполняются в устройствах 2, 3, десятая задача выполняется устройстве 3, одиннадцатая задача частично выполняется в устройствах 1, 3. При этом минимальные затраты – 1244 руб., ограничение по времени – 2 ч.

Таким образом, обеспечить минимум общих затрат при выполнении ограничений на общее время решения можно достигнуть при первом решении. При таком решении выполняются все задачи полностью, с минимальными затратами 2 тыс. руб., за 4 часа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Р.И., Хорошева Е.Р. Методология проектирования информационных систем: учеб. пособие. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. 334 с.
2. Карманов В.Г. Математическое программирование: учеб. пособие. 5-е изд. М: Физматлит, 2004. 264 с.
3. Хорошева Е.Р., Забавнов В.А. Оценка уровня сформированности профессиональных компетенций обучающихся по результатам независимой оценки квалификаций // Электронный журнал «Век качества». 2022. №1. С. 253-265. Режим доступа: http://www.agequal.ru/pdf/2022/122017.pdf

4. Забавнов В.А., Хорошева Е.Р. Применение энтропийного подхода для оценки сформированности профессиональных компетенций // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: VI Всероссийская научная конференция с международным участием: Тольятти, 18-20 апреля 2023 года: сборник материалов. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2023.

Поступила 14.03.2024

УДК 004.421.2

М.С. Желобовский, С.Ю. Кириллова

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПРЯМЫМИ И ИТЕРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Значительная часть математических моделей различных явлений и процессов формулируются как системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) изначально или сводятся к ним. В современной вычислительной математике представлены различные методы решения СЛАУ, реализованные в ряде прикладных математических систем. В статье рассматривается реализация прямого метода Гаусса и итерационного метода Зейделя на языке Python (свободное программное обеспечение), выполняется сопоставление с результатами, полученными с помощью системы Mathcad (лицензионное программное обеспечение).

Актуальность данной работы обусловлена насущной потребностью перехода при решении вычислительных задач на отечественное или свободное программное обеспечение (ПО). Таковым свободным ПО является платформа разработки программ на языке *Python*. Известны две группы методов решения СЛАУ: прямые и итерационные [1]. Рассмотрим численное решение таких СЛАУ, у которых число уравнений совпадает с числом вещественных неизвестных, а решение предполагается существующим и единственным:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{1m}x_m = b_1, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{mm}x_m = b_m. \end{cases}$$

В матричной форме записи система имеет вид $\boldsymbol{Ax} = \boldsymbol{b}$.

Наиболее известным и популярным ***прямым*** методом решения таких систем является ***метод Гаусса***. Решение получают в два этапа: на первом выполняется приведение исходной системы уравнений с помощью преобразований к эквивалентной системе с верхней треугольной матрицей (*прямой ход*); на втором, т.е. в *обратном ходе* (снизу вверх), находятся последовательно все неизвестные системы. На рис. 1 показан код фрагмента разработанной на языке программирования *Python* программы, реализующей метод Гаусса с выбором главного элемента по столбцу. Входными данными для программы являются матрица коэффициентов $\boldsymbol{A}$ и вектор свободных членов $\boldsymbol{b}$. Результатом выполнения является вектор неизвестных $\boldsymbol{x}$.

```
def gauss(A: tuple | list | set, b: tuple | list | set):
    for k in range(len(A) - 1):
        i_max = k
        for i in range(k + 1, len(A)):
            if abs(A[i][k] > A[i_max][k]):
                i_max = i
        if not A[i_max][k]:
            return 0
        b[k], b[i_max] = b[i_max], b[k]
        for i in range(k, len(A)):
            A[k][i], A[i_max][i] = A[i_max][i], A[k][i]
        for i in range(k + 1, len(A)):
            u = A[i][k] / A[k][k]
            b[i] -= u * b[k]
            for j in range(k, len(A)):
                A[i][j] -= u * A[k][j]
    x = [0] * len(A)
    x[-1] = round(b[-1] / A[-1][-1], 3)
    for k in range(len(A) - 2, -1, -1):
        x[k] = round((b[k] - sum(A[k][i] * x[i] for i in range(k + 1, len(A)))) / A[k][k], 3)
    return x
```

Рис. 1. Функция, реализующая метод Гаусса

На рис. 2 приведен результат работы разработанной программы на языке *Python*, а на рис. 3 – результат, полученный для тех же входных данных с помощью встроенной функции системы *Mathcad*. По результатам сравнения можно судить о правильности работы программы на языке *Python*.

```
Введите матрицу A (как двумерный кортеж): [[0, 2, -1, -10], [8, -1, 1, 0], [4, 18, 0, -3], [4, 0, -30, 3]]
Введите вектор b (как кортеж): [-25, -36, -44, -104]
x = [-5.0, -1.0, 3.0, 2.0]
```

Рис. 2. Результат выполнения программы на языке Python

$$A := \begin{pmatrix} 0 & 2 & -1 & -10 \\ 8 & -1 & 1 & 0 \\ 4 & 18 & 0 & -3 \\ 4 & 0 & -30 & 3 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} -25 \\ -36 \\ -44 \\ -104 \end{pmatrix} \quad \mathrm{lsolve}(A,b) = \begin{pmatrix} -5 \\ -1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Результат выполнения программы в системе Mathcad

В случае применения ***итерационных*** методов решение СЛАУ ищется как предел бесконечного вычислительного процесса, позволяющего по уже найденным приближениям к решению построить следующее, более точное приближение (поэтому еще эти методы называют ***приближенными***). Если эта бесконечная последовательность действий сходится к решению задачи, то говорят, что *итерационный процесс сходится*.

Для построения итерационного процесса СЛАУ преобразуют к виду:

$$\boldsymbol{x} = \boldsymbol{B}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{c},$$

где $\boldsymbol{x}$ – тот же вектор неизвестных, $\boldsymbol{B}$ и $\boldsymbol{c}$ – новые матрица и вектор соответственно, det $\boldsymbol{B} \neq 0$.

Самый простой способ приведения системы к виду удобному для итерации состоит в следующем: из первого уравнения системы выразим неизвестное x_1, из второго уравнения системы выразим x_2 и т. д. В результате получим систему уравнений с матрицей $\boldsymbol{B}$, в которой на главной диагонали стоят нулевые элементы, а остальные элементы вычисляются по формулам

$$B_{ij} = -a_{ij}/a_{ii},\ i, j = 1, 2, ..., m.$$

Компоненты вектора $\boldsymbol{c}$ вычисляются по формулам

$$c_i = b_i/a_{ii},\ i = 1, 2, ..., m.$$

Расчетная формула итерационного ***метода Зейделя*** в покоординатной форме записи имеет вид

$$x_i^k = B_{i1}x_1^{(k)} + B_{i2}x_2^{(k)} + \ldots + B_{i,i-1}x_{i-1}^{(k)} + B_{i,i+1}x_{i+1}^{(k-1)} + \ldots + B_{im}x_m^{(k-1)} + c_i.$$

При вычислении очередного k-го приближения к неизвестному x_i при i >1 используют уже найденные k-е приближения к неизвестным $x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}$, а не ($k$ -1)-ое приближение.

На рис. 4 показан код разработанной на языке программирования *Python* программы, реализующей метод Зейделя. Ввод и вывод данных осуществляется через стандартный поток. Модуль *SymPy* [2] дает возможность автоматизировать символьные вычисления. Входными данными для программы являются матрица коэффициентов $\boldsymbol{A}$, вектор свободных членов $\boldsymbol{b}$ и заданная точность решения *eps*. Результатом выполнения является вектор неизвестных $\boldsymbol{x}$.

```
from sympy import * #Подключаем модуль для символьных вычислений
def pretty_print(obj, prefix=None): #Функция красивого вывода объектов sympy (объект, описание объекта)
    if prefix is not None: #Если передано описание, выведем его
        print(prefix)
    print() #Пустая строка до объекта
    pprint(obj) #Выведем объект при помощи встроенной функции sympy
    print() #И пустая строка после
def zeid(A, b, eps): #Метод Зейделя (матрица A, вектор b, требуемая точность)
    B = Matrix([[0 if i == j else -A[i, j] / A[i, i] for j in range(shape(A)[1])] for i in range(shape(A)[0])]) #Получим матрицу B
    if B.norm(oo) >= 1: #Если не выполняется критерий сходимости, вернем None, т.к. найти решение итерационным методом не получится
        return None
    pretty_print(B, 'B =') #Выведем матрицу B
    c = Matrix([b[i] / A[i, i] for i in range(shape(b)[0])]) #Получим вектор c
    pretty_print(c, 'c =') #Выведем вектор c
    x_prev = c.copy() #Вектор x при k - 1
    x = x_prev.copy() #Вектор x при k
    cur_eps = oo #Текущая эпсилон (до начала равна бесконечности)
    k = 0 #Количество проведенных итераций
    while cur_eps >= eps: #Пока текущая эпсилон не меньше требуемой
        for i in range(shape(B)[0]): #Пройдем по всем строкам
            x[i] = c[i] #Каждая компонента вектора x инициализируется как соответствующая компонента c
            if i: #Если не первая компонента, добавим к ней сумму произведений предыдущих и компонент матрицы B
                x[i] += sum(B[i, j] * x[j] for j in range(i))
            if i < shape(B)[0]: #Если не последняя компонента, добавим к ней сумму произведений последующих компонент вектор x при k - 1 и компонент матрицы B
```

```
            x[i] += sum(B[i, j] * x_prev[j] for j in range(i + 1, shape(B)[0]))
        cur_eps = (x - x_prev).norm(oo) #Найдем текущую эпсилон как норму разности векторов для k и k - 1
        x_prev = x.copy() #Вектор для k становится вектором для k - 1
        k += 1 #Выполнили итерацию, инкрементируем счетчик
    return (x, k) #Возвращаем кортеж из решения и количества проведенных итераций
init_printing() #Инициализируем красивый вывод средствами sympy
A = Matrix(eval(input('Введите матрицу A (как двумерный кортеж): '))) #Создаем матрицу A из пользовательского ввода
pretty_print(A) #Выводим матрицу A
b = Matrix([[i] for i in eval(input('Введите вектор b (как кортеж): '))]) #Создаем вектор b из пользовательского ввода
pretty_print(b) #Выводим вектор b
eps = float(input('Введите точность: ')) #Запрашиваем у пользователя требуемую точность
result = zeid(A, b, eps) #Получаем результат функции
print() #Пустая строка
if result is None: #Если результат - None, выводим сообщение, что итерационный процесс не сходится
    print('Условие сходимости итерационного процесса не выполняется')
else:
    pretty_print(result[0], 'x =') #Иначе выводим результат
    print('Решение получено за', result[1], 'итераций') #И потребовавшееся количество итераций
```

Рис. 4. Программный код метода Зейделя

На рис. 5, 6 приведен результат работы разработанной программы на языке *Python*, а на рис. 7 – результат, полученный для тех же входных данных с помощью встроенной функции системы *Mathcad*. По результатам сравнения можно судить о правильности работы программы на языке *Python*.

```
Введите матрицу A (как двумерный кортеж): [[5.94, 0.8, 0.6, -3.96, 0.2, 0.3], [2
.97, 6.4, 0, -2.97, 0.2, 0.2], [2.97, 3.5, 8.7, 1.98, 0.2, 0], [4.95, 1.6, 1.2,
-8.91, 0.8, 0.3], [-0.99, 2.5, 1.1, -3.96, 9, 0.4], [5.94, 1.4, 2.4, 0, 3.2, 13]
]

⎡5.94   0.8  0.6  -3.96  0.2  0.3⎤
⎢                               ⎥
⎢2.97   6.4   0   -2.97  0.2  0.2⎥
⎢                               ⎥
⎢2.97   3.5  8.7  1.98   0.2   0 ⎥
⎢                               ⎥
⎢4.95   1.6  1.2  -8.91  0.8  0.3⎥
⎢                               ⎥
⎢-0.99  2.5  1.1  -3.96   9   0.4⎥
⎢                               ⎥
⎣5.94   1.4  2.4    0    3.2  13 ⎦

Введите вектор b (как кортеж): [11.44, -54.75, -4.64, 20.47, -95.86, 26.92]

⎡11.44 ⎤
⎢      ⎥
⎢-54.75⎥
⎢      ⎥
⎢-4.64 ⎥
⎢      ⎥
⎢20.47 ⎥
⎢      ⎥
⎢-95.86⎥
⎢      ⎥
⎣26.92 ⎦

Введите точность: 0.001
```

Рис. 5. Ввод данных для метода Зейделя

```
B =

[        0          -0.134680134680135  -0.101010101010101  0.666666666666667  -0.0336700336700337  -0.0505050505050505]
[                                                                                                                          ]
[   -0.4640625              0                   0              0.4640625          -0.03125             -0.03125        ]
[                                                                                                                          ]
[-0.341379310344828  -0.402298850574713          0          -0.22758620689655  -0.0229885057471264          0            ]
[                                                                                                                          ]
[0.555555555555556   0.179573512906846   0.134680134680135          0          0.0897867564534231   0.0336700336700337 ]
[                                                                                                                          ]
[       0.11         -0.277777777777778  -0.122222222222222         0.44                0           -0.0444444444444444]
[                                                                                                                          ]
[-0.456923076923077  -0.107692307692308  -0.184615384615385          0          -0.246153846153846          0           ]

c =                                  x =

[ 1.92592592592593 ]                 [0.142022764551374]
[                  ]                 [                  ]
[    -8.5546875    ]                 [-10.3999204513412]
[                  ]                 [                  ]
[-0.533333333333333]                 [4.79956802737737 ]
[                  ]                 [                  ]
[-2.29741863075196 ]                 [-4.21179114611571]
[                  ]                 [                  ]
[-10.6511111111111 ]                 [-10.3997283795375]
[                  ]                 [                  ]
[ 2.07076923076923 ]                 [4.79972622763516 ]

                                     Решение получено за 10 итераций
```

Рис. 6. Результат решения методом Зейделя на Python

$$A := \begin{pmatrix} 5.94 & 0.8 & 0.6 & -3.96 & 0.2 & 0.3 \\ 2.97 & 6.4 & 0 & -2.97 & 0.2 & 0.2 \\ 2.97 & 3.5 & 8.7 & 1.98 & 0.2 & 0 \\ 4.95 & 1.6 & 1.2 & -8.91 & 0.8 & 0.3 \\ -0.99 & 2.5 & 1.1 & -3.96 & 9 & 0.4 \\ 5.94 & 1.4 & 2.4 & 0 & 3.2 & 13 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 11.44 \\ -54.75 \\ -4.64 \\ 20.47 \\ -95.86 \\ 26.92 \end{pmatrix} \quad x := \mathrm{lsolve}(A, b) \quad x = \begin{pmatrix} 0.141 \\ -10.4 \\ 4.8 \\ -4.212 \\ -10.4 \\ 4.8 \end{pmatrix}$$

Рис. 7. Результат решения СЛАУ методом Зейделя в системе Mathcad

По сопоставлению результатов можно судить о правильности работы программы на языке Python.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 840 с.
2. Документация по *SymPy*. *URL*: https://docs.sympy.org/latest/index.html

Поступила 15.03.2024

УДК 004.94

Н.А. Вехтева, А.А. Волков, А.Ю. Свешников

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРОВЕРКИ ДАННЫХ О ДВИЖЕНИИ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ МЕХАНОТЕРАПИИ

В статье рассматриваются способы реабилитации опорно-двигательного аппарата, в частности использование механотерапии с помощью роботизированных манипуляторов. Рассмотрена возможность тестирования алгоритмов их работы с помощью данных захвата движений человека и использования анимации симуляции в Blender 3D. Результаты исследований позволяют улучшить процесс реабилитации посредством анализа и коррекции движений пациентов.

Нарушения опорно-двигательного аппарата человека требуют комплексного лечения, которое обычно включает в себя несколько этапов.

Диагностика и оценка состояния. На этом этапе определяются необходимые методы лечения и разрабатывается индивидуальный план реабилитации.

Медикаментозное лечение. В зависимости от диагноза может быть назначена медикаментозная терапия для снятия боли, воспаления, улучшения кровотока и укрепления костей.

Оперативное хирургическое вмешательство, например, при травмах или деформациях костей и суставов.

Физиотерапия и лечебная гимнастика. Важным этапом является проведение физиотерапевтических процедур, массажа, лечебной гимнастики и упражнений для укрепления мышц и восстановления подвижности суставов.

Лечебная физкультура и реабилитация. Выполнение специального комплекса упражнений, направленных на улучшение подвижности суставов, укрепление мышц и коррекцию осанки.

Для достижения положительных результатов в лечебной физкультуре применяются современные технологии, такие как электронно-механические тренажеры. Использование тренажеров относится к одному из методов механотерапии [1]. Они обеспечивают механическое воздействие на ткани для улучшения их состояния, настраиваются индивидуально под потребности каждого пациента и способствуют повышению силы, гибкости и выносливости мышц. Использование механических устройств при реабилитации опорно-двигательного аппарата становится все более распространенным и эффективным методом лечения и восстановления после травмы или операции.

Наиболее распространены тренажеры на основе роботизированных манипуляторов, которые используют передовые технологии, такие как искусственный интеллект, виртуальная реальность и биомеханика. Системы на основе манипуляторов – это роботизированные устройства, снабженные особым интерфейсом, который механически ограничивает дистальную часть конечности человека [2]. Их применение позволяет сократить время реабилитации и уменьшить риск осложнений.

На рынке присутствуют различные технологические подходы к организации процессов реабилитации [3]. Одним из таких подходов является использование интерактивных тренажеров, которые объединяют в себе преимущества роботизированных манипуляторов и виртуальной реальности для улучшения двигательных навыков с помощью погружения в виртуальную среду, где выполняются упражнения для тренировки баланса, координации и подвижности.

Алгоритмы управления механическими устройствами должны учитывать естественные движения, уникальные особенности и потребности каждого человека для предотвращения неправильной активности. Тренажер должен обеспечивать абсолютную безопасность пациента, включая калибровку и обучение правильной технике выполнения упражнений перед началом занятий.

Получение данных для калибровки и проверка их корректности может быть сложной задачей. Тренажер должен исправить походку человека, а не усугубить диагноз или даже навредить здоровью пациента.

Рассмотрим возможность применения технологий при реабилитации пациентов с нарушением опорно-двигательного аппарата нижних конечностей, а конкретно, способы получения и методы проверки данных для управления техническими средствами реабилитации.

Во время разработки системы реабилитации с помощью интерактивных тренажеров был предложен метод, основанный на получении данных о перемещении человека при ходьбе с помощью костюма захвата движения. После сбора и валидации данных их необходимо обработать для использования в роботизированной системе. Для обеспечения безопасности и эффективности лечения необходимо контролировать качество данных и работу системы в целом. Это включает проверку точности и надежности работы манипулятора, а также оценку результатов лечения.

Для проверки эффективности алгоритмов в роботизированных манипуляторах необходимо применить различные методы тестирования. Например, можно начать с проведения лабораторных испытаний с использованием имитационных систем, а затем провести клинические исследования на пациентах, чтобы оценить результаты лечения. Важно сначала протестировать алгоритмы в контролируемых условиях лаборатории и только после этого перейти к испытаниям в реальных условиях.

Имитировать движения человека можно с помощью программам, которые позволяют создать модель тела человека и манипулировать его движениями. Наиболее распространенными и профессиональными являются коммерческая программа *AnyBody Modeling System* и *AnyBody Managed Model Repositories* от *AnyBody Technology*, и открытая платформа *OpenSim* [4; 5]. С их помощью можно создать наиболее достоверную модель движения человека. Программы достаточно сложны в освоении и требуют особых навыков, например, знание анатомии.

Поэтому для первоначальных исследований было решено использовать открытый программный продут с более упрощенным интерфейсом и механизмом взаимодействия с пользователем, а именно *Blender* 3*D*. В данной программе есть возможность загрузки исходных данных (положения точек, их скорости и т. д.) для анимации из внешних источников, средства для анимации и визуализации, а также присутствует система симуляции физических свойств объектов. В программе *Blender* одной из ключевых функций является создание арматуры, которая позволяет анимировать модели. Арматуру в *Blender* можно рассматривать как подобную арматуре настоящего скелета, которая может состоять из множества костей. Эти кости можно перемещать, и все, к чему они прикреплены или с чем связаны, будет двигаться и деформироваться аналогичным образом.

Сначала нужно анимировать спроектированную модель тренажера в соответствии с данными костюма захвата движений [6]. Для этого создается набор костей для различных частей модели. Для упрощения этого процесса был добавлен объект-пустышка, к которому были привязаны все кости для создания инверсной кинематики. Затем анимация скелета костюма связывается с новыми костями модели тренажера.

Модель человеческой ноги была поделена на три части: таз, бедро, голень. Для бедра и голени, а также для крепежей цифровой модели тренажера были использованы настройки физики твердого тела для имитации воздействия реального тренажера на тело человека. Для визуализации связок между этими частями использовалась вспомогательная связка полигонов. Их краевые вершины были закреплены крюками (*Hook*). Модификатор *Hook* используется для деформации сетки, кривой или решетки с использованием другого объекта. Так был достигнут эффект мягких тканей.

Подбор значений для анимации физики твердого тела во время эксперимента был субъективным и не привел к ожидаемым результатам. Было установлено, что полученные данные о движении, перенесенные на цифровую модель тренажера, могут представлять

опасность для человека, к примеру, виртуальные части ног двигались неестественным образом в районе коленного сустава (рисунок).

Рис. Демонстрация визуализации работы виртуального тренажера

Использование интерактивных тренажеров в реабилитации представляет собой перспективный подход для улучшения двигательных навыков пациентов. Однако необходимо уделить особое внимание подбору данных для управления системой, обеспечивая точность и безопасность процесса. Проведенные эксперименты позволили выявить недостатки текущего подхода и выявить направления для будущего усовершенствования системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских VR-тренажерных систем для опорно-двигательной реабилитации с биологической обратной связью (FEMU-2024-0001)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбак Л.А. [и др.] Разработка автоматизированной системы для реабилитации нижних конечностей. 2021.
2. Трифонов А.А., Петрунина Е.В., Серебровский А.В. Роботизированные устройства в биотехнических системах нейрореабилитации // Юность и знания – гарантия успеха. 2021. 2021. № 2. С. 268-280.
3. *Volkov A. et al. Development of a musculoskeletal rehabilitation system integrated with virtual reality //AIP Conference Proceedings. AIP Publishing,* 2023. Т. 2948. №. 1.
4. Оценка мышечной силы при клиническом анализе походки с использованием *AnyBody* и *OpenSim* / Тринлер У. [и др.] //Журнал биомеханики. 2019. Т. 86. С. 55-63.
5. Сходства и различия между скелетно-мышечным моделированием *OpenSim* и системой моделирования *AnyBody* / Ким Ю. [и др.] //Журнал механических наук и технологий. 2018. Т. 32. С. 6037-6044.
6. *Obukhov A.D. et al. Human motion capture algorithm for creating digital shadows of the movement process // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing,* 2022. Т. 2388. № 1. С. 012033.

Поступила 15.03.2024

УДК 004.421.2

Д.А. Новиков

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ СКАНИРОВАНИЯ

В арсенале современной вычислительной математики имеются различные методы решения нелинейных уравнений, реализованные в ряде прикладных математических систем. В статье представлен алгоритм решения нелинейных уравнений методом сканирования, в том числе для случая нахождения кратных корней. Рассматривается реализация данного метода на языке Python (свободное программное обеспечение), выполняется сопоставление с результатами, полученными с помощью системы Mathcad (лицензионное программное обеспечение).

Актуальность работы обусловлена тем, что, во-первых, данная задача часто встречается при математическом моделировании различных объектов и процессов, а, во-вторых, необходимостью перевода накопленного алгоритмического и программного обеспечения на отечественные или свободные платформы разработки.

Метод сканирования является довольно простым алгоритмом приближенного решения нелинейных уравнений путем перебора. Рассмотрим этот алгоритм для нахождения одного корня на выбранном интервале (отрезке локализации). Корень будет найден с некоторой погрешностью ε, в соответствии с которой отрезок локализации делится на интервалы равные этой погрешности. После чего вычисляются значения функции на концах каждого отрезка и находится отрезок с противоположными по знаку значениями функций на его концах. В качестве корня можно взять любую точку найденного отрезка, так как значение погрешности решения не будет превышать заданной. Чтобы повысить эффективность метода сканирования используют поэтапный выбор шага разбиения интервала. Для начала берут шаг разбиения в несколько раз превышающий значение погрешности ε и находят отрезок с изменением знака функции на его концах. На следующем этапе проводят разбиение найденного отрезка с уменьшенным шагом. Так повторяют до тех пор, пока значение шага не станет меньше значения погрешности [1].

В приведенном алгоритме есть один существенный недостаток, проявляющийся в случае кратного корня, т.е. когда корнем уравнения является точка касания графика функции с осью *OX*. При таких условиях не возникнет ситуации смены знака функции на всем интервале, откуда следует, что алгоритм приведет к неверному решению.

Разберем способ устранения выявленного недостатка на методе сканирования с поэтапным выбором шага разбиения. Итак, чтобы избежать ситуации, приводящей к ошибке, можно среди найденных значений функций искать наименьшее, а на следующем этапе рассматривать отрезок, центром которого является найденное значение.

Рассмотрим применение модифицированного алгоритма сканирования на языке *Python*. Код реализованной функции представлен на рис. 1.

Для проверки воспользуемся встроенной в пакет *Mathcad* функцией *root*(), которая находит корень в уравнении с одной переменной, используя приближенное решение. Сначала найдем решение уравнения с двумя простыми корнями в пакете *Mathcad* (рис. 2) и с помощью написанной функции, вызвав ее два раза с различными интервалами (рис. 3). В обоих случаях укажем погрешность в 5 знаков после запятой. Можем заметить, что результаты идентичны. Продолжим экспериментировать и теперь найдем решение уравнения с одним корнем в точке касания графика функции с осью *OX*, используя ту же погрешность в 5 знаков после запятой. Можем заметить, что результаты идентичны (рис. 4, 5). Рассмотрим еще одно уравнение с одним корнем в точке касания графика функции с осью *OX*, но на этот раз установим погрешность в 10 знаков. Следует обратить внимание, что уже на пятом знаке после запятой результаты не совпадают (рис. 6, 7).

Таким образом метод сканирования может быть модифицирован для приближенного

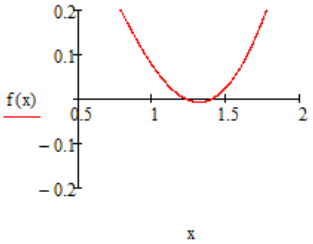
решения нелинейных уравнений с учетом кратных корней, являющихся точкой касания графика функции с осью *OX*. Но стоит учитывать, что рассматриваемый метод обладает небольшой точностью и невысокой скоростью сходимости.

```
# На вход методу поступает фунция, граница интервала, заданная погрешность
def scan(f, a, b, e):
    d = abs(a - b) / 10  # Начальный шаг сканирования
    k = 1  # Счётчик итераций
    k_max = 10 ** 6  # Максимально допустимое количество итераций
    an = a  # Левая граница отрезка используемая в цикле
    bn = b  # Правая граница отрезка используемая в цикле
    f_min = 10 ** 6   # Минимальное значение функции
    x_min = 10 ** 6   # Минимальное определение функции

    while (d >= e) and (k < k_max):

        # Поиск смены знака функции
        f_ad = f(an + d)
        f_a = f(an)
        while (f_a * f_ad > 0) and (an + d <= bn) and (k < k_max):
            an += d
            f_a = f(an)
            f_ad = f(an + d)
            if abs(f_a) < f_min:
                f_min = abs(f_a)
                x_min = an
            k += 1

        # Если превышено максимально допустимое количество итераций,
        # то выходим из цикла
        if k >= k_max:
            return [an, k]

        # Если смена занка найдена,
        # то необходимо изменить правую границу отрезка
        if f_a * f_ad < 0:
            bn = an + d
            d = abs(an - bn) / 10

        # Иначе изменяем оба конца отрезка прибавляя и вычитая шаг
        # из значения "x", при котором функция минимальна
        else:
            an = x_min - d
            bn = x_min + d
            d /= 10

        k += 1

    # На выходе фунции получаем найденный корень и
    # количество произведённых итераций
    return [an, k]
```

Рис. 1. Реализованная функция на языке Python

Уравнение - $f(x) := \cos(x)^2 - 0.5\cdot\cos(x) + \frac{1}{18}$

Локализация корней грфически



Погрешность - $\varepsilon := 10^{-5}$

Переопределим значение погрешности для всторенной функции: $TOL := \varepsilon$

$x0 := 0.5$ - задание начального приближения для первого корня

1-ый корень - $root(f(x0), x0) = 1.23096$

$x0 := 2.2$ - задание начального приближения для второго корня

2-ой корень - $root(f(x0), x0) = 1.40335$

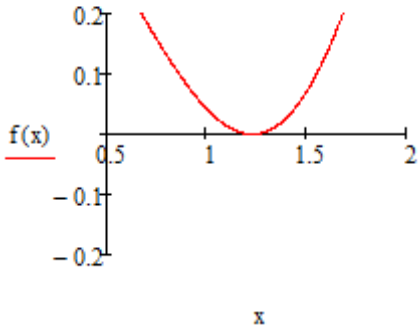
Рис. 2. Решение в пакете Mathcad уравнения с двумя простыми корнями

```
Решение уравнения cos(x)^2 - 0.5*cos(x) + 1/18 = 0
Корень 1 - 1.23096 найден за 32 итераций
Корень 2 - 1.40335 найден за 29 итераций
```

Рис. 3. Решение написанной функцией уравнения с двумя простыми корнями

Уравнение - $f(x) := \cos(x)^2 - \frac{2}{3}\cdot\cos(x) + \frac{1}{9}$

Локализация корней грфически



Погрешность - $\varepsilon := 10^{-5}$

Переопределим значение погрешности для всторенной функции: $TOL := \varepsilon$

$x0 := 0.5$ - задание начального приближения для первого корня

1-ый корень - $root(f(x0), x0) = 1.23095$

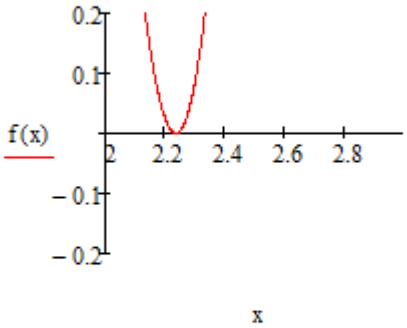
Рис. 4. Решение в пакете Mathcad уравнения с кратным корнем

```
Решение уравнение cos(x)^2 - 2*cos(x)/3 + 1/9 = 0
Корень 1 - 1.23096 найден за 93 итераций
```

Рис. 5. Решение написанной функцией уравнения с кратным корнем

Уравнение - $f(x) := x^4 - 10 \cdot x^2 + 25$

Локализация корней грфически



Погрешность - $\varepsilon := 10^{-5}$

Переопределим значение погрешности для всторенной функции: $TOL := \varepsilon$

$x0 := 0.5$ - задание начального приближения для первого корня

1-ый корень - $root(f(x0), x0) = 2.2360827366$

Рис. 6. Решение в пакете Mathcad уравнения с кратным корнем и малой погрешностью

```
Решение уравнение x ** 4 - 10 * x ** 2 + 25 = 0
Корень 1 - 2.2360679600 найден за 161 итераций
```

Рис. 7. Решение написанной функцией уравнения с кратным корнем и малой погрешностью

Работа выполнена под руководством доцента кафедры ИСПИ, канд. техн. наук, доц. Кирилловой Светланы Юрьевны, ФГБОУ ВО «ВЛГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 840 с.

Поступила 15.03.2024

УДК 004.773

Д.Е. Грекова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РАБОТЫ С RSS-ЛЕНТАМИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Данная статья представляет собой сравнительный анализ различных платформ, предназначенных для работы с RSS-лентами. RSS является одним из способов получения новостей и обновлений с различных веб-сайтов и блогов. Цель исследования заключается в выявлении преимуществ и недостатков платформ для работы с RSS-лентами с целью помочь пользователям выбрать наиболее подходящий сервис в соответствии с их потребностями.

RSS (в переводе с англ. *Really Simple Syndication* – просто сбор информации) – набор форматов данных, основанных на *XML*, которые позволяют собирать и предоставлять информацию из различных источников в удобном для пользователя виде. Он используется для передачи новостных лент, обновлений блогов, анонсов новых статей и другой информации. Программы-агрегаторы обрабатывают данные из *RSS*, позволяя пользователям легко следить за обновлениями на различных сайтах и блогах, не заходя на них напрямую.

С развитием различных платформ для работы с *RSS*-лентами пользователи столкнулись с выбором между различными вариантами программ и сервисов. Это привело к появлению вопроса о том, какую именно платформу использовать для получения и управления информацией с различных источников. Существует множество платформ для работы с *RSS*-лентами, и каждая из них имеет свои особенности и преимущества. Давайте подробно рассмотрим несколько из них.

Первая платформа это *Feedly*. Она представляет собой удобный инструмент для чтения новостей, который позволяет организовывать и синхронизировать свои *RSS*-ленты между различными устройствами. Сервис предлагает чистый и интуитивно понятный интерфейс, который упрощает процесс поиска, чтения и организации контента [1].

Особенности *Feedly*:

– сохранение статей – пользователи могут сохранять интересные статьи для последующего прочтения или архивирования;

– уведомления – *Feedly* предоставляет уведомления о новых обновлениях в подписанных лентах, позволяя пользователям быть в курсе последних событий;

– коллекции – сервис предлагает возможность создания коллекций (группировка по тематике или интересам).

Преимущества *Feedly*:

– простота использования – *Feedly* обладает простым и понятным интерфейсом, что делает его доступным для широкого круга пользователей;

– персонализация – пользователи могут настроить свой поток новостей, фильтровать контент по интересам и предпочтениям, что позволяет получить более релевантную информацию;

– синхронизация – *Feedly* позволяет синхронизировать подписки и сохраненные статьи между различными устройствами (веб-версия, мобильное приложение, расширение для браузера);

– организация контента – пользователи могут организовывать свои *RSS*-ленты в категории и подкатегории, что упрощает навигацию и поиск интересующей информации.

Недостатки *Feedly*:

– ограничение в бесплатной версии – некоторые продвинутые функции доступны только в платной версии;

– зависимость от сторонних источников – изменения в работе сторонних сервисов могут отразиться на доступности контента в *Feedly*.

Вторая платформа, которую мы рассмотрим, это *Inoreader*. Она является удобным инструментом, который позволяет собирать и организовывать контент из различных источников в одном месте. Он обеспечивает легкий доступ ко всей интересующей информации [2].

Особенности *Inoreader*:

– уведомления и резюме – сервис предоставляет уведомления об обновлениях в подписанных лентах, а также резюме новостей на основе наиболее важных событий;

– совместная работа – *Inoreader* позволяет совместно работать над подписками и обмениваться контентом с другими пользователями через сеть общих публичных каналов.

Преимущества *Inoreader*:

– мощные функциональные возможности – *Inoreader* предлагает широкий спектр функций, включая фильтрацию контента, поиск, метки, уведомления и многое другое, что делает его одним из наиболее мощных инструментов для работы с *RSS*-лентами;

– удобство использования;

– синхронизация между устройствами;

– персонализация.

Недостатки *Inoreader*:

– ограничение в бесплатной версии;

– перегрузка интерфейса – для новых пользователей некоторые функции и возможности могут показаться излишне сложными из-за большого количества функциональных возможностей.

Следующая платформа, которую стоит упомянуть, это *Flipboard*. Благодаря ей пользователь может создавать персонализированные журналы и просматривать контент из различных источников в удобном формате. Она интегрирует функции социальных сетей и кураторства контента, предлагая уникальный способ получения информации [3].

Особенности *Flipboard*:

– удобный формат чтения – платформа представляет контент в журнальной макетной странице, которая делает чтение более удобным и приятным;

– социальные функции – пользователи могут подписываться на журналы других пользователей, делиться интересными статьями и комментировать их;

– сбор информации – пользователи могут собирать статьи и другой контент в свои персональные журналы, чтобы организовать информацию по своим интересам.

Преимущества *Flipboard*:

– персонализация;

– удобство чтения – контент предоставляется в виде журнала, что делает чтение более приятным и удобным, чем простое просматривание новостных лент;

– мультиплатформенность – *Flipboard* поддерживает множество устройств и доступен на различных платформах;

– кураторство контента. Пользователи могут создавать свои собственные журналы и делиться ими с другими, что способствует кураторству контента и обмену информацией.

Недостатки *Flipboard*:

– ограниченность источников – возможно, не все желаемые источники доступны на Flipboard из-за ограничений или отсутствия поддержки;

– зависимость от алгоритмов – пользователь может столкнуться с ограничениями в контенте, предлагаемыми алгоритмами платформы, что может ограничить разнообразие информации;

– иногда алгоритмы могут ошибаться в подборе контента, что может привести к показу пользователю неактуальной или неподходящей информации;

– *Flipboard* иногда может быть слишком избирательным в подборе контента, что может привести к упущению интересной информации.

Далее рассмотрим онлайн платформу *Netvibes*, предоставляющая возможность

создания персонализированных дашбордов (интерфейсов) для управления информацией из различных источников в реальном времени. Основным инструментом являются *RSS*-ленты, позволяющие пользователю подписаться на различные новостные и информационные источники, блоги, веб-сайты и получать обновления на своем дашборде [4].

Особенности *Netvibes*:

– *RSS*-ленты, возможность подписки на *RS*-ленты;

– Виджеты – пользователи могут добавлять на свой дашборд различные виджеты (погода, почта, календарь и т.д.).

Преимущества *Netvibes*:

– персонализация;

– удобство использования;

– реальное время – пользователи могут получать обновления из различных источников в реальном времени, что позволяет быстро следить за актуальной информацией;

– централизованное управление – *Netvibes* позволяет объединить различные онлайн-сервисы и источники информации на одном дашборде, обеспечивая централизованное управление данными.

Недостатки *Netvibes*:

– ограниченные возможности бесплатной версии;

– зависимость от онлайн-сервиса, поскольку *Netvibes* – это онлайн-платформа, ее использование требует постоянного доступа к интернету, что может быть неудобно в случае отсутствия интернет-соединения;

– возможны временные проблемы с доступом к сервису или его работе из-за технической причины.

Последняя платформа, которую мы проанализируем, это веб-платформа *The Old Reader*. Она предлагает пользователям возможность подписываться на *RSS*-ленты своих любимых веб-сайтов и следить за обновлениями в удобном формате. Данный сервис был создан как альтернатива *Google Reader* после того, как *Google* закрыл свой сервис *RSS* в 2013 году [5].

Особенности *The Old Reader*:

– организация подписок – пользователи могут организовывать свои подписки в различные категории и метки для удобства навигации;

– уведомления – пользователи могут настраивать уведомления для получения оповещений о новых обновлениях в выбранных *RSS*-лентах;

– интеграция социальных сетей – *The Old Reader* позволяет пользователям подключить свои аккаунты социальных сетей для обмена контентом или просмотра обновлений друзей.

Преимущества *The Old Reader*:

– простота использования.

– бесплатная версия – базовая функциональность *The Old Reader* является бесплатной, что делает ее доступной для всех пользователей;

– импорт из *Google Reader*. Платформа предоставляет возможность импортировать данные из *Google Reader*, что упрощает переход пользователям, ранее использующим этот сервис;

– совместное использование – пользователи могут делиться своими подписками с другими пользователями и просматривать обновления в режиме реального времени.

Недостатки *The Old Reader*:

– хотя базовая функциональность предоставляется бесплатно, некоторые дополнительные функции могут быть доступны только в платной версии;

– в отличие от некоторых других платформ *The Old Reader* может предлагать ограниченное количество интеграций с другими приложениями или сервисами;

– некоторые пользователи могут замечать, что развитие и обновление платформы

могут быть не такими активными, как у конкурентов.

Сравнительный анализ различных платформ для работы с *RSS*-лентами позволил выявить важные особенности и характеристики каждой их них. Проанализировав преимущества и недостатки этих платформ, можно сделать вывод о том, что выбор оптимального инструмента зависит от потребностей и целей пользователя.

Работа выполнена под руководством старшего преподавателя кафедры ИСПИ Шамышева А.А. ФГБОУ ВО «ВлГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *RSS Builder - Feedly Documentation* [Электронный ресурс] // Официальный сайт *Feedly*. *URL*: https://docs.feedly.com/category/592-rss-builder (дата обращения: 13.03.2024).
2. *Features | Inoreader* [Электронный ресурс] // Официальный сайт *Inoreader*. *URL*: https://www.inoreader.com/features/ (дата обращения: 14.03.2024).
3. *New*! — *Flipboard Help Center* [Электронный ресурс] // Официальный сайт *Flipboard*. *URL*: https://flipboard.helpshift.com/hc/en/1-flipboard/section/118-new/ (дата обращения: 15.03.2024).
4. Руководство пользователя для *Netvibes* [Электронный ресурс] // *ManualsBrain*. *URL*: https://manualsbrain.com/ru/manuals/783317/?page=2 (дата обращения: 14.03.2024).
5. *The Old Reader | The Old Reader* 101 [Электронный ресурс] // Официальный сайт *The Old Reader*. *URL*: https://theoldreader.com/pages/tour (дата обращения: 15.03.2024).

Поступила 15.03.2024

УДК 004.043

А.А. Пимкина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫГРУЗКИ ДАННЫХ В ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАБЛИЦЫ

В данной статье рассматриваются основные методы выгрузки данных в электронные таблицы, включая экспорт в форматах Excel (XLSX, XLS), CSV (Comma Separated Values), API (Application Programming Interface), использование специализированных инструментов и платформ. Описываются преимущества и недостатки каждого метода. Проведенный сравнительный анализ показал, что оптимальный метод выгрузки данных в электронные таблицы зависит от требований проекта, доступных ресурсов и навыков.

В настоящее время электронные таблицы играют большую роль в организации и анализе данных. Умение эффективно выгружать данные из различных источников в электронные таблицы является важным навыком. Существуют несколько методов, с помощью которых данные могут быть выгружены в электронные таблицы.

Рассмотрим основные методы выгрузки данных: экспорт в *Excel* (*XLSX, XLS*), экспорт в *CSV* (*Comma Separated Values*), использование *API* (*Application Programming Interface*), использование специализированных инструментов и платформ. Выделим преимущества и недостатки.

Для начала рассмотрим экспорт в *Excel* (*XLSX, XLS*). Это процесс преобразования данных из текущего формата в формат, который совместим с приложением *Microsoft Excel*. Стандартными форматами файлов для сохранения данных в *Excel* являются форматы *XLSX* и *XLS*. Этот процесс позволяет передавать данные из других источников (баз данных, веб-сайтов, программного обеспечения) в электронные таблицы *Excel* для дальнейшего анализа и

обработки. Экспорт в *Excel* подразумевает сохранение данных в файл с расширением .xlsx или *.xls*. Формат *XLSX* представляет собой более современный формат, который поддерживает более крупные файлы и имеет более эффективное сжатие данных. Формат *XLS*, хотя и старее, но все еще поддерживается в последних версиях *Excel* [1].

Экспорт данных в *Excel* форматы (*XLSX, XLS*) имеет как преимущества, так и недостатки. Рассмотрим основные из них:

Преимущества:

– полный функционал *Excel* – форматы *XLSX* и *XLS* поддерживают полный набор функций (таблицы, графики, формулы и другие возможности анализа и визуализации данных). Это позволяет пользователям выполнять сложные манипуляции с данными непосредственно в Excel;

– широкая совместимость – форматы *XLSX* и *XLS* поддерживаются большинством программных продуктов для работы с электронными таблицами. Это обеспечивает удобство обмена данными между различными системами и пользователями;

– удобство использования – *Excel* является широко распространенным и привычным инструментом для работы с данными, что делает экспорт в этот формат простым и удобным;

– возможность автоматизации – экспорт в форматы *Excel* может быть автоматизирован с использованием различных программных инструментов и скриптов, что упрощает процесс обработки и анализа данных.

Недостатки:

– размер файлов – файлы *Excel* могут быть крупными по размеру, особенно при наличии большого объема данных или сложных формул. Это может затруднить передачу или хранение данных;

– ограничения по производительности – работа с большими файлами *Excel* может привести к снижению производительности приложения.

Также существует экспорт в *CSV* (*Comma Separated Values*) – это метод представления структурированных данных в текстовом формате, где каждая строка соответствует строке данных, а значения разделены запятыми. Формат *CSV* широко используется для обмена данными между различными программами, базами данных и системами информационного хранения [2].

Преимущества:

– простота использования – формат *CSV* представляет собой обычный текстовый файл, где значения разделены запятыми, что делает его простым для создания, чтения и обработки как человеком, так и компьютером без необходимости специального программного обеспечения;

– универсальность – файлы *CSV* могут быть прочитаны и обработаны большинством программ, включая электронные таблицы, базы данных, статистические пакеты. Это делает *CSV* универсальным форматом для обмена данными между различными системами;

– эффективность по размеру файла – файлы *CSV* имеют меньший размер по сравнению с другими форматами данных, такими как *Excel* или *JSON*. Это особенно полезно при передаче больших объемов данных через сеть или при хранении на диске;

– простота интерпретации – легко читаемое и понятное содержимое файла *CSV*, т.к. он представляет собой простую табличную структуру.

Недостатки:

– ограниченность формата – данный формат ограничен в своих возможностях, поскольку он не поддерживает сложные структуры данных, форматирование или формулы, которые могут присутствовать в электронных таблицах или базах данных;

– проблемы с разделителями – если данные содержат запятые в качестве части текста (текстовые поля), это может привести к неправильному разделению значений при

чтении файла *CSV*.

Рассмотрим третий метод: использование *API* (*Application Programming Interface*) для выгрузки данных в электронные таблицы представляет собой процесс автоматической передачи данных из различных источников программного обеспечения или сервисов таблицы, доступные для работы в приложениях электронных таблиц, таких как *Microsoft Excel, Google Sheets* [2].

Преимущества:

– автоматизация процесса – использование *API* позволяет автоматизировать процесс выгрузки данных, что сокращает ручной труд и время;

– гибкость и масштабируемость – *API* предоставляет широкий спектр возможностей для настройки запросов и получения нужных данных из различных источников;

– работа в реальном времени – использование *API* позволяет получать данные в реальном времени, что обеспечивает актуальность информации в электронной таблице и возможность быстрого реагирования на изменения данных;

– обработка больших объемов данных – *API* позволяет обрабатывать большие объемы данных из различных источников, что является полезным инструментом для работы с крупными наборами данных.

Недостатки:

– необходимость в технических навыках – использование *API* требует понимания принципов программирования и работы с внешними интерфейсами;

– сложность настройки – интеграция с некоторыми *API* может потребовать дополнительной настройки и конфигурации, особенно если требуется обработка сложных запросов или обработка данных;

– ограничения и доступ к *API* – некоторые *API* могут иметь ограничения по количеству запросов, доступу к определенным данным или требовать аутентификации, что может затруднить получение данных или увеличить сложность процесса.

Последним рассмотренным методом в данной статье является использование специализированных инструментов и платформ для выгрузки данных, которое подразумевает применение специализированных программных решений или онлайн-платформ для сбора, обработки и передачи данных из различных источников в электронные таблицы. Эти инструменты обычно предоставляют расширенные функции для работы с данными, автоматизации процессов и интеграции с различными источниками данных. Примерами таких инструментов и платформ являются: *Zapier, Microsoft Power Automate, Talend* [1].

Преимущества:

– расширенные возможности обработки данных – специализированные инструменты и платформы предоставляют широкий спектр инструментов для обработки и преобразования данных из различных источников. Это может включать в себя фильтрацию, агрегацию, трансформацию данных;

– интеграция с различными источниками данных – эти инструменты обеспечивают возможность интеграции с различными источниками данных, включая базы данных, облачные хранилища и другие;

– масштабируемость и производительность – данные инструменты обеспечивают высокую производительность и масштабируемость для обработки больших объемов данных. Могут эффективно работать с крупными наборами данных и обеспечивать высокую скорость выполнения операций.

Недостатки:

– сложность настройки и использования – некоторые специализированные инструменты могут требовать дополнительных знаний и навыков для их настройки и использования;

– затраты на лицензии и обслуживание – некоторые инструменты могут быть

платными или требовать определенных затрат на лицензии и обслуживание.

В ходе сравнительного анализа различных методов выгрузки данных в электронные таблицы были выявлены преимущества и недостатки, которые важно учитывать при выборе наиболее подходящего подхода.

В заключение можно сказать, что выбор конкретного метода выгрузки данных в электронные таблицы зависит от конкретных потребностей и требований проекта, доступных ресурсов и уровня технической подготовки. В некоторых случаях может быть целесообразно использовать простые методы экспорта файлов таблиц для быстрого доступа к данным, в то время как в других случаях более предпочтительным может быть использование API или специализированных инструментов для обеспечения большей гибкости, автоматизации и расширенных возможностей обработки данных.

Работа выполнена под руководством старшего преподавателя кафедры ИСПИ Шамышева А.А. ФГБОУ ВО «ВлГУ им А.Г. и Н.Г. Столетовых».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Простой экспорт в *Excel XLSX* [Электронный ресурс] // База знаний Хабр. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/236107/ (дата последнего обращения: 13.03.2024)
2. Как экспортировать данные *Excel* в *CSV* [Электронный ресурс] // Компания *ExtendOffice*. Режим доступа: https://ru.extendoffice.com/documents/excel/613-excel-export-to-csv%20file.html?ysclid=ltreyatvnl316244287 (дата последнего обращения: 14.03.2024)

Поступила 15.03.2024

УДК 004.932.2 + 658.562.3

С.В. Кузнецов, Д.И. Некрасов, К.А. Федосеева

УЛУЧШЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОКАТЫШЕЙ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

В статье определяется необходимость автоматического распознавания окатышей, рассматривается программа с их распознаванием. В качестве цели работы указана модификация имеющейся программы с помощью повышения контрастности на изображении и сравнение результатов работы программы до модификации и после. Сделаны выводы по проделанной работе.

В настоящее время существующие технологии добычи полезных ископаемых не позволяют получать в качестве конечного продукта чистые минеральные ресурсы, последние отгружаются на дальнейшую переработку в совокупности с залегающими совместно с ними малоценными и неценными компонентами [1]. Таким образом, из плохой руды производятся окатыши – продукт обогащения железосодержащих руд и последующего окомкования и обжига. Впоследствии они продаются и реализуются на металлообрабатывающих производствах.

Объемы производства железорудных окатышей и их качество диктует конъюнктура рынка [2]. Для анализа производства окатышей является важным подсчет числа окатышей правильной формы и правильного размера. Однако ручное распознавание является утомительным и трудоемким для работников, поэтому задача автоматического распознавания окатышей является актуальной.

Для распознавания окатышей используется специально разработанное десктопное приложение на *Python*, которое обрабатывает изображения или видео, производит бинаризацию и исключает блики, а затем считает на изображении количество окатышей или пузырей и среднее расстояние между ними. Помимо обработки в приложении можно

изменять различные настройки, например, коэффициент бинаризации, минимальная и максимальная площадь обрабатываемого окатыша.

Проблема заключается в том, что существующая и отработанная технология распознавания бликов флотационных пен не позволяет в достаточной степени распознавать окатыши. Гипотезой исследования является то, что решение данной проблемы возможно за счет изменения контрастности исходного изображения. По идее, такое повышение контрастности должно привести к распознаванию тех бликов, которые до этого оказывались ниже порога бинаризации, поэтому целью работы является улучшение уже имеющегося программного обеспечения распознавания за счет изменения контрастности.

Для увеличения контрастности будем использовать адаптивный алгоритм, который заключается в создании адаптивной гистограммы для изображения. Для этого изображение разбивается на блоки размером 8 на 8, и для каждого блока строится отдельная гистограмма. Затем изображение преобразуется в формат *LAB*, где один канал представляет яркость, а два других – цвет. Выравнивание гистограмм применяется только к каналу яркости, после чего каналы объединяются, и производится обратное преобразование [3].

Сравним наше изображение с окатышами до добавления контраста и после.

Перед сравнением уделим внимание определению порога бинаризации, так как его значение существенно влияет на качество итогового изображения [4]. В качестве порога бинаризации возьмем значение 163 – при таком пороге распознано наибольшее число окатышей. Вывод профилей бинаризации представлен на рис. 1, где в первом столбце – порог бинаризации, а во втором – количество окатышей.

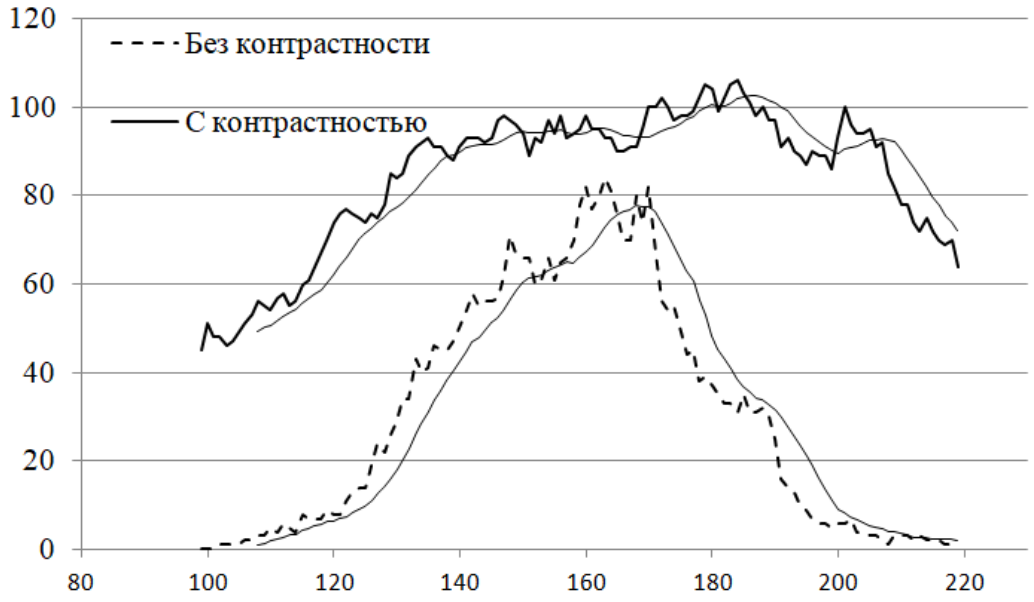


Рис. 1. Профили бинаризации (зависимость количества распознанных окатышей от порога бинаризации) без повышения контрастности и с повышением контрастности

В программе результат продемонстрирован на рис. 2.

Рис. 2. Распознавание окатышей без увеличения контраста

Теперь посмотрим, как будет изменяться количество окатышей с таким же порогом бинаризации в зависимости от коэффициента контрастности. На рис. 3 представлен график изменения количества окатышей в зависимости от контраста.

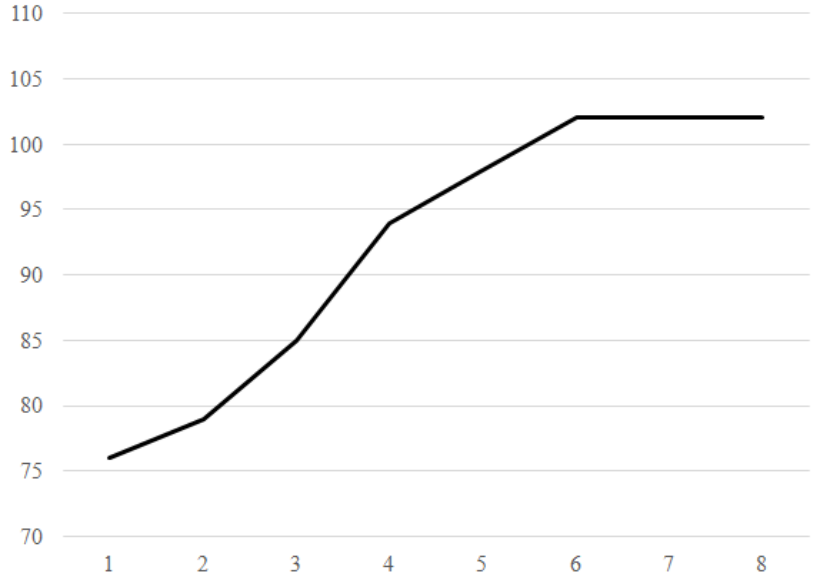


Рис. 3. Изменение количества распознанных окатышей в зависимости от уровня контрастности

Исходя из графика, с увеличением контраста распознается больше окатышей. Без добавления контрастности было распознано 84 окатыша, после добавления контраста с коэффициентом 7 или 8 – 102. Дальнейшее повышение коэффициента не приводит к росту количества распознаваемых окатышей.

Профиль бинаризации с учетом повышения контрастности (см. рис. 1, верхний график) тоже изменился. Оптимальный порог бинаризации сместился с 163 до 184. Важно, что профиль стал более плавный, то есть менее чувствительный к ошибке определения оптимального порога бинаризации. Это важно, так как на практике порог рассчитывается по регрессионной зависимости от средней освещенности кадра и не всегда соответствует оптимальному.

В программе результат с увеличением контраста и новым порогом бинаризации представлен на рис. 4.

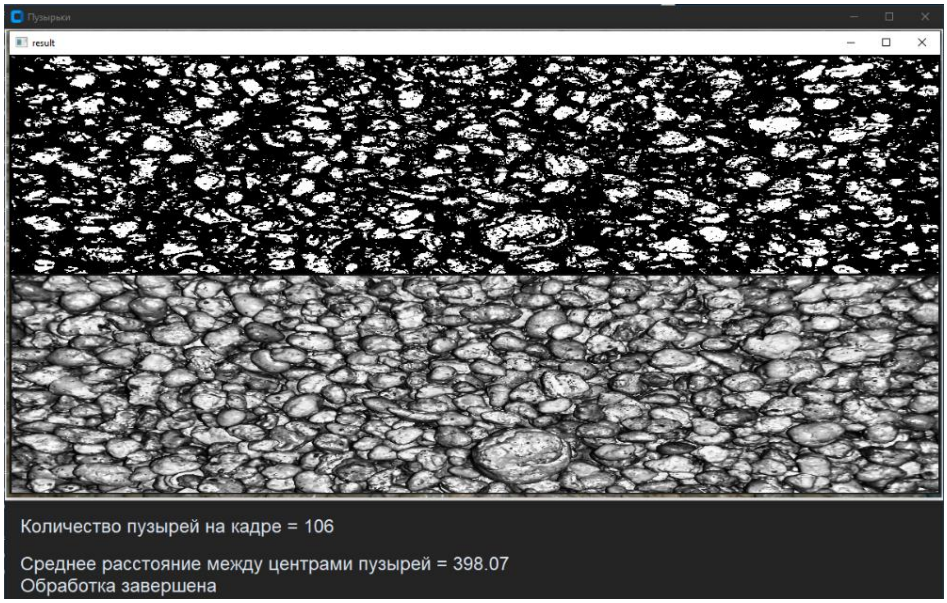


Рис. 4. Распознавание окатышей с увеличением контраста

Таким образом, гипотеза исследования подтверждена. Эксперимент, проведенный в ходе модификации программного обеспечения, показал, что адаптивное увеличение контрастности исходного изображения позволяет на данном конкретном изображении увеличить количество распознаваемых окатышей на 20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шек М.В., Морозов В.В., Литвинов А.Г. Распознавание объектов в минеральных продуктах // ГИАБ, 2015. № 11. С.330-335.

2. Алтынбаев Р.А., Гзогян С.Р., Мельникова Н.Д. Свойства железорудных окатышей под воздействием климатических условий // ГИАБ, 2002. № 1. С.76-80.

3. Бондина Н.Н., Мураров Р.Ю. Адаптивные алгоритмы фильтрации и изменения контраста изображения // Вестник Национального технического университета Харьковский политехнический институт. Серия: Информатика и моделирование. 2014. №. 35 С. 35-42.

4. Варламова С.А., Затонский А.В., Федосеева К.А. Исследование чувствительности к освещению метода бликового распознавания пен калийных флотационных машин // Обогащение руд. 2021. № 6. С. 29-33.

Поступила 15.03.2024

УДК 004.4.22

А.С. Косинов, К.А. Федосеева

СОЗДАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УЧЕТА ПРОКАТА ИНСТРУМЕНТА

В работе описываются возрастающая популярность проката строительного инструмента, а также необходимость эффективного учета аренды оборудования. Рассмотрены существующие способы учета и выявлены их основные недостатки. Определена необходимость разработки информационной системы для учета оборудования. Представлена диаграмма вариантов использования, в которой отражены функциональные требования к предложенной системе.

Прокат строительного инструмента в последнее время набирает все большую популярность. Это обусловлено несколькими факторами. Во-первых, прокат инструментов позволяет клиентам сэкономить деньги, так как им не нужно покупать дорогой инструмент, который они могут использовать только один или несколько раз. Вместо этого они могут арендовать его на время необходимое для выполнения конкретной задачи. Во-вторых, прокат инструментов предлагает большую гибкость, особенно в случаях, когда инструмент необходим на короткий период времени или для одноразового использования. Клиенты могут выбирать из широкого ассортимента инструментов, которые могут быть адаптированы к их потребностям. В-третьих, при прокате инструментов ответственность за обслуживание и ремонт оборудования лежит на компании, предоставляющей услуги проката. Это облегчает жизнь клиентов, освобождая их от необходимости самостоятельно заботиться о поддержании инструмента в рабочем состоянии. В-четвертых, прокат инструментов помогает снизить воздействие на окружающую среду, так как клиенты не покупают инструменты, которые после использования отправляются на свалку. Вместо этого оборудование используется многократно, что снижает количество отходов и сохраняет природные ресурсы.

Однако перед фирмами по прокату встает множество организационных вопросов, среди которых и учет аренды оборудования. Для сдачи в аренду оборудования необходимо вести его учет.

Наиболее распространенным способом ведения учета является учет с помощью специальных книг или тетрадей. Однако учет проката инструментов в журнале вручную имеет ряд недостатков:

- процесс учета проката инструментов вручную требует много времени и усилий;
- могут возникнуть ошибки или некорректные данные из-за человеческого фактора, например, неправильного ввода данных. Это может привести к финансовым потерям, юридическим проблемам или недовольству клиентов;
- ручное ведение учета проката инструментов не позволяет использовать современные технологии и инструменты для автоматизации процесса. Это означает, что информация о прокате не будет храниться в электронном виде, что затрудняет ее поиск и анализ;
- при ручном ведении учета проката инструментов трудно отслеживать информацию о клиентах, инструментах и сроках аренды.

Некоторые фирмы для учета используют простые программные средства, например такие как *Excel, Google Docs*. Однако возникают иные проблемы:

- в *Google Docs* и *Excel* трудно отслеживать историю изменений, так как они не предназначены для управления версиями и контроля доступа. Это может привести к потере информации и противоречиям;
- хотя оба эти сервиса обеспечивают некоторую защиту от несанкционированного доступа, они не обеспечивают такой же уровень безопасности, как специализированные системы учета;

- *Google Docs* и *Excel* не интегрированы с другими системами, такими как системы управления складом или системами управления заказами. Это означает, что информация не может быть легко передана между системами;
- инструменты *Google Docs* и *Excel* ограничены в своей функциональности по сравнению со специализированными системами учета проката. Например, у них нет функций для автоматического расчета оплаты, учета возвратов.

Исходя из вышеописанных проблем было предложено создать информационную систему для учета оборудования, переданного в аренду.

Цель работы – минимизация ошибок и сокращение времени работы за счет автоматизированного учета.

Исходя из цели были определены функции системы:

- формирование договора на аренду;
- хранение информации о клиентах;
- хранение информации об инструментах;
- создание заказов на аренду;
- управление инструментами (добавление, обновление);
- хранение информации о заказах;
- уведомление об окончании срока аренды;
- уведомление о сроках оплаты и неуплаты;
- уведомление о возвратах;
- формирование отчета о доходах;
- формирование отчета о статистике использования инструментов;
- формирование отчета об инвентаре;
- формирование отчета о расходах на ремонт и обслуживание инструментов:
- формирование отчета о заказах;
- формирование отчета о состоянии инструментов, сроках технического обслуживания, сроках службы инструмента, текущем статусе (в аренде, в доступе, на ремонте).

Важным этапом разработки информационной системы является создание функциональной модели, поскольку она определяет требования к системе, ее структуру и взаимосвязи между компонентами. Функциональная модель представляет собой графическое описание процессов, выполняемых системой, и включает в себя блок-схемы, диаграммы потоков данных, таблицы и другие элементы. Она помогает разработчикам понять, как система будет работать, какие функции она должна выполнять, и какие компоненты необходимы для ее реализации.

Для реализации функциональной модели была выбрана программа *Umbrello*. *Umbrello* – это интуитивно понятное и простое в использовании приложение для проектирования баз данных и моделирования сущностей. Оно предлагает ряд преимуществ, включая гибкость, возможность создания диаграмм различных нотаций, поддержку нормализации и обратное инженирование, а также обмен проектами с другими пользователями.

Исходя из анализа предметной области и требований к разрабатываемой системе, была построена диаграмма вариантов использования, представленная на рис. 1.

Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Как можно увидеть, с системой взаимодействует два актера:

- клиент – это тот, с кем заключается договор об аренде;
- сотрудник – это тот, кто работает в фирме и может оформлять договоры, отчетность и вести учет инструмента.

У Сотрудника имеются следующие возможности в ИС:

- просмотреть доступные инструменты – позволяет просмотреть доступные инструменты;
- сформировать документ об аренде – позволяет сформировать документ об аренде с клиентом. Для этого сотруднику необходимо ввести данные о клиенте, выбрать нужный инструмент, выбрать сроки аренды;
- зарегистрировать потерю инструмента – в случае если клиентом утерян инструмент, сотрудник вносит данные в систему с помощью данной функции;
- уведомление о просроченной аренде – в случае, когда дата срока аренды просрочена, то система отправляет автоматическое уведомление на основе, которого сотрудник принимает решения;
- уведомление о техническом обслуживании инструмента – системой формируется автоматическое уведомление о подошедшем сроке техобслуживания на основании введенной периодичности;
- добавить новый инструмент – данная функция позволяет вносить данные о новом инструменте в систему. Для этого ему необходимо ввести следующую информацию об инструменте: выбрать категорию (профессиональный, ручной), ввести тип инструмента (пневматический, электрический аккумуляторный, электрический проводной), ввести характеристики (мощность, производитель и т.д.), ввести регламент (правила обращения с инструментом), ввести график обслуживания, ввести гарантию;
- сформировать отчетность – позволяет формировать отчеты, такие как: статистика по инструментам, отчеты о расходах на ремонт и техобслуживание, о доходах, об инвентаре (всех инструментах в фирме), о состоянии инструмента (на ремонте, на техобслуживании, в аренде, доступен), о заказах;

- изменить статус инструмента – позволяет изменять статус инструмента (на ремонте, на техобслуживании, в аренде, доступен).

Клиент не имеет непосредственного доступа к системе – у него имеется возможность только получать от системы напоминание о том, что срок аренды подходит к концу и ему необходимо вернуть инструмент в назначенный срок, также уведомление о просроченном сроке аренды с выставлением суммы за каждый день просрочки возврата.

В результате анализа предметной области явственно видно, что создание информационной системы для учета проката инструментов является необходимым шагом в современной индустрии. Рост популярности проката инструментов требует эффективного управления и контроля за оборудованием. Анализ существующих методов учета подчеркивает необходимость автоматизации процесса для минимизации ошибок, повышения эффективности работы и улучшения обслуживания клиентов. Разработка функциональной модели и использование программы *Umbrello* позволяют оптимизировать процессы, упростить взаимодействие сотрудников и клиентов, что в конечном итоге способствует укреплению позиций фирмы на рынке проката инструментов и повышению ее конкурентоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование диаграммы вариантов использования *UML* при проектировании программного обеспечения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/566218/
2. Простое руководство по *UML*-диаграммам и моделированию баз данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/guide-to-uml-diagramming-and-database-modeling
3. Нотация *UML*: принципы, особенности, примеры диаграмм [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.comindware.ru/blog/uml-notation-overview/
4. Диаграммы *UML*: обзор основных диаграмм *UML* [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://vc.ru/u/2794997-systema/1017494-diagrammy-uml-obzor-osnovnyh-diagramm-uml
5. Четыре типа диаграмм в помощь разработчику [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://worksolutions.ru/blog/why-use-uml/

Поступила 21.03.2024

УДК 004.896

С.В. Иванов

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ ПО ФОТОМАТЕРИАЛАМ ЛИСТЬЕВ

В статье рассматривается решение проблемы болезней растений при выращивании урожая растениеводческой отрасли сельского хозяйства путем автоматизации распознавания болезней посредством свёрточной нейронной сети, внутреннее устройство свёрточной нейронной сети. Рассмотрен вопрос внедрения обученной нейронной сети на сайт и приведен пример его работы.

В растениеводческой отрасли сельского хозяйства одной из важнейших проблем являются болезни плодовых культур. Болезни могут очень сильно снизить, а иногда и полностью обнулить урожайность некоторых растений. Например, такая болезнь яблони, как черный рак, может сделать плоды полностью непригодными для употребления. От болезней ежегодно во всем мире теряется по имеющимся сведениям не менее 20-25% урожая. В связи с этим по мере интенсификации сельскохозяйственного производства возрастает значение

защиты растений как одного из важнейших факторов, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, и повышение качества получаемой продукций [1].

Таким образом, проблемной областью является значимое снижение урожайности из-за болезней растений. Так как специалистов, определяющих болезни, не всегда удается найти в достаточном количестве, необходимо создать программный продукт, выполняющий функции системы поддержки принятия решений, который бы автоматизировал процесс распознавания болезней растений. Данный продукт будет полезен на этапе лечения и ухода производственного процесса выращивания плодовых культур и существенно ускорит данный процесс путем его автоматизации. Именно растениеводство является объектом исследования, в свою очередь, предмет исследования представляет собой болезни плодовых растений.

Отталкиваясь от внешних проявлений болезней (пятнистости, гнили, и т. д.), встает задача классификации болезней растений по фотоматериалам листьев, более обобщенно которую можно сформулировать как задачу распознавания образов. Данную задачу можно решить при помощи сверточной нейронной сети (*Convolutional neural network — CNN*). *CNN* состоит из ряда важных компонентов, таких как: сверточный слой, подвыборочный слой, полносвязный слой. Сверточный слой является основным слоем сети. Его основное назначение – выделить признаки на входном изображении и сформировать карту признаков. Карта признаков – это массив матриц, в котором каждый канал отвечает за какой-нибудь выделенный признак. Свёртка – это операция вычисления нового значения выбранного пикселя, учитывающая значения окружающих его пикселей (рис. 1) [2].

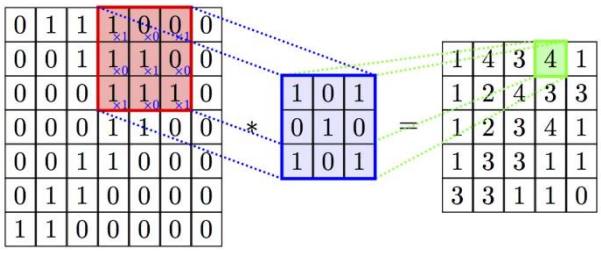


Рис. 1. Операция свертки

Математически операцию свертки можно описать следующей формулой:

$$v_{0,0} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{i,j} * w_{i,j} + w_0,$$

где n – размер области сканирования изображения, $x_{i,j}$ – входные значения, $w_{i,j}$ – весовые коэффициенты, w_0 – смещение (*bias*).

Потом идет следующий участок изображения, и новым нейроном генерируется сигнал $v_{0,1}$ затем следующий, генерируя $v_{0,1}$ и так далее. В итоге получается множество выходных значений $v_{k,m}$.

$$v_{k,m} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{i+k,\,j+m} * w_{i,j} + w_0 \qquad k, m = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

Каждое новое значение v проходит через функцию активации *ReLU*, которая отсеивает отрицательные значения, заменяя их на ноль:

$$f(x) = max(0, x)$$

Операция свертки проводится для каждого из цветовых каналов *RGB*-изображения,

полученные результаты по трем каналам суммируются и записываются в матрицу (карту признаков) [3].

Затем результаты подаются на слой субдискретизации (подвыборки) или пулинга. В данном исследовании применялся *max pooling*, выбирающий максимальное значение в зоне (рис. 2).

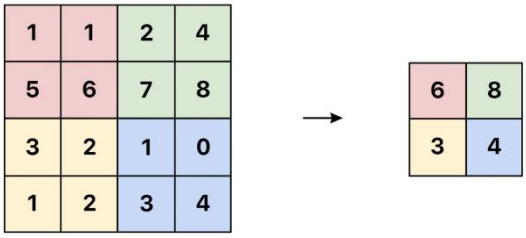


Рис. 2. Пример операции пулинга

Действия, происходящие на слое пулинга, описываются следующей формулой:

$$x^l = f\left(a^l * max_pooling\left(x^{l-1}\right) + b^l\right),$$

где x^l – выход текущего слоя l; $f()$ – функция активации; a^l, b^l – коэффициенты сдвига текущего слоя l; *max_pooling()* – операция выбора максимальных значений в зоне. В результате пулинга размерность матриц уменьшилась вдвое.

После повторения операции свертки и пулинга сжатые матрицы признаков подаются на входы полносвязной нейронной сети прямого распространения представляющей собой обычный многослойный персептрон. Вычисление значений нейрона для этого слоя можно описать так:

$$y_j^i = f\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^{l-1} * w_{i,j}^{l-1} + b_j^{l-1}\right),$$

где y_j^i – выходное значение нейрона текущего слоя l; $f()$ – используемая функции активации; $w_{i,j}^l$ – матрица весовых коэффициентов текущего слоя l; $w_{i,j}^{l-1}$ – входные данные; b_j^{l-1} – коэффициент сдвига текущего слоя l.

Выходом сверточной нейронной сети будет являться вектор следующего вида:

$$\mathbf{q} = [\mathbf{q_1}, \mathbf{q_2}, \ldots, \mathbf{q_n}] \quad n \le 39$$

Такой вектор обусловлен тем, что количество доступных классов равно 39. Соответственно, максимальное значение q в векторе будет означать распознанную болезнь, а его индекс в нем будет использоваться в дальнейшем в качестве идентификатора для обращения к базе данных для показа информации об этой болезни.

Процесс распознавания протекает в два этапа: этап извлечения признаков и этап классификации [4]. Этап извлечения признаков осуществляется подачей на первый слой входного изображения больного листа растения, размером 256 на 256 пикселей, формата *JPEG*. Значение каждого пикселя нормализуется функцией *BatchNorm2d*. Извлечение признаков можно описать следующей последовательностью действий: значения пикселей входного изображения подаются на первый сверточный слой *Conv2d*, где обрабатывается тремя фильтрами размером 3x3 пикселя. Затем полученный результат проходит через функцию активации *ReLU* и нормализуется при помощи *BatchNorm2d*. В дальнейшем

полученные карты признаков попадают на слой пулинга *MaxPool2d* для сброса лишних данных. После этого результат подается на следующий сверточный слой для получения более точных карт признаков, соответственно, результат будет обработан большим количеством фильтров с каждым новым сверточным слоем в дальнейшем (32, 64, 128, 256 фильтров). Последовательность сверточных слоев, слоев пулинга, а также функций активации *ReLU* и нормализации *BatchNorm2d* заканчивается обычной полносвязной нейронной сетью прямого распространения, где осуществляется классификация входного изображения (рис. 3).

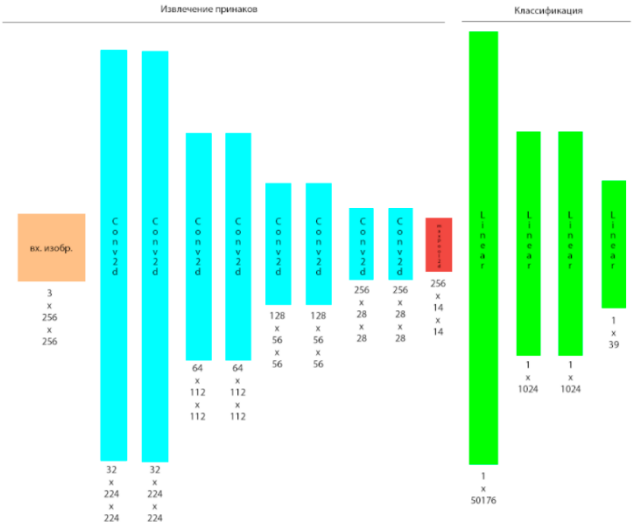


Рис. 3. Структура нейронной сети

Далее осуществляется этап классификации при помощи полносвязной нейронной сети, которая состоит из нескольких слоев нейронов, каждый из которых полностью соединен с каждым нейроном в следующем слое [5]. Полносвязная нейронная сеть представлена входным, двумя скрытыми и выходным слоями *Linear*. Благодаря этим слоям осуществляется классификация входного изображения, формат результата выходного слоя представляет собой одномерный массив длинной в 39 элементов, индекс максимального значения в котором и определяет диагноз растения. Успешная классификация осуществляется при помощи найденных в процессе обучения весов.

Нейронная сеть была создана при помощи *Python*-фреймворка *PyTorch*. Обучение сети происходило на готовом наборе данных «*Data for: Identification of Plant Leaf Diseases Using a 9-layer Deep Convolutional Neural Network*», размещенном на ресурсе *data.mendeley.com*. Набор данных содержит более 61000 изображений в формате *.jpg* с разрешением в 256 на 256 пикселей и охватывает девять видов плодовых растений: томат, картофель, яблоня, кукуруза, малина, виноград, вишня, клубника, болгарский перец. В набор данных входят как изображения здоровых растений, так и изображения растений, пораженных несколькими видами самых распространенных болезней: мучнистая роса, фузариоз, фитофтороз, черный рак, антракноз, пероноспороз (ложная мучнистая роса), различные гнили, мозаики и пятнистости. Полученные в ходе обучения оптимальные веса нейронов полносвязной нейронной сети сохраняются в специальный файл с разрешением *.pt* для более удобного использования возможностей нейросети в других модулях. По итогам тестирования сети удалось достигнуть следующего значения точности распознавания болезней: *Accuracy* = 0.80, *Presigion* = 0.85.

Ключевое значение при разработке сайта играет пакет *Django*. *Django* — это высокоуровневый *Python* веб-фреймворк, который позволяет быстро создавать безопасные и поддерживаемые веб-сайты. Созданный опытными разработчиками, *Django*

берет на себя большую часть хлопот веб-разработки, поэтому есть возможность сосредоточиться на написании своего веб-приложения. Данный фреймворк представляет собой *MTV*-платформу *(Model Template View)*. *MTV* имеет многоуровневую структуру. *M* соответствует *Model*, то есть модели данных (данные о болезни и лекарствах), которая используется для управления базой данных и для добавления, удаления, изменения и проверки данных. *V* является планировщиком представлений, который используется для доступа к уровню данных, получения данных и отправки данных в шаблон. Шаблон *T* используется для управления файлами *HTML* и отображается в пользовательском интерфейсе.

Сайт предоставляет возможность загрузки ранее сделанных фотографий листьев плодовых растений посредством *html*-формы для последующей обработки нейросетью. По завершению процесса классификации пользователю выводится информация о болезни и рекомендации по лечению вместе со списком лекарств (рис. 4). Доступ к сайту осуществляется посредством смартфона (сайт адаптивен), компьютера или ноутбука. Новизну разработанного в ходе исследования программного продукта можно объяснить способностью распознавать болезни растений различных плодовых культур (яблоня, кукуруза, томат, картофель), в отличие от аналогичных продуктов, специализирующихся на какой-либо одной культуре.

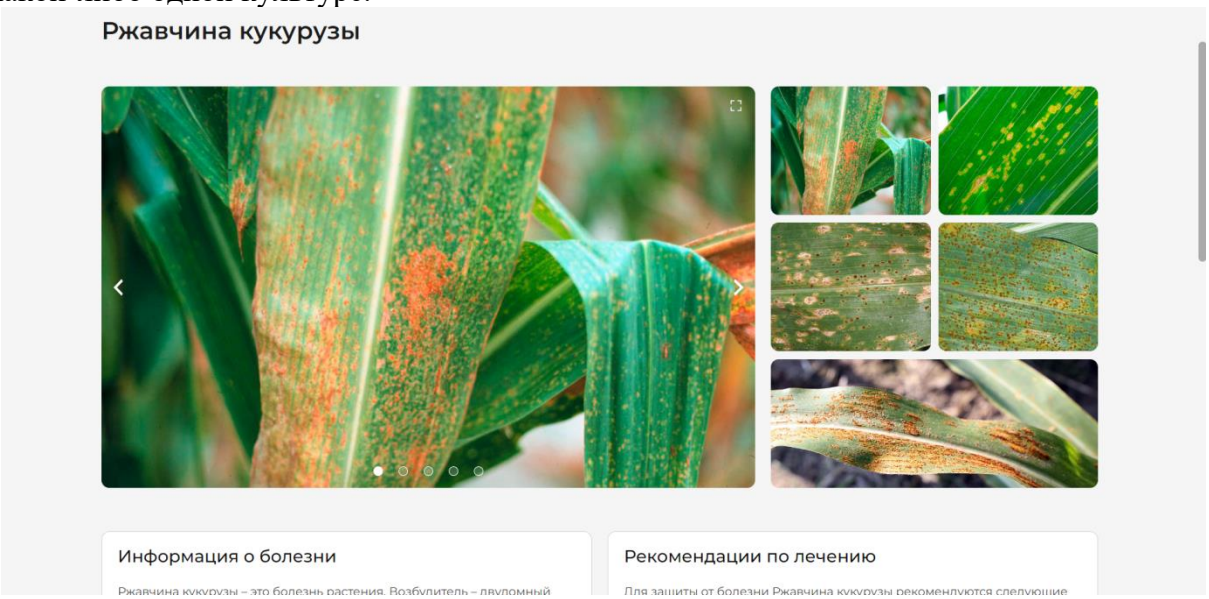


Рис. 4. Страница диагноза

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков Ю.Т. Общая фитопатология. Учебное пособие / Ю.Т. Дьяков, С.Н. Еланский. М.: Юрайт, 2016. 240 с.

2. Адриан Роузброк. Глубокое обучение для компьютерного зрения с использованием Python. Книга / Адриан Роузброк. М.: Юрайт, 2017. 332 с.

3. Рашид Тарик. Создаем нейронную сеть. Книга / Рашид Тарик – Вильямс, 2018. 272 с.

4. Обухов А.Д. Метод автоматического поиска структуры и параметров нейронных сетей для решения задач обработки информации // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Математика. Механика. Информатика». 2023. Т. 23. №. 1. С. 113-125.

5. Иванов М.А., Обухов А.Д., Чеботов Н.А. Алгоритмы решения задач классификации изображений с помощью нейронных сетей // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. 2021. С. 269-273.

Поступила 24.02.2024

УДК 004.896

С.В. Иванов

НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СВЁРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

В статье рассматривается нахождение оптимального количества нейронов в скрытых слоях полносвязной части сверточной нейронной сети, а также оптимального размера обучающего набора данных на класс для распознавания при помощи метода анализа иерархий. Объектом исследования являются сверточные нейронные сети, предметом – определение оптимальной конфигурации сети и наилучших условий для обучения.

В растениеводческой отрасли сельского хозяйства одной из главных проблем являются болезни плодовых растений. Болезни могут очень сильно снизить, а иногда и полностью обнулить урожайность некоторых культур. Для решения этой проблемы необходимо автоматизировать процесс распознавания болезней путем создания программного продукта, распознающего заболевания при помощи сверточной нейронной сети и выполняющего функции системы поддержки принятия решений [1]. Данный программный продукт поможет в борьбе с болезнями путем автоматизации этапа диагностики и лечения болезней, производственного процесса выращивания плодовых культур.

Важным моментом при проектировании системы распознавания болезней растений является определение оптимальной конфигурации сверточной нейронной сети. Главными критериями эффективности работы системы при такой конфигурации нейросети являются значение функции потери и время обучения. Время обучения *R1* представляет собой критерий универсальности сети: чем он ниже, тем легче будет происходить обучение на разных датасетах, т. е. *R1* должен быть как можно меньше. Значение функции потери (критерий *R2*) представляет собой количественный показатель отклонений ответов нейросети от истинных: чем он меньше, тем лучше сеть справляется со своими задачами [2]. Таким образом, встает задача минимизации двух вышеперечисленных критериев. На два данных критерия наибольшее влияние оказывают такие параметры, как размер датасета на класс для распознавания *X1* (количество обучающих фотографий на класс) и количество нейронов скрытого слоя полносвязной части сверточной нейронной сети *X2*.

Таким образом, необходимо найти такие альтернативы конфигурации нейронной сети со значениями *X1* и *X2*, при которых система распознавания болезней растений справляется со своими функциями наилучшим образом. Данную задачу можно охарактеризовать как выделение наилучшей альтернативы.

Одним из способов решения этой задачи является метод анализа иерархий (МАИ). Метод анализа иерархий считается наиболее эффективным и широко используемым методом многокритериального принятия решений для исследований в различных областях [3]. МАИ обеспечивает удобный подход к анализу проблем, связанных с принятием решений. Это метод оценки субъективных и объективных функций для помощи пользователю в принятии приемлемого решения. Еще одной важной особенностью МАИ является достижение консенсуса в процессе принятия решений в группах.

Первым этапом решения поставленной задачи методом анализа иерархий является построение иерархической модели (рис. 1). Данную иерархию возглавляет глобальная цель – найти оптимальную конфигурацию сверточной нейронной сети, которая будет лучше других подходить для задачи распознавания болезней растений. Далее идут два критерия *R1* и *R2*, которые количественно описывают имеющиеся альтернативы. На нижнем уровне схемы располагаются все имеющиеся альтернативы *A*, полученные экспериментальным путем при проведении численного эксперимента, где перебирались значения критериев *X1* и *X2*. Значения *X1* перебирались в диапазоне 1000 – 200 ед. обучающих фото на класс, значения *X2* перебирались в диапазоне 40 – 320 нейронов. Общее число альтернатив равно 20 (A_1 – A_{20}).

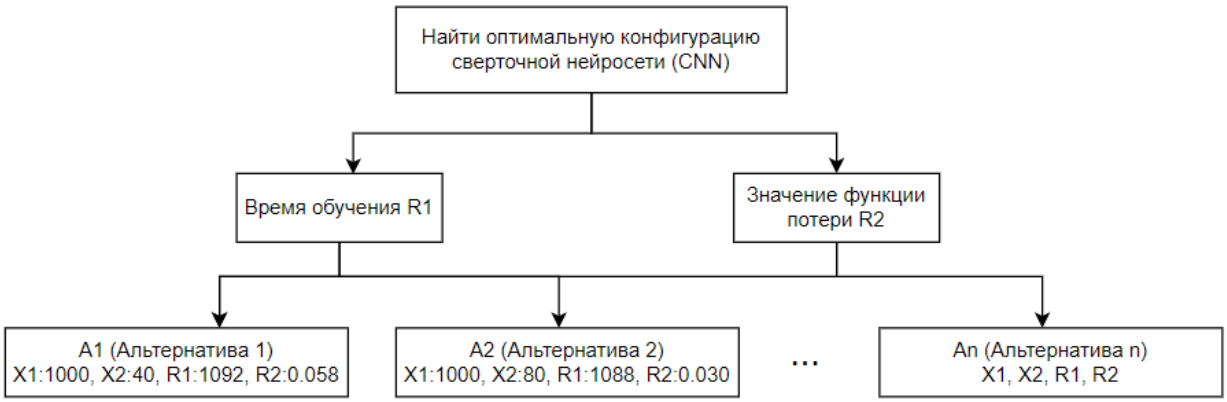


Рис. 1. Иерархическая модель по МАИ

После построения иерархии следующим шагом является установление относительной важности основных критериев и подкритериев путем их сравнения в виде пар. Для этого используется девятибалльная шкала, которая показана в табл., для измерения относительной важности элементов. Интенсивность этой шкалы колеблется от одного до девяти.

Таблица

Числовая шкала сравнения

Интенсивность важности	Определение
1	Равное значение
2	Между равным значением и умеренным превосходством
3	Умеренное превосходство
4	Между умеренным превосходством и значительной важностью
5	Значительная важность
6	Между значительной важностью и сильным превосходством
7	Сильное превосходство
8	Между сильным и очень сильным превосходством
9	Очень сильное превосходство

Попарные сравнения записываются в матрицу решений. Алгебраическое представление матрицы решения имеет следующий вид:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{a_{11}} & \dots & \mathbf{a_{1n}} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{a_{n1}} & \dots & \mathbf{a_{nn}} \end{pmatrix},$$

где n – количество оцениваемых элементов.

Элементы $a_{i,j}$ матрицы A являются относительными суждениями между двумя альтернативами i и j таким образом, что i-я строка соответствует j-му столбцу. Для элементов матрицы характерны следующие особенности:

$$a_{ij} = 1, \text{ при } i = j,$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}}, \text{ при } i \neq j,$$

при этом элемент a_{ij} также может быть задан следующим образом:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j},$$

где w_i, w_j – относительный вес i-й и j-й альтернатив [4].

Осуществим попарные сравнения критериев между собой с использованием таблицы: *R2* имеет значительную важность перед *R1*.

Результаты попарных сравнений критериев и расчетов их важности представлены на рис. 1.

Критерии	R1	R2	Ср. геом	w
R1	1	0,20	0,447214	0,166667
R2	5	1	2,236068	0,833333
Сум. Стб.	6	1,20	2,683282	1

Рис. 1. Попарные сравнения критериев и расчет их важности

Далее по аналогии проведем попарные сравнения альтернатив A_1 – A_{20} по критерию *R1* и расчеты их важности w_1 – w_{20}. Полученные результаты представлены на рис. 2.

R1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	Ср. геом	w
A1	1	0,50	0,5	0,5	0,333333	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,202494	0,006023
A2	2	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,221472	0,006587
A3	2	2	1	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,237368	0,00706
A4	2	2	2	1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,254405	0,007567
A5	3	2	2	2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,111111	0,278249	0,008276
A6	5	5	5	5	5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,535204	0,015919
A7	5	5	5	5	5	2	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,573618	0,017062
A8	5	5	5	5	5	2	2	1	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,614788	0,018286
A9	5	5	5	5	5	2	2	2	1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,658914	0,019599
A10	5	5	5	5	5	2	2	2	2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,142857	0,706206	0,021005
A11	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,416017	0,042118
A12	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,51765	0,045141
A13	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	2	1	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,626577	0,048381
A14	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	2	2	1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,743322	0,051853
A15	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	2	2	2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,868446	0,055575
A16	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	3,667513	0,109086
A17	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	1	0,5	0,5	0,5	3,930743	0,116915
A18	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	2	1	0,5	0,5	4,212866	0,125307
A19	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	2	2	1	0,5	4,515238	0,134301
A20	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	2	2	2	2	1	4,839312	0,14394
Сум. Стб.	115	112,5	111	109,5	107,8333	70	68,5	67	65,5	64	35,71429	34,21429	32,71429	31,21429	29,71429	11,26984	9,769841	8,269841	6,769841	5,269841	33,6204	1

Рис. 2. Попарные сравнения A_1 – A_{20} по R1 и расчет их важности

Затем проведем попарные сравнения альтернатив A_1 – A_{20} по критерию *R2* и расчеты их важности w_1 – w_{20}. Полученные результаты представлены на рис. 3.

R2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	Ср. геом	w
A1	1	0,50	0,33333	0,5	0,5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	3,59391	0,10664
A2	2	1	0,33333	0,5	0,5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	3,85186	0,1143
A3	3	3	1	3	3	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	5,2481	0,15573
A4	2	2	0,33333	1	0,5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	4,12832	0,1225
A5	2	2	0,33333	2	1	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	4,42462	0,13129
A6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	2	2	2	2	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	1,86845	0,05544
A7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	1	2	2	2	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	1,74332	0,05173
A8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	1	2	2	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	1,62658	0,04827
A9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	1	2	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	1,51765	0,04503
A10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	1,41602	0,04202
A11	0,14286	0,14286	0,14286	0,142857143	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,5	2	2	2	5	5	5	5	5	0,65891	0,01955
A12	0,14286	0,14286	0,14286	0,142857143	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2	1	2	2	2	5	5	5	5	5	0,70621	0,02096
A13	0,14286	0,14286	0,14286	0,142857143	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	1	2	2	5	5	5	5	5	0,61479	0,01824
A14	0,14286	0,14286	0,14286	0,142857143	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	1	2	5	5	5	5	5	0,57362	0,01702
A15	0,14286	0,14286	0,14286	0,142857143	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	5	5	5	5	5	0,5352	0,01588
A16	0,11111	0,11111	0,11111	0,111111111	0,11111	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	2	2	2	2	0,27266	0,00809
A17	0,11111	0,11111	0,11111	0,111111111	0,11111	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	1	2	2	2	0,2544	0,00755
A18	0,11111	0,11111	0,11111	0,111111111	0,11111	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	1	2	2	0,23737	0,00704
A19	0,11111	0,11111	0,11111	0,111111111	0,11111	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	1	2	0,22147	0,00657
A20	0,11111	0,11111	0,11111	0,111111111	0,11111	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,14286	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,20664	0,00613
Сум. Стб.	12,2698	10,7698	4,60317	9,26984127	7,76984	29,7143	31,2143	32,7143	34,2143	35,7143	65,5	64	67	68,5	70	108	109,5	111	112,5	114	33,7001	1

Рис. 3. Попарные сравнения A_1 – A_{20} по R2 и расчет их важности

Вычислим отношение согласованности (ОС) для каждой матрицы решения (рис. 4):

Показ.	R1	R2
Lmax	23,05167	23,33706
ИС	0,160614	0,175635
ОС	0,08923	0,097575

Рис. 4. Отношение согласованности для каждой матрицы решения

Поскольку отношение согласованности ОС на рис. 4 не превышает 0.10, то матрицы решения можно считать согласованными, а рассчитанные для них $w_1 - w_{20}$ корректными.

Рассчитаем вектор глобальных приоритетов для альтернатив A_1 – A_{20}. Результаты расчетов представлены в виде столбчатой диаграммы на рис. 5.

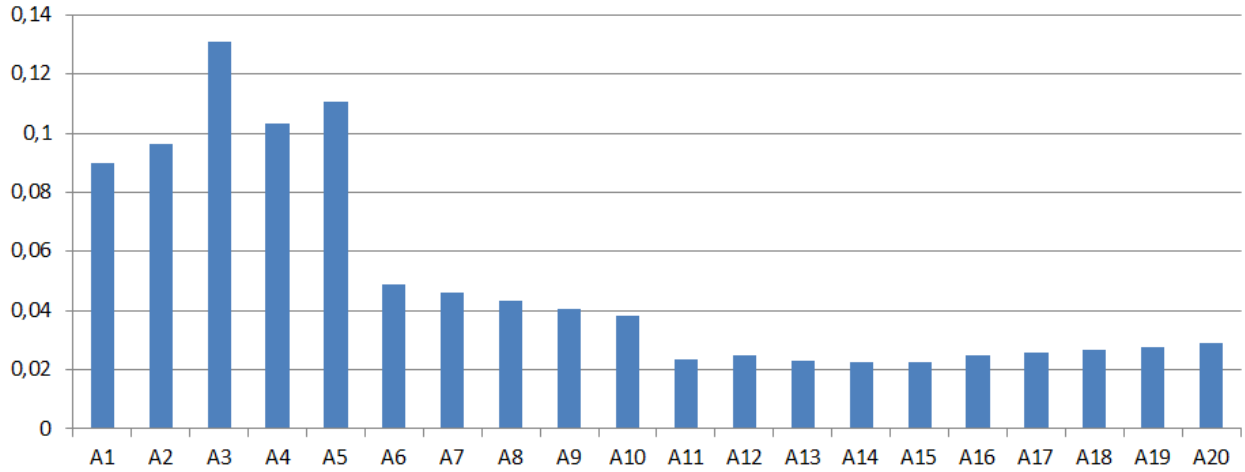


Рис. 5. Рассчитанные значения вектора глобальных приоритетов

Наилучшим вариантом является альтернатива, которая имеет максимальное значение в векторе глобальных приоритетов, в данном случае это 0,13, что соответствует A_3 (альтернативе 3) со следующими параметрами конфигурации нейросети: *X1* = 1000, *X2* = 160 при значениях критериев: *R1* = 1110, *R2* = 0.0096. Новизна полученной в ходе исследования архитектуры сети обусловлена найденным балансом между скоростью обучения и точностью распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обухов А.Д. Метод автоматического поиска структуры и параметров нейронных сетей для решения задач обработки информации // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Математика. Механика. Информатика». 2023. Т. 23. №. 1. С. 113-125.

2. Иванов М.А., Обухов А.Д., Чеботов Н.А. Алгоритмы решения задач классификации изображений с помощью нейронных сетей // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. 2021. С. 269-273.

3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Пер. с англ. М.: Радио и связь. 1993. 320 с.

4. Литовка Ю.В. Системы поддержки принятия решений: учеб. пособие / Ю.В. Литовка, Д.С. Соловьев, А.Д. Обухов. ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. 80 с.

Поступила 24.02.2024

УДК 543.421

И.С. Кашин, Е.Р. Хорошева

ХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКИМ УЧЕТОМ И ИНВЕНТАРИЗАЦИЕЙ НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В данной статье рассмотрим построение хронологической архитектуры системы управления складским учетом и инвентаризацией на малых и средних предприятиях, предназначенной для учета, отслеживания и хранения продукции предприятия на складе и проведения инвентаризации на складе.

Хронологическая архитектура является завершающим этапом моделирования архитектуры информационных систем, формализует этапы создания информационной системы и дает ответ на вопрос: «В какой последовательности и в какие сроки?» [1].

Актуальность и важность создания хронологической архитектуры системы управления складом и инвентаризацией на этапе моделирования архитектуры системы определяется необходимостью наглядного представления этапов разработки продукта, для дальнейшего выбора сроков завершения каждого из этапов и планирования разработки системы в целом.

Внедрение системы управления складом и инвентаризацией позволит оптимизировать процессы, уменьшить потери и повысить общую производительность предприятия.

Система должна поддерживать следующие функции:

1. Создание новых пользователей в системе.
2. Запись поступлений товаров.
3. Регистрация перемещений товаров по складу, между складами.
4. Фиксация отгрузки товаров.
5. Проведение инвентаризации.
6. Автоматический подсчет остатков товаров, количества оборудования.
7. Группировка товаров по категориям и параметрам для удобства управления.
8. Анализ данных о продажах и поставках для прогнозирования будущего спроса.
9. Планирование закупок и реорганизация запасов.
10. Генерация отчетов.

Система управления складом и инвентаризацией состоит из административной части (*web*сайта) и мобильного приложения. В качестве инструментов разработки административной части были выбраны *Angular* (платформа для разработки клиентской части приложения) и *C#*.

Мобильное приложение разработано с помощью *React Native* – библиотеки для разработки кроссплатформенных мобильных приложений.

Для разработки информационной системы управления складом и инвентаризацией выделено 5 основных этапов:

1. Цель и анализ требований.
2. Выбор технологий.
3. Разработка и тестирование.
4. Внедрение.
5. Эксплуатация.

На первом этапе должен быть составлен список требований к системе заказчиками, и на их основе сформулировано техническое задание, а также созданы макеты страниц.

На втором этапе на основе составленных требований осуществляется выбор технологий. В качестве технологии разработки системы управления складом и инвентаризацией был выбран подход *SSI*. Для реализации системы за основу можно взять опенсорсные решения, такие как *Aries Framework* — это комплексная реализация протоколов *Aries*. Его цель – предоставить универсальную библиотеку для создания приложений *SSI*.

Следующий этап – непосредственно разработка системы. Для управления процессом разработки можно использовать баг-трекинговую систему *Jira*.

Последние этапы – это внедрение и последующая эксплуатация системы. В начале этапа внедрения необходимо написать программную документацию для последующего использования системы.

Хронологическая архитектура построена в соответствии с *ARIS*-методологией и представлена на рисунке.

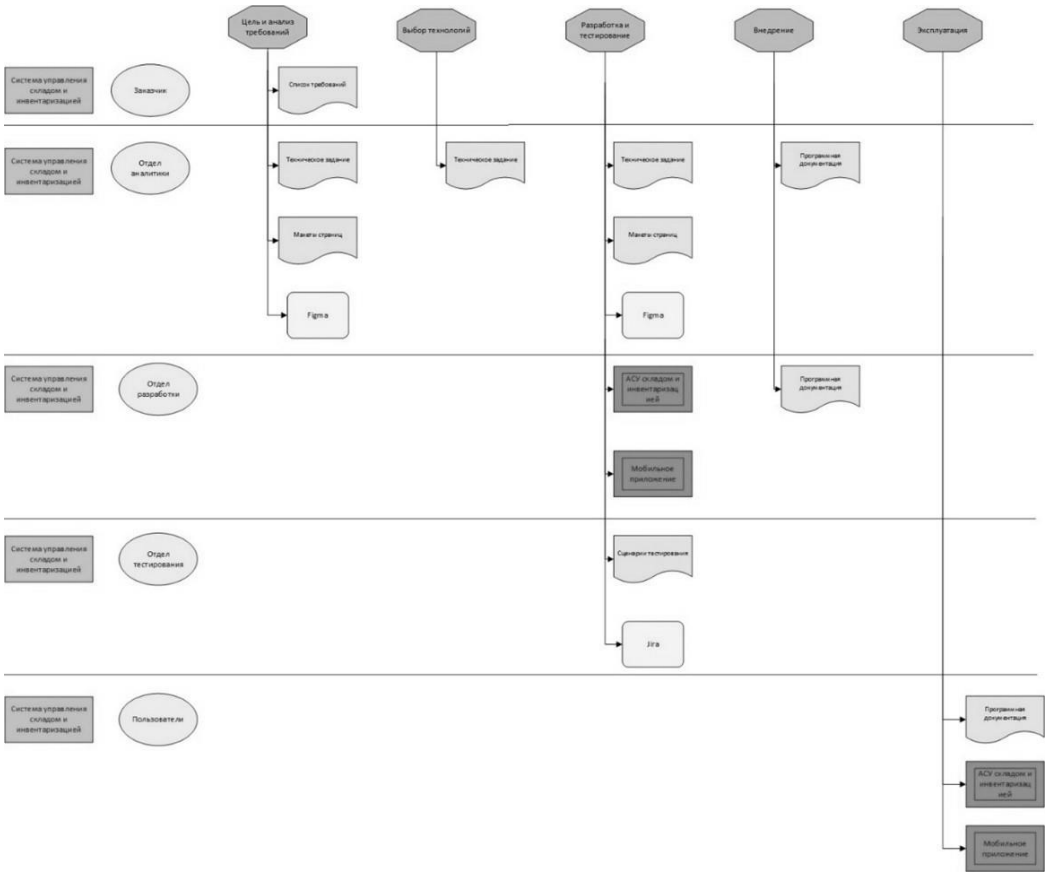


Рис. 1. Хронологическая архитектура системы управления складом и инвентаризацией

После построения хронологической архитектуры системы управления складом и инвентаризацией можно распределить нагрузку для каждого участника разработки, определить основные документы и инструменты, которые потребуются на каждом этапе разработки системы, эффективно управлять проектом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисяк В.В., Лисяк Н.К. Моделирование информационных систем // Издательство Южного федерального университета. Ростов-на-Дону-Таганрог. 2018.

Поступила 11.03.2024

УДК 004.4

К.В. Парахин, С.В. Курочкин

ОБЗОР ПРИЛОЖЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ IT-ОТДЕЛОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассматривается предметная область, связанная с деятельностью IT-отделов предприятия и взаимодействием сотрудников внутри нее. Исследуется актуальность разработки мобильного приложения, связанного с автоматизацией и оптимизацией данной деятельности, а также описываются требования, средства разработки и некоторые особенности реализации конкретного приложения, разработанного автором статьи в рамках выпускной квалификационной работы при работе на предприятии ООО «АИСТСОФТ».

Введение в предметную область и обзор актуальности

Деятельность *IT*-предприятия чаще всего связана с разработкой программного обеспечения для удовлетворения потребностей бизнеса или внешних коммерческих организаций, а иногда направлена только на внутреннюю разработку системных компонентов, никак не связанных с аутсорсингом.

Большая часть современных коммерческих предприятий имеет собственные информационные системы, которые хранят, обрабатывают и передают данные о клиентах, сотрудниках (или вещественных сущностей – например, о товарах). Поэтому каждое такое предприятие должно иметь хотя бы один *IT*-отдел, занимающийся разработкой, внедрением и поддержкой программно-информационных систем, направленных на получение прибыли.

Каждый *IT*-отдел состоит из нескольких проектов, разбитых на основе какой-то классификации, обычно связанной с разделением групп людей по ответственности или специальности. Так, например, зачастую в *IT*-отделе существуют проекты по разработке (в которых могут присутствовать несколько групп backend- и frontend-разработчиков, автоматических и ручных тестировщиков, *devops*-инженеров, групп мониторинга и аналитики).

Для автоматизации деятельности отдела необходимо иерархически разбить его на отдельные группы, каждая из которых имеет своего менеджера (руководителя), обладающего отдельными полномочиями по надзору и контролю подчиненных сотрудников.

Также практически любая программная система должна иметь собственный отдел поддержки и обработки проблем пользователей и системных ошибок, чтобы осуществлять контроль происходящего функционирования системы и своевременно производить отладку и поддержку.

Поэтому можно прийти к выводу, что данное мобильное приложение действительно может стать очень удобным, полезным и применимым при внедрении его в работу как нового, так и уже существующего *IT*-предприятия.

При его использовании проект компании может получить такие необходимые возможности, как:

1. Создание иерархической организационной структуры проектов внутри *IT*-отдела.
2. Автоматизация деятельности и взаимодействия сотрудников *IT*-отдела.
3. Введение автоматической системы отчетности и регистрации инцидентов.
4. Хранение данных о сотрудниках, их мероприятиях, задачах, сообщениях.
5. Обеспечение своевременного обмена информации в системе путем рассылки уведомлений.
6. Оптимизация работы отделов мониторинга и аналитики.

Разработка данного мобильного приложения действительно актуальна, необходимо определить список функциональных и нефункциональных требований, предъявляемых к приложению:

Основные функциональные требования, предъявляемые к системе:

1. Использование авторизации пользователей на сервере.
2. Использование регистрации и подтверждение учетной записи по электронной почте.
3. Возможность создания групп и распределения по ним пользователей.
4. Возможность планирования пользовательских мероприятий и приглашение гостей.
5. Возможность трекинга задач и уведомление связанных пользователей.
6. Возможность регистрирования проблем в работе системы.
7. Возможность создавать автоматические и ручные отчеты о работе системы.
8. Возможность производить общение в пользовательских личных чатах.

Основные нефункциональные требования:

1. Обеспечение уровня производительности трафика запросов не менее 10 000 запросов к серверу в секунду (10 000 *RPS*).
2. Отказоустойчивость и надежность работы системы, регистрация неисправностей на сервере.
3. Стабильность и постоянная работа системы (перезапуск не чаще 5 минут в день).
4. Масштабируемость компонентов системы.
5. Платформо-ориентированность мобильного приложения (запуск на ОС *Android*).

Описание и обоснование средств разработки приложения

Для разработки серверной части приложения использовался фреймворк *ASP.NET Core* на платформе *.NET* 7. Выбор данной платформы связан с ее удобством, наличием всего необходимого функционала для создания *Restful WEB-API* приложения, а также личными предпочтениями и опытом разработки. В отличие от многих других платформ *ASP.NET Core* имеет продвинутый набор автоматически подключаемых библиотек (*Nuget*-пакетов), поддержку и интеграцию с мощнейшими технологическими решениями и компонентами.

Для разработки клиентской части приложения использовался фреймворк *Flutter*. Выбор фреймворка *Flutter* связан с его популярностью на рынке, удобством и простотой использования, а также наличием огромного количества плагинов и виджетов, благодаря которым возможно воплотить все основные визуальные решения с минимальными временными затратами.

Кроме того, *Flutter* разрабатывается и поддерживается компанией *Google*, предоставляющей облачную систему обмена сообщений *Firebase*. Благодаря этому возможно проводить отправку *push*-уведомлений на клиентские устройства пользователей, используя встроенный в *Google Play Services* облачный *proxy*-сервер *Firebase Cloud Messaging*.

Для работы с хранилищем данных использовался *ORM* – фреймворк *Entity Framework* и СУБД *Postgre SQL*. Выбор в сторону *Entity Framework* был сделан в результате выбора реализации серверной части приложения на платформе *.NET*. Подход *Entity Framework Code First* позволяет создавать и обновлять таблицы базы данных в автоматическом режиме при изменении моделей хранения данных внутри проекта. Выбор в сторону *Postgre SQL* был сделан из-за популярности данной СУБД на рынке, а также в связи с удобством использования: как с точки зрения взаимодействия со стороны кодовой базы и ее поддержкой провайдером *Entity Framework*.

Развертывание и контейнеризация серверного приложения выполнялась с использованием технологии *compose* и программного обеспечения *Docker*. Они выступили как в качестве инструмента для создания и размещения контейнера в облаке, так и в качестве оркестратора, выполняющего обязанности проведения взаимодействия и передачи данных между контейнером сервера *.NET* приложения и контейнером *Postgre SQL* базы данных.

В результате, был реализован *CI*/*CD* подход, дающий возможность в автоматическом режиме получать обновление компонентов в контейнерах и выпускать новые версии программных продуктов на нужном окружении. Диаграмма развертывания программной системы изображена ниже на рисунке:

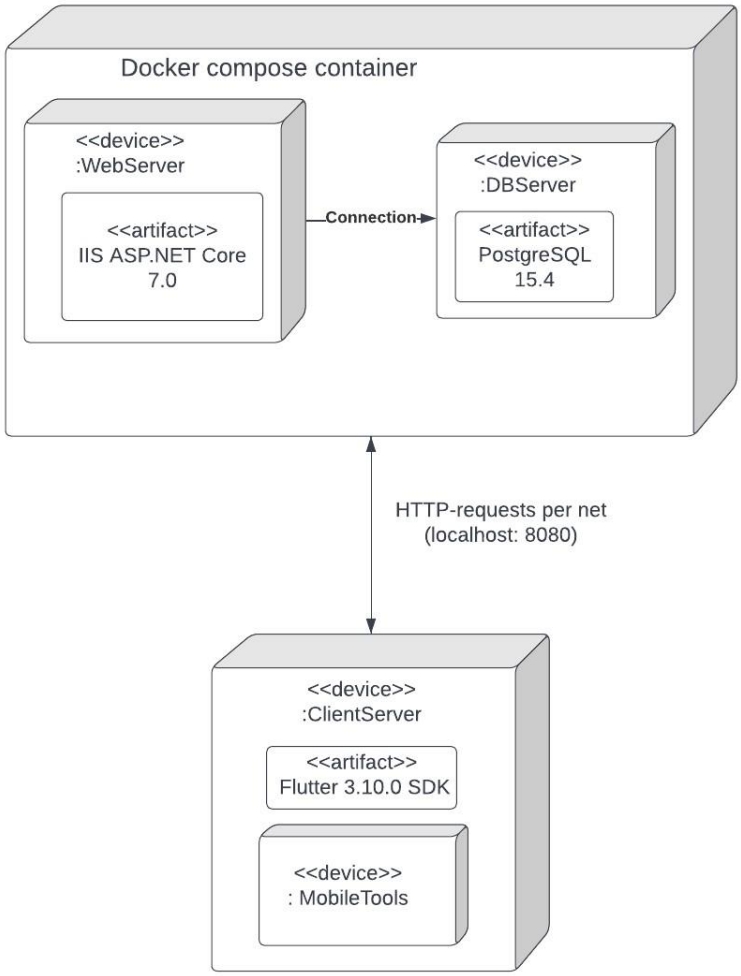


Рис. Диаграмма развертывания программной системы

Описание реализации мобильного приложения

Разработанное мобильное приложение представляет собой распределенное клиент-серверное приложение. Оно включает в себя облачное серверное приложение, которое имеет собственный жизненный цикл. Само серверное приложение вместе с контейнером базы данных развернуто в *Docker*-контейнере.

Клиентские приложения при этом могут быть установлены пользователями на свои мобильные устройства *Android*, а далее при попытках пользоваться функционалом системы приложения делают *HTTP*-запросы к серверу и получают данные в формате *JSON*. Общение организовано по протоколу *REST*, имеет двусторонний вариант взаимодействия (то есть как сервис имеет возможность отправлять запросы к клиенту, так и клиент может отправлять запросы на сервер).

Часть из этих данных мобильное приложение сразу может отобразить для пользователя в визуальном виде, а часть – сохранить в локальной памяти устройства (закэшировать) – и затем предоставлять их при посещении связанных страниц. Например, когда пользователь делает запрос к списку своих чатов, приложение получает в запросе список всех чатов пользователя для текущей страницы (а также короткую информацию о каждом из этих чатов). Затем, при обращении к очередному чату, пользователь по мере его открытия сразу получает некоторое закэшированное состояние чата, а при загрузке нового запроса данных с сервера получает уже актуальный набор сообщений на текущий момент времени.

Благодаря этому приложение не делает слишком много запросов, но при этом и не заставляет единственным первым запросом перегрузить сервер и его базу данных большим

набором транзакций (так как, например, запрос на группу пользователей может включать в себя подгрузку множества связанных с нею данных, а именно – пользователей данной группы, информации о каждом из этих пользователей, личных сообщениях, мероприятиях и задачах любого пользователя). Кэширование и наличие локальной памяти клиентского устройства, а также подгрузка данных по «надобности» частично снимает эту проблему и не сильно перегружает базу данных, то есть дает возможность удовлетворить требование, выдвигаемое к производительности сервера ПС.

Благодаря использованию *Firebase* появляется возможность рассмотреть логику мобильного приложения, связанного с авторизацией в сессии и получения как *push*-уведомлений, так и электронных сообщений.

Во время регистрации (или авторизации) пользователь инициирует запуск *Firebase*-приложения на своем *Android*-устройстве. На облачном *Google*-сервере генерируется уникальный *Firebase*-токен, по которому пользователя возможно идентифицировать в системе. Затем, когда клиентское приложение отправляет результат авторизации/регистрации, оно к тому же отправляет на сервер полученный токен, который закрепляется за пользователем и сохраняется в одной из таблиц базы данных. При этом пользователь при авторизации с другого мобильного устройства будет генерировать новый токен (так как с ним будет связан новый экземпляр *Firebase*-приложения) и этот токен будет независимо от первого токена сохранен в базу данных. При этом стоит отметить, что в качестве мер безопасности токены сохраняются в локальной памяти устройства, но в течение времени неактивности могут быть автоматически очищены.

Рассмотрим, как работает логика рассылки уведомлений в системе. На сервере существует отдельный *Background*-сервис, который существует с самого старта приложения и работает в режиме 24/7. Одной из его зон ответственности является проверка изменений по сущностям базы данных (например, информации о мероприятии – приглашение нового участника, наступление начала мероприятия, окончание мероприятия или его перенос).

Реализация отправки уведомлений на электронную почту или прямиком на устройства пользователей практически ничем не отличается, кроме как использованием разных клиентов – *SMTP*-клиента для создания *email*-сообщений (информация о *email*-адресе хранится у каждого пользователя и требуется при регистрации) и *Firebase*-клиента для создания *push*-уведомлений (рассылка происходит на авторизованные мобильные устройства благодаря сохранению токенов).

Заключение

По итогам данного исследования можно сделать вывод о том, что текущий *IT*-рынок является достаточно конкурентоспособным и независимым, поэтому для того, чтобы вывести свою организацию или проект на новый уровень, нужно стремиться к увеличению качества и показателей работы за счет внедрения любых возможных обоснованных мероприятий по автоматизации и оптимизации.

На рынке программных продуктов уже существует ряд экосистем программных систем (обычно выпускаемых на платной или подписочной основе), выпущенных как общие решения по автоматизации работы огромных информационных проектов. При этом для функционирования небольших *IT*-проектов порой достаточно более компактной и проверенной системы, которая может быть разработанной *IT*-организацией непосредственно для внутреннего использования. Поэтому зачастую для небольших коммерческих *IT*-организаций разработка приложения, способного автоматизировать основные технологические процессы внутри проекта, является очень актуальной задачей. При этом выполнение разработки мобильного клиент-серверного приложения, которое бы отвечало всем требованиям организации, не так уж и сложно и требует только наличие разработчиков, имеющих технические компетенции в создании знакомых и проверенных архитектурных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернс Б. Распределенные системы. Паттерны проектирования. СПб.: Питер, 2019. 224 с.: ил. (Серия «Бестселлеры *O'Reilly*»). *ISBN* 978-5-4461-0950-0.
2. Колисниченко Д.Н. Программирование для *Android*. Самоучитель. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2020. 288 с.: ил. *ISBN* 978-5-9775-6587-5.
3. Рихтер Дж. *Clr Via C#*. Программирование на платформе *Microsoft .NET Framework* 4.5 на языке *C#*. 4-е изд. СПб.: Питер, 2013. 896 с.: ил. (Серия «Мастер-класс»). *ISBN* 978-5-496-00433-6.
4. *Mastering PostgreSQL* 13. *Packt Publishing, Birmingham, UK*, 2020. 459 с. *ISBN* 978-1-80056-749-8
5. Моуэт Э. Использование *Docker* / пер. с англ. А.В. Снастина; науч. ред. А.А. Маркелов. М.: ДМК Пресс, 2017. 354 с.: ил. *ISBN* 978-5-97060-426-7.

Поступила 13.03.2024

УДК 004.42

А.Д. Леонтьев

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ: ПРОБЛЕМА РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СБОРА ДАННЫХ

В статье рассматриваются результаты исследования проблемы использования различных источников сбора данных. Проведенное исследование показало, что автоматизация сбора данных с использованием описанных инструментов позволяет сократить количество времени и ресурсов для сбора и дальнейшей обработки данных.

Анализ данных занимает центральное место в функционировании современных компаний, играя важную роль в принятии стратегических решений и определении дальнейших шагов. Однако, наряду с признанным значением этой практики, существует малообсуждаемая проблема, сталкивающая компании с вызовами оперативного и эффективного анализа множества данных.

Данная проблема связана с разнообразием источников данных, доступных для анализа. Процесс создания информационных дашбордов и выводов о деятельности компании предполагает тщательную подготовку и сбор данных из различных источников. Однако выполнение этого процесса часто осложняется неоднородностью форматов и доступа к данным, требующих интеграции из различных источников:

– физические документы и фотографии;
– рекламные системы, включая платформы социальных сетей (*VK*, *Facebook*), посевы в мессенджерах (*Telegram*), а также сетевые рекламные кампании;
– сервисы вебинаров и видеоконференций (*Bizon, YouTube, LiveDigital*);
– системы управления взаимоотношениями с клиентами (*CRM*) и маркетинговые *CRM*-платформы (*Bothelp, Unisender, AmoCRM*);
– веб-сайты и внутренние системы обучения (ЛМС);
– социальные медиа-платформы и множество других источников данных.

Нередко возникают трудности в доступе к данным через API различных платформ. Например, в *API* рекламных систем часто отсутствует необходимая функциональность, что затрудняет оперативный анализ эффективности рекламных кампаний. Это особенно критично для компаний, стремящихся реализовать подход *data-driven* маркетинга, требующий непрерывного мониторинга и анализа рекламных активностей в реальном

времени.

Интеграция данных из различных источников становится ключевым фактором для успешного анализа и принятия обоснованных решений. Необходимо обеспечить совместимость и согласованность данных из разных источников для создания единой информационной базы, способной обеспечить комплексный анализ бизнес-процессов и эффективное управление ими. Для этого используются инструменты автоматизированного сбора данных, которые также позволяют:

– ускорить выполнение работ. Ручная обработка и анализ данных может занимать много времени и ресурсов. Процесс автоматизированного сбора данных позволяет существенно сократить время, необходимое для сбора, обработки и анализа информации;

– сократить количество ошибок. Одним из основных недостатков ручной обработки данных является высокая вероятность человеческих ошибок. При автоматизированном сборе данных вероятность ошибок сокращается до минимума;

– экономить затраты. Применение инструментов автоматизации в сборе данных позволяет компаниям сократить расходы на обработку информации. Экономия затрат происходит за счет уменьшения необходимости в найме дополнительной рабочей силы, обучения сотрудников и прочих расходов, связанных с ручным сбором и анализом данных.

Рассмотрим основные методы автоматизированного сбора данных:

– веб-скрапинг – данный метод применяется для сбора данных из онлайн-источников, которые не предоставляют удобных интерфейсов для автоматического сбора информации. Веб-скрапинг может быть выполнен как вручную, так и с помощью специальных ботов, которые имитируют поведение пользователя на веб-страницах. Эти боты позволяют извлекать данные, необходимые для анализа, из различных веб-сайтов и приложений;

– веб-сканирование – данный метод предполагает автоматический переход по ссылкам на веб-сайтах с последующим сбором и анализом информации. Веб-сканеры способны автоматически переходить между различными страницами для сканирования необходимых данных. Этот метод обеспечивает более широкий охват информации и удобство в работе с большими объемами данных;

– использование *API* – *API* (интерфейс программирования приложений) представляет собой набор инструментов и протоколов, которые позволяют взаимодействовать с программным обеспечением и сервисами. Многие веб-платформы предоставляют *API* для доступа к данным. Использование *API* упрощает автоматизацию сбора данных, поскольку данные извлекаются в структурированном виде и могут быть легко интегрированы в системы аналитики и управления данными компании.

Инструменты автоматизированного сбора данных работают следующим образом:

– запись информации – первый этап включает запись информации, которая может быть в физическом виде (например, на бумаге) или в электронном формате. Этап включает сканирование или фотографирование документов для перевода их в цифровой вид;

– обработка информации – на этапе обработки информации программа начинает распознавание данных, которые были записаны. Это может включать в себя очистку изображений от шумов, коррекцию цветовой гаммы и преобразование изображений в текстовый формат;

– сбор данных – далее происходит сбор данных из обработанных документов или из веб-ресурсов с помощью выбранного метода (например, веб-скрапинг, веб-сканирование или использование *API*). Если же данные собираются из онлайн-источников, то часто применяется веб-парсинг, представляющий собой процесс индексации и конвертации информации из различных форматов, таких как *HTML*, в более удобные для дальнейшей обработки данные. Собранные данные передаются в систему для дальнейшего анализа и использования;

– проверка – на этапе проверки производится дополнительная проверка данных для

обеспечения их точности и надежности. Это может включать сравнение данных из разных источников или проверку на наличие ошибок;

– использование собранных данных – последний этап: включает использование собранных данных для анализа, принятия решений и оптимизации бизнес-процессов. Собранные данные могут быть интегрированы с другими системами управления данными и использованы для прогнозирования, планирования и оптимизации деятельности компании.

После сбора данных из различных источников необходимо обеспечить их интеграцию для создания единой информационной базы, способной обеспечить совместимость и согласованность данных. Это позволит компаниям осуществлять комплексный анализ бизнес-процессов и эффективное управление ими. Для достижения этой цели используются различные методы и инструменты:

– структурирование данных: перед интеграцией необходимо структурировать данные из различных источников. Это включает в себя установление общих форматов и схем данных, чтобы обеспечить их совместимость;

– использование *ETL* (*Extract, Transform, Load*) процессов: *ETL*-процессы представляют собой методы извлечения данных, о которых мы говорили ранее, из различных источников, их преобразования в согласованный формат и загрузки в целевую систему или базу данных, что позволяет автоматизировать процесс интеграции и обеспечить единое хранилище данных;

– использование централизованных хранилищ данных: создание централизованного хранилища данных позволяет хранить все данные в одном месте, что упрощает их интеграцию и доступность для анализа. Хранилищами данных могут выступать такие сервисы как *Data Warehouse*, использующиеся для хранения и анализа больших данных и *Data Lakes*, предоставляющие возможность хранения неструктурированных данных в их первоначальном виде, что упрощает процесс интеграции;

– использование *API* и стандартизация данных: при доступе к данным через *API* различных платформ важно стандартизировать форматы данных, чтобы обеспечить их согласованность. Это позволит легко интегрировать данные из разных источников;

– мониторинг качества данных: важно регулярно мониторить качество данных после интеграции. Это включает в себя проверку на дубликаты, ошибки или несоответствия в данных;

– использование инструментов автоматизации: инструменты автоматизации, такие как средства управления данными и *ETL*-платформы, помогают ускорить и упростить процесс интеграции данных. Инструментами автоматизации могут быть как инструменты визуализации данных, такие как *Tableau, Power BI* или *Qlik*, так и инструменты управления данными, такие как *Apache Airflow* или *Microsoft Azure Data Factory*. Также, для автоматизации могут использоваться собственные скрипты и алгоритмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесковец Ю. А., Раджараман А. Анализ больших наборов данных. М.: ДМК, 2016. 498 с.
2. Миркин Б.Г. Введение в анализ данных: учебник и практикум. Люберцы: Юрайт, 2016. 174 с.
3. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере: учеб. пособие / Науч. ред. В.Э. Фигурнов. М.: ИД ФОРУМ, 2017. 368 с.
4. Маккинли, У. *Python* и анализ данных. М.: ДМК, 2015. 482 с.

Поступила 14.03.2024

УДК 681.518.2

Н.М. Журавлев

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

В данной статье подробно описаны основные подходы и методы управления материальными ресурсами на предприятиях в современной промышленности их преимущества, недостатки и принципы применения. Анализ таких методов проводится с целью получения информации для разработки алгоритмов управления (оценивания и прогнозирования) материалоемкостью промышленных сооружений на основе экономики замкнутого цикла в рамках существующей информационной системы «Urban mining database».

Эффективное управление материалоемкостью в промышленности является ключевым элементом успешной деятельности производственных предприятий. Материалоемкость определяется как объем материалов, необходимых для производства конкретного продукта или выполнения определенной работы. Эффективное управление этим ресурсом позволяет оптимизировать производственные процессы, снизить издержки и повысить конкурентоспособность компании.

Существует ряд инновационных подходов к управлению материалоемкостью промышленных объектов, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Далее рассмотрены наиболее часто встречающиеся на практике методы управления ресурсами производства, их преимущества, недостатки, возможности и варианты использования.

Just-in-Time (*JIT*) – Точно в срок. Основной принцип *JIT* заключается в минимизации запасов материалов и компонентов до необходимого минимума, чтобы избежать излишних затрат на хранение и улучшить операционную эффективность. *JIT* подразумевает поставку материалов и компонентов исключительно в тот момент, когда они фактически необходимы для производства, что позволяет сократить циклы производства и улучшить гибкость производственного процесса.

Такой подход требует детального планирования всей цепочки поставок ресурсов, высокого уровня погруженности всего участвующего персонала в логистический процесс, сильного, отказоустойчивого программного обеспечения и оборудования, а также надежных и профессиональных поставщиков. Эти факторы позволяют избежать хранения и учета непригодных товаров, снизить количество операций с каждым элементом ресурсного оборота, тем самым повысить качество используемых товаров и материалов и минимизировать риски утраты или порчи товаров и материалов. Отдельно можно выделить возможность реагирования на изменение спроса. Продукция не копится на складе, благодаря чему компания может оперативно изменить качественную и количественную составляющую ресурсов и материалов под запросы производства и клиентов.

Достижение описанного уровня экономии времени и средств на практике предполагает наличие определенных побочных эффектов и недостатков. Слишком большая часть успеха концепции зависит от качества поставщиков, что снижает уровень контроля процессов самой компанией. На описанные процессы сильное влияние оказывает текущая ситуация в мировой экономике. Резкий рост или падение цен могут негативно сказаться на логистических процессах, результаты которых востребованы на производстве в течение минимального периода времени. Отсутствие резервных запасов сильно повышает цену сбоев в любом месте выстроенной системы.

Рассмотренный метод был разработан в 50-х годах XX века компанией *Toyota* и активно используется в современности такими компаниями как *Apple*, *Boeing* и *Amazon*.

Economic Order Quantity (*EOQ*) – экономическое количество заказа. *EOQ* является методом оптимизации уровня запасов, который определяет оптимальный размер заказа

материалов или компонентов с учетом стоимости заказа, стоимости хранения и потребности в запасах. Цель такого подхода – минимизировать общие издержки на управление запасами, достигая баланса между издержками на заказ и издержками на хранение. Для расчета наиболее экономичного размера заказа G используется формула Уилсона:

$$G = \sqrt{\frac{2 * C_{\text{вып}} * S_d}{C_z * i}},$$

где $C_{\text{вып}}$ – издержки выполнения заказа (ден. ед.);
S_d – потребность в запасе данного вида (нат. ед.);
C_z – стоимость единицы запасов (ден. ед. / нат. ед.);
i – издержки хранения запасов (%).

Данная формула может модифицироваться в зависимости от периода времени, в ходе которого выполняются запросы, или в условии дефицита товаров, являющихся запасами, и прогнозируемых проблем с их закупкой. Расчет наиболее экономичного размера заказа производится в рамках системы управления запасами с фиксированным размером заказа, который как раз и должен быть равен наиболее экономичному размеру заказа.

EOQ позволяет оптимизировать уровень запасов и минимизировать общие издержки, включая издержки на заказ и издержки на хранение. *EOQ* представляет собой простую и понятную модель, которая может быть легко применена на практике. Правильное использование модели *EOQ* может помочь повысить эффективность управления запасами и оптимизировать производственные процессы.

Несмотря на ориентацию метода на точность математического расчета величин для оценки издержек и заказов, он имеет ряд практических недостатков. Модель *EOQ* основана на ряде предположений, которые могут не всегда соответствовать реальным условиям предприятия, таким как постоянные издержки на заказ и постоянные издержки на хранение. В реальных условиях применение модели *EOQ* может быть сложным из-за необходимости учета различных факторов, таких как изменения спроса, цен и т. д. Модель *EOQ* не учитывает риски, связанные с изменениями внешних условий, таких как нестабильность поставок или изменения цен на материалы.

Метод «*Vendor Managed Inventory*» (*VMI*) – производство по лицензии. Современная технология, позволяющая поставщику и клиенту совместно и взаимовыгодно управлять запасами, снижая тем самым риск нехватки или переизбытка материалов и товаров для производства, сокращая нагрузку на административный персонал с обеих сторон. В рамках *VMI* поставщик мониторит уровень запасов у клиента и автоматически пополняет их, когда необходимо. Это позволяет снизить издержки на складирование и улучшить эффективность цепочки поставок. Системы, использующие этот метод, достигают пика своей эффективности в условиях непрогнозируемых изменений спроса в связи с чрезвычайными обстоятельствами. Внедрение этого инструмента положительно сказывается на каждом звене цепи поставок, сокращая общий объем сохраняемых запасов и тем самым повышая оборачиваемость активов каждого участника.

Клиент всегда имеет в арсенале запасы, управляемые поставщиками, а значит, не теряет продажи и увеличивает лояльность покупателей. Объемы продаж планируются с учетом множества факторов, например, сезонности или акций, но в первую очередь на основании реального расхода товаров и желаемого уровня запаса на складе, поэтому на складе всегда имеется достаточно продукции, без переизбытка. Исключаются человеческий фактор и возможные ошибки в формировании товарных запасов.

Поставщик получает больше сведений о реальных продажах и может лучше планировать распределение и свой страховой запас, он также может быстро реагировать на изменения в спросе и обеспечивать непрерывное наличие ресурсов. За счет этих процессов повышается оборачиваемость активов и снижаются риски возможных финансовых потерь,

связанных, например, с возвратом непроданной продукции с истекшим сроком годности.

Для определения оптимального уровня запасов и клиент, и поставщик могут использовать настроенные *KPI*: отслеживать продажи по категориям, количество возвратов или необслуженных заказов и уточнять их причины, анализировать данные о покрытии запасов и планировать пополнение.

Недостатки данного подхода заключаются в высокой критичности рисков возможных ошибок в прогнозировании спроса со стороны поставщика, необходимости высокой степени доверия между поставщиком и клиентом, а также в том, что разработка и внедрение *VMI*-системы может повлечь за собой большие затраты, так как она должна предусматривать особенности процессов и хранения данных как на стороне клиента, так и на стороне поставщика.

Метод *ABC*-анализа. *ABC*-анализ — метод, позволяющий классифицировать ресурсы фирмы по степени их важности. Этот анализ является одним из методов рационализации и может применяться в сфере деятельности любого предприятия. В его основе лежит принцип Парето – 20% усилий приносят 80% результатов. *ABC*-анализ предполагает разделение всех элементов (товаров, клиентов, проектов и т.д.) на три категории:

- *A* – наиболее значимые элементы, которые приносят основной доход (около 20% элементов, но приносят около 80% дохода);
- *B* – средние элементы, которые приносят умеренный доход (около 30% элементов приносят около 15% дохода);
- *C* – наименее значимые элементы, которые приносят минимальный доход (около 50% элементов приносят около 5% дохода).

Помимо корректировки ассортимента продукции *ABC*-анализ можно использовать для оптимизации запасов. Разделяя товары на различные группы в зависимости от их важности, компания может лучше отслеживать наличие наиболее ценной продукции на складе.

Данный метод достаточно прост и надежен в применении, универсален для множества систем и бизнес-процессов и помогает оптимизировать использование ресурсов, наглядно демонстрируя важность определенных элементов системы. Однако он достаточно узкий и не гибкий в плане характеристик анализируемых объектов, не отражает влияния внешних факторов, не предусматривает выработанные тенденции за продолжительное время, поэтому его необходимо периодически повторять. *ABC*-метод направлен исключительно на количественные показатели объектов и не применим к качественным характеристикам, а также не всегда для предметной области будет подходить деление на 3 категории в описанных пропорциях, поэтому к данному методу существуют различные расширения.

Как видно из описания всех рассмотренных методов управления материальными ресурсами, каждый из них направлен на достижение наиболее оптимального времени выполнения бизнес-процессов, связанных с товарами и продуктами без потери качества выполнения этих процессов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что основой разрабатываемых методов и алгоритмов управления материалоемкостью промышленных сооружений должна стать информационная система, которая выполнит роль оптимизации бизнес-процессов, связанных с учетом и хранением данных, логистикой, принципами и подходами экономики замкнутого цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкова Ю.Ф. Стратегическое управление издержками производства // Научное обеспечение агропромышленного производства (материалы Международной научно-практической конференции, 25-27 января 2012 г., г. Курск, ч.2). Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2012.

2. Холодов П.П. Методические аспекты учета затрат в системе управления производством продукции // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, № 10, 2012.

3. Гаджинский А.М. Логистика: учебник для высших и средних специальных учебных заведений. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2001. 396 с. (с. 232–240).
4. Баев И.А. Экономика предприятия: учебник / И.А. Баев, В.М. Семенов, С.А. Терехова. М.: Инфра-М, 2012.

Поступила 14.03.2024

РАЗДЕЛ II.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 669.295

С.Д. Попов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ В РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

Выполнена формализация математического описания и последующее моделирование восстановительной плавки титансодержащих концентратов в производстве губчатого титана.

Восстановительная плавка титансодержащих концентратов представляет собой процесс металлургического обогащения исходного продукта диоксидом титана (TiO_2), благодаря отделению от него железа (Fe). При плавлении в руднотермической печи (РТП) шихты, состоящей из концентрата и твердого восстановителя (угля С), происходит избирательное восстановление оксидов железа (FeO, Fe_2O) до металла, а титан остается в окисленной форме вследствие большого сродства к кислороду и переходит в шлак.

Готовая шихта (смесь концентрата и угля) при поочередном кратковременном открывании затворов на печных карманах загружается в ванну руднотермической печи, где и происходит восстановительная плавка титансодержащих концентратов.

Ванна печи представляет собой емкость, футерованную изнутри огнеупорным кирпичом. Во избежание аварийной ситуации вследствие перегрева печи в подине печи выполнены каналы для принудительного воздушного охлаждения подины двумя вентиляторами ВЦ 14-46-5-02Б левого и правого исполнения.

Технологический процесс плавки концентратов включает две стадии:

– расплавление шихты и образование расплава из первичного шлака;
– довосстановление расплава (доводка).

С помощью контактных узлов электрический ток подается на электроды.

Период расплавления шихты электродами и образования жидкой ванны заканчивается при работе печи в полузакрытом режиме, как правило, к моменту расходования примерно 60% от всего расхода электроэнергии, установленной на плавку. Массовая доля FeO измеряется спектральным и рентгенорадиометрическим методами.

Формализация математического описания

В РТП поступает поток, состоящий из титанового концентрата и антрацита. Химическую реакцию, осуществляемую при перемешивании компонентов в зоне электрической дуги реактора, $\mathrm{FeO \cdot TiO_2 + C \rightarrow Fe + TiO_2 + CO}$ можно представить в виде: $A + B \rightarrow C + D + E$ Запишем уравнения материальных балансов для каждого компонента [1]:

$$\frac{d(VC_{A2})}{dt} = Q_1 C_{A1} - (Q_2 C_{A2} + R),$$

$$\frac{d(VC_{B2})}{dt} = Q_1 C_{B1} - (Q_2 C_{B2} + R),$$

$$\frac{d(VC_{C2})}{dt} = R - Q_2 C_{C2},$$

$$\frac{d(VC_{D2})}{dt} = R - Q_2 C_{D2},$$

$$\frac{d(VC_{E2})}{dt} = R - Q_2 C_{E2},$$

где $\frac{d(VC_2)}{dt}$ – количество вещества на выходе из реактора;

C_1, C_2 – входные и выходные концентрации для каждого вещества, кг/м^3.

Промоделируем полученную систему. По приведенным выше дифференциальным уравнениям построена блок-схема модели процесса плавки (рис. 1).

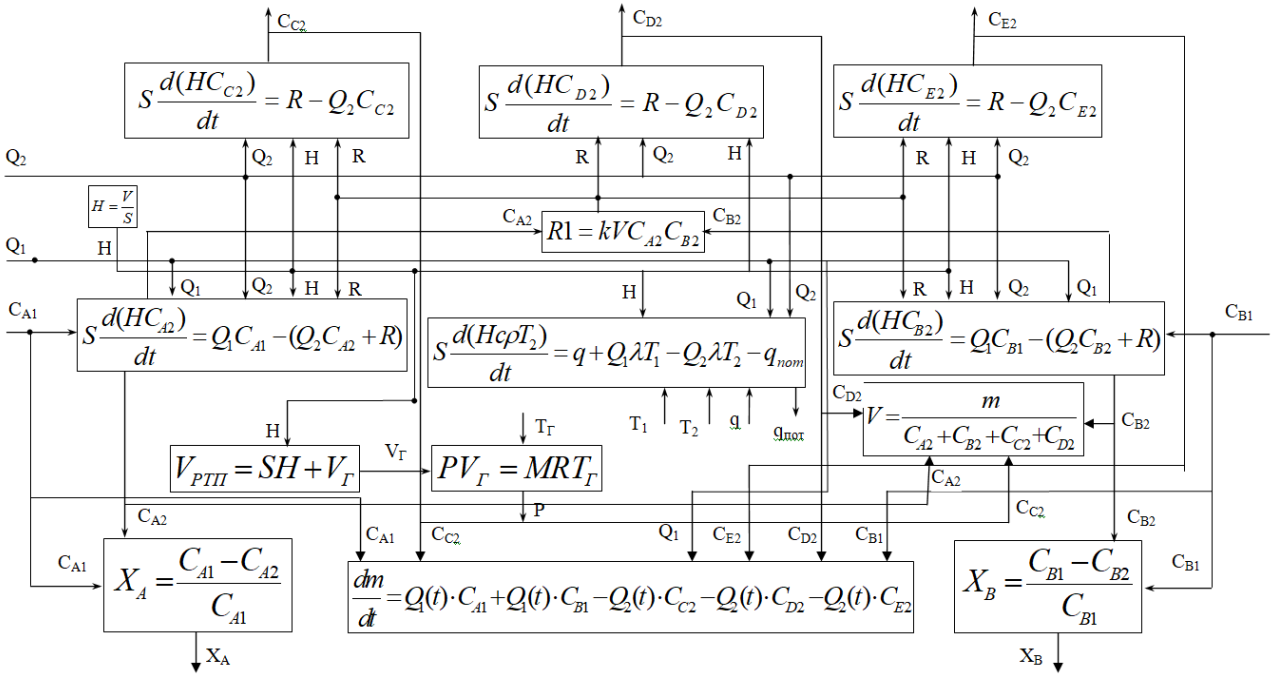


Рис. 1. Блок-схема процесса

Переменные, используемые в математическом описании модели:

Q_1, Q_2 – объемные расходы, входящий и выходящий соответственно, м^3/с;
V – объем расплава, м^3;
S – площадь ванны рудотермической печи, м^2;
H – уровень расплава, м;
$V_{рТП}$ – объем ванны рудотермической печи, м^3;
$V_г$ – объем газа, м^3;
$R1$ – скорость реакции в объеме V, кг/с;
k – константа скорости реакции по уравнению Аррениуса, с*м^3/кг;
R – универсальная газовая постоянная 8.314 Дж/(моль*К);
C_1, C_2 – входные и выходные концентрации для каждого вещества, кг/м^3;
c – удельная массовая теплоемкость расплава, содержащегося в емкости, Дж/(кг*К);
T_1 – температура входящего потока, К;
T_2 – температура выходящего потока, К;
q – тепловой поток, вносимый электроэнергией, Вт;
$Q_2\lambda T_1$ – поток тепла, приходящего с потоками концентратов и антрацита, Вт;
$Q_2\lambda T_2$ – поток тепла, уходящего с потоками чугуна, шлака и газов, Вт;
$q_{пот.}$ – потери тепла, Вт

λ – удельная объемная теплоемкость, Дж/(м^3*К);
ρ – плотность, кг/м^3.

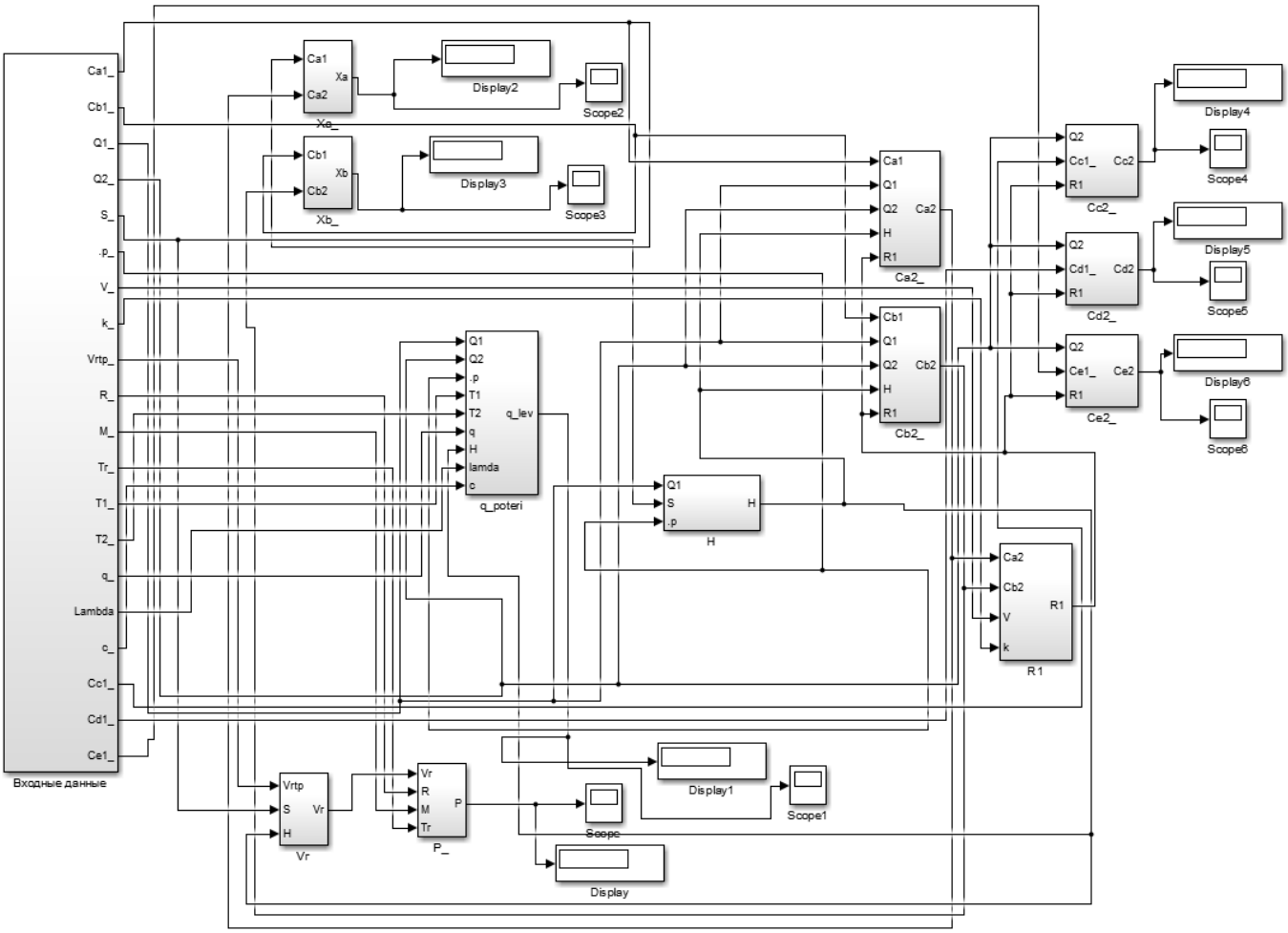


Рис. 2. Модель, реализованная в среде Mathlab

Рассчитаем массу расплава по уравнению материального баланса:

скорость накопления	=	приток	—	сток

$$\frac{dm}{dt} = Q_1(t)\cdot C_{A1} + Q_1(t)\cdot C_{B1} - Q_2(t)\cdot C_{C2} - Q_2(t)\cdot C_{D2} - Q_2(t)\cdot C_{E2},$$

где $Q_1(t), Q_2(t)$ – объемные расходы, входящий и выходящий соответственно, м^3/с;
m – масса расплава в ванне печи, кг.

Рассчитаем объем V расплава в ванне

$$V = \frac{m}{C_{A2} + C_{B2} + C_{C2} + C_{D2}}.$$

Учитывая, что сечение ванны постоянное, уровень можно определить как

$$H = \frac{V}{S},$$

где S – площадь ванны рудотермической печи, м^2;
H – уровень расплава, м.

Модель, реализованная в среде *Mathlab*, положена в основу исследования динамики разработанной системы управления процессом восстановительной плавки титансодержащих концентратов в производстве губчатого титана.

Поблочная реализация модели приведена в работе [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *MathCAD* и *Excel*: учебное пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
2. Попов С.Д. Поблочное описание математической модели восстановительной плавки титаносодержащих концентратов (в настоящем сборнике).

Поступила 07.03.2024

УДК 669.295

С.Д. Попов

ПОБЛОЧНОЕ ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ ТИТАНОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

В данной работе приведена поблочная реализация математического описания восстановительной плавки титаносодержащих концентратов в рудно-термической печи.

Структурная схема математической модели приведена в работе [1]. Общая концепция построения модели восстановительной плавки титаносодержащих концентратов выстроена в соответствии с рекомендациями [2, 3].

Для решения уравнения материального баланса заданы начальные условия: *Q*1, *Q*2. Подсистема *H* в данном блоке, изображенном на рис. 1, рассчитывает уровень расплава:

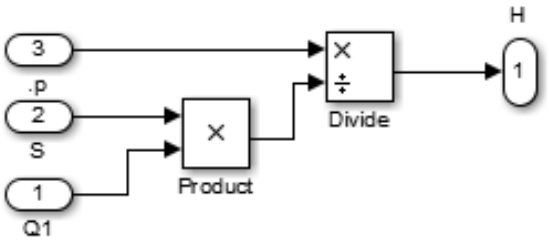


Рис. 1. Подсистема расчета уровня расплава

Так как емкость герметизирована, воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона для вычисления неизвестного давления в системе:

$$P \cdot V_{\text{г}} = M \cdot R \cdot T \ ,$$

где P – разрежение в системе, кПа;

M – количество молей вещества, ед;

R – универсальная газовая постоянная 8.314 Дж/(моль*К);

T – температура в системе, К.

В этом случае величина P меняется при изменении уровня Н.

Подсистема получения давления P (разрежение в системе) (рис. 2):

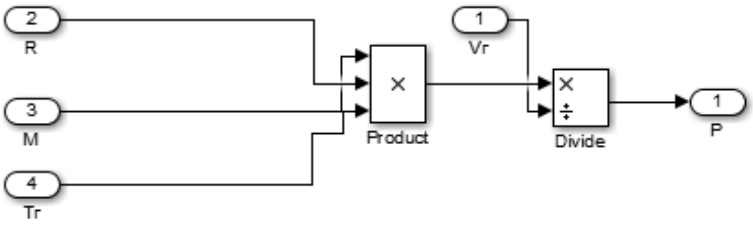


Рис. 2. Подсистема расчета разряжения в системе

Необходимо установить связь изменения разряжения в системе с изменением уровня. Для этого введем величины:

$V_{\text{ртп}}$ – объем ванны рудотермической печи, м^3;

$V_{\text{г}}$ – объем газа, м^3.

Таким образом,

$$V_{\text{ртп}} = S \cdot H + V_{\text{г}} \ .$$

Допуская, что газ в полости над жидкостью подчиняется условию идеальности газов, можно записать:

$$PV_{\text{г}} = MRT_{\text{г}} \qquad \text{при } T_{\text{г}} = \text{const} \ ,$$

где $T_{\text{г}}$ – температура отходящих газов, К.

Следовательно, появилась связь между H и P.

Подсистема получения $V_{\text{г}}$ (объем газа) приведена на рис. 3

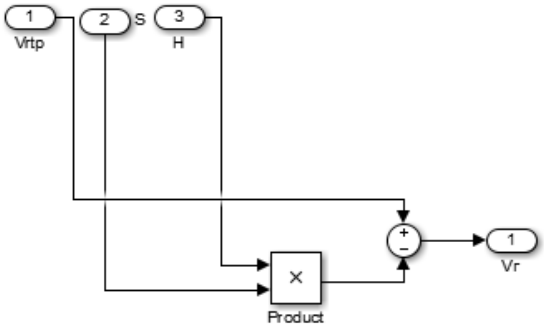


Рис. 3. Подсистема получения объема газа

Подсистема C_{A2} рассчитывает концентрацию ильменита (рис. 4):

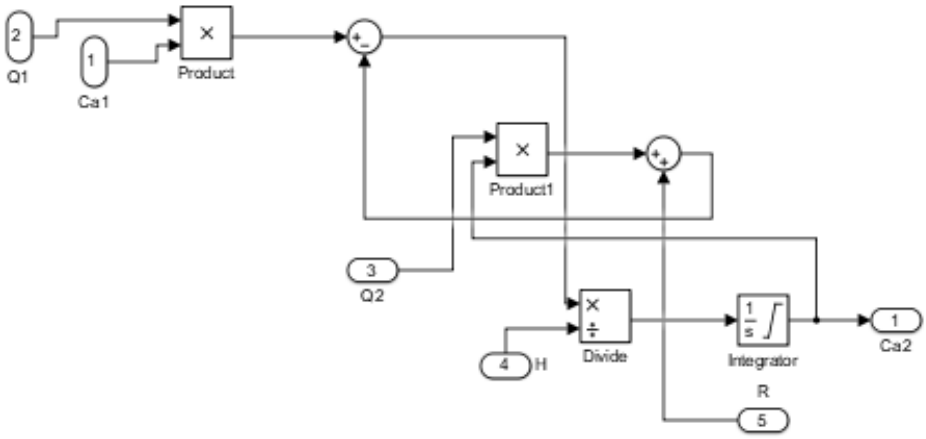


Рис. 4. Подсистема получения концентрации ильменита

Подсистема C_{B2} рассчитывает концентрацию углерода (рис. 5):

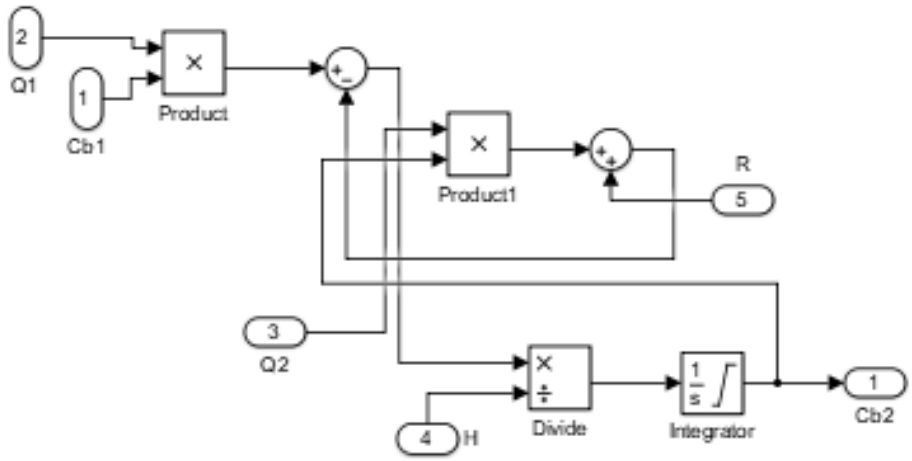


Рис. 5. Подсистема расчета концентрации углерода

Подсистема C_{C2} рассчитывает концентрацию железа (рис. 6):

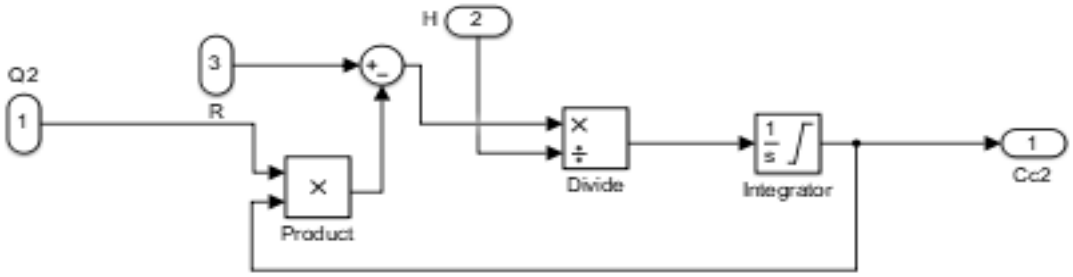


Рис. 6. Подсистема расчета концентрации железа

Подсистема C_{D2} рассчитывает концентрацию оксида титана (рис. 7):

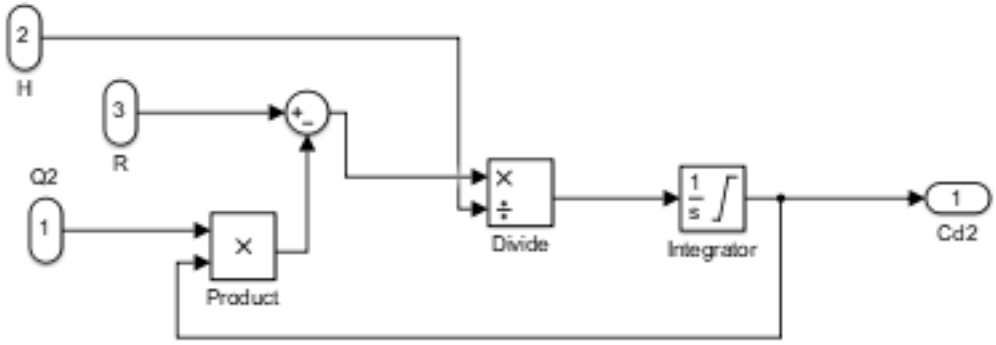


Рис. 7. Подсистема расчета концентрации оксида титана

Подсистема C_{E2} рассчитывает концентрацию монооксида углерода (рис. 8):

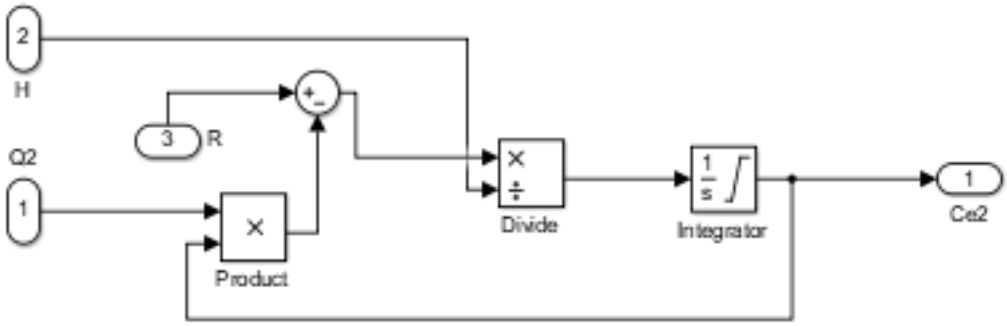


Рис. 8. Подсистема расчета концентрации монооксида вещества

Далее, входными параметрами следует рассчитать $Q1$, $Q2$, C_1, и в результате получить выходную концентрацию веществ (C_2).

Скорость реакции по закону действующих масс:

$$R1 = k \cdot V \cdot C_{A2} \cdot C_{B2},$$

где $R1$ – скорость реакции в объеме V, кг/с;
k – константа скорости реакции по уравнению Аррениуса, с*м^3/кг;

$$k = Ae^{-\frac{\Delta E}{RT}},$$

где A – предэкспоненциальный множитель, ед;
ΔE – энергия активации, Дж/моль;
R – универсальная газовая постоянная 8.314 Дж/(моль*К);
T – абсолютная температура, K.

Подсистема R рассчитывает скорость реакции в объеме (рис. 9):

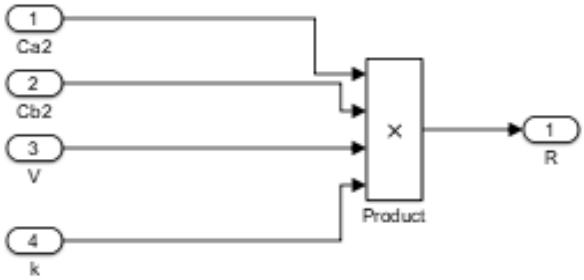


Рис. 9. Подсистема расчета скорости реакции в объеме

Степень превращения вещества X определяется по формуле:

$$X = \frac{C_1 - C_2}{C_1},$$

где C_1, C_2 – входные и выходные концентрации для каждого вещества, кг/м^3.

Подсистемы X_A и X_B рассчитывают входную/выходную степень превращения вещества (рис. 10, 11):

$$X_A = \frac{C_{A1} - C_{A2}}{C_{A1}}$$

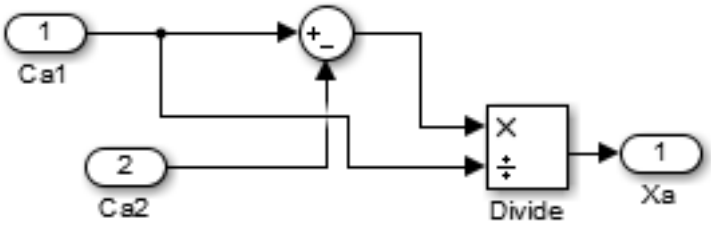


Рис. 10. Подсистема расчета входной степени превращения вещества

$$X_B = \frac{C_{B1} - C_{B2}}{C_{B1}}$$

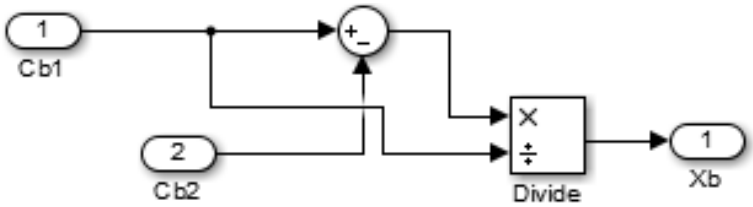


Рис. 11. Подсистема расчета выходной степени превращения вещества

Тепловой баланс:

скорость изменения энтальпии	=	приход тепла	—	расход тепла

$V c \rho T_2$ – тепло, содержащееся в расплаве, Дж;

$Q_1 \lambda T_1$ – поток тепла, приходящий с потоками концентратов и антрацита, Вт;

$Q_2 \lambda T_2$ – поток тепла, уходящий с потоками чугуна, шлака и газов, Вт.

Таким образом,

$$\frac{d(V \cdot c \cdot \rho \cdot T_2)}{dt} = q + Q_1 \cdot \lambda \cdot T_1 - Q_2 \cdot \lambda \cdot T_2 - q_{пот} \ ,$$

где V – объем расплава, м^3;

c – удельная массовая теплоемкость расплава, содержащегося в ванне, Дж/(кг*К);

ρ – плотность, кг/м^3.

T_1 – температура входящего потока, К;

T_2 – температура выходящего потока, К;

q – тепло, вносимое электроэнергией, Вт;

$q_{пот.}$ – потери тепла, Вт.

Подсистема *q_poteri* рассчитывает тепловые потери (рис. 12):

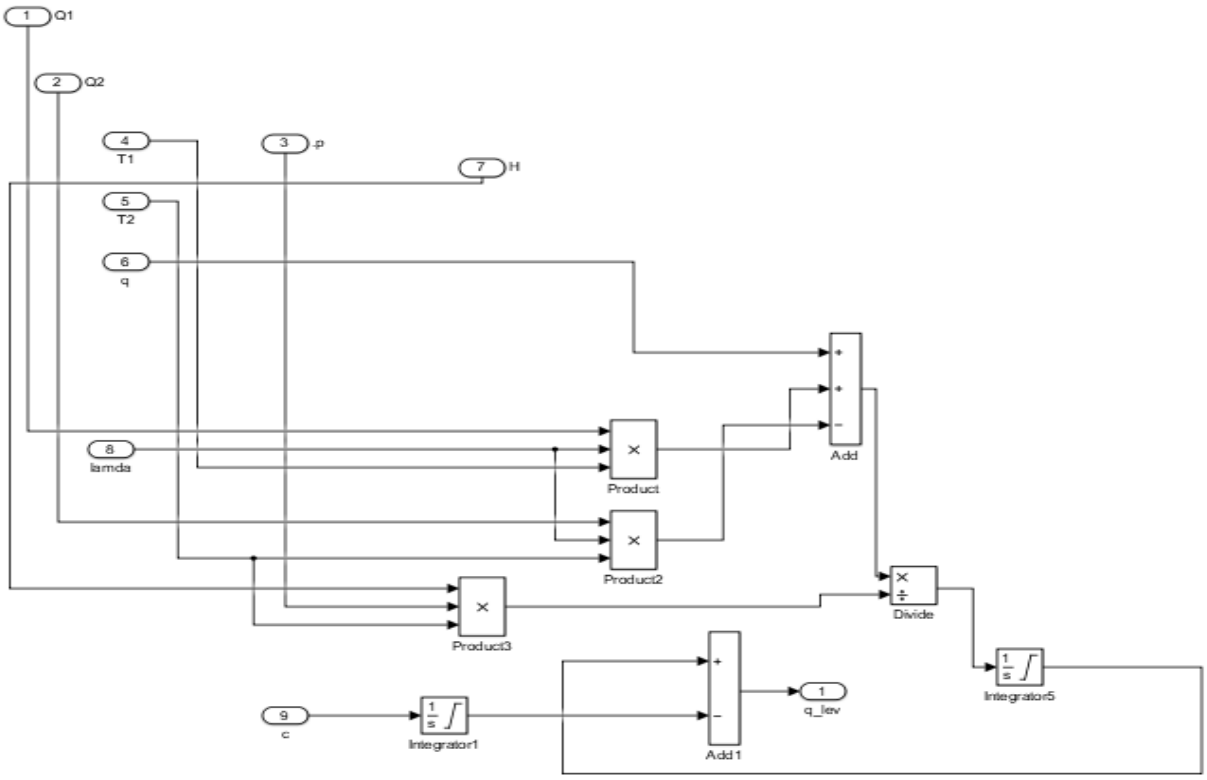


Рис. 12. Подсистема расчета тепловой потери

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов С.Д. Математическое моделирование восстановительной плавки титансодержащих концентратов в руднотермической печи (в настоящем сборнике).
2. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *MathCAD* и *Excel*: учебное пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
3. Мелюшев Ю.К. Основы автоматизации химических производств и техника вычислений. М.: Химия, 1982. 360 с.

Поступила 07.03.2024

УДК 66-2

Ю.М. Анохин, Т.В. Пасько

СИСТЕМА ВЫГРУЗКИ НАНОТРУБОК

В статье рассматривается наиболее подходящее приспособление для выгрузки наноматериалов.

Система выгрузки нанотрубок: инновационная технология с бесконечными возможностями.

Нанотехнология – одна из самых перспективных отраслей науки, и она имеет широкий спектр применения в различных областях, таких как медицина, электроника, энергетика и многие другие. Нанотрубки, в частности, представляют собой структуры, которые могут иметь диаметр всего несколько нанометров, но при этом быть достаточно длинными. Одним из самых существенных вопросов, связанных с нанотрубками, является их выгрузка из реакционной среды после процесса синтеза. В данной статье мы рассмотрим систему выгрузки нанотрубок как инновационную технологию с бесконечными возможностями.

Сам процесс выгрузки нанотрубок из реакционной среды представляет собой задачу, требующую большого внимания и усилий. Причина заключается в том, что нанотрубки, как правило, обладают микроразмерами, что делает их чрезвычайно хрупкими и подверженными поломке при механическом воздействии. Также, из-за своей низкой массы, нанотрубки часто слипаются и образуют крупные комки, что затрудняет их выгрузку.

Механические методы выгрузки нанотрубок, такие как синтез в пылеобразных системах, имеют свои недостатки. Они обычно имеют невысокую эффективность и часто требуют сложных процедур или опасных химических веществ. Кроме того, они не всегда позволяют контролировать форму и структуру нанотрубок, что является важным требованием для многих приложений.

Однако процесс создания и манипулирования нанотрубками является сложным, требует высокой точности и контроля. Для облегчения этой задачи и был разработан выгружной шнек для нанотрубок – инновационное устройство (рис. 1), которое позволяет обработать нанотрубки с большей эффективностью и улучшить качество конечной продукции.

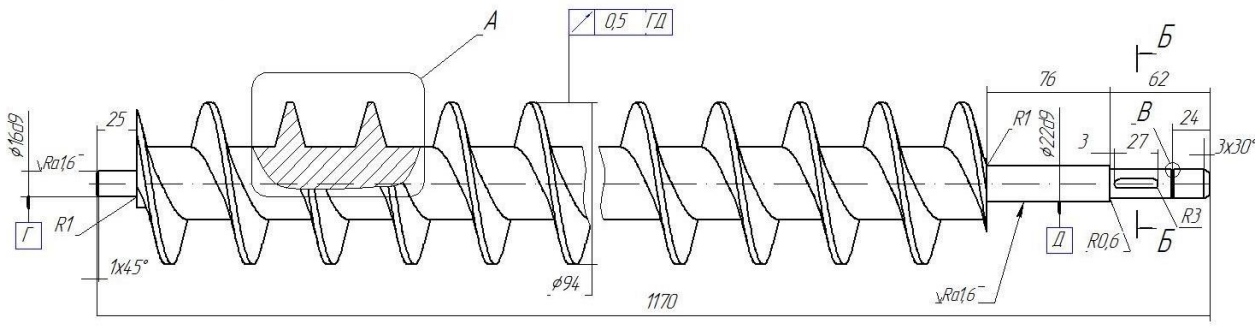


Рис. 1. Шнек

Систему выгрузки (рис. 2) представляет собой механизм, предназначенный для транспортировки груза перемещением вдоль вращающейся винтовой поверхности внутри трубы. Принцип работы выгружного шнека заключается в том, что в накопительный бункер, или непосредственно во входной патрубок, попадает сыпучий материал, вращающиеся лопасти винта захватывают порции груза и продвигают его в сторону выходного патрубка, по достижении выходного отверстия груз покидает механизм через него. Винт приводится во вращение приводным устройством, состоящим из электродвигателя и трансмиссии. Такая технологическая схема обладает компактностью и легка в обслуживании, что повышает коэффициент полезного действия, и в упрощении оборудования.

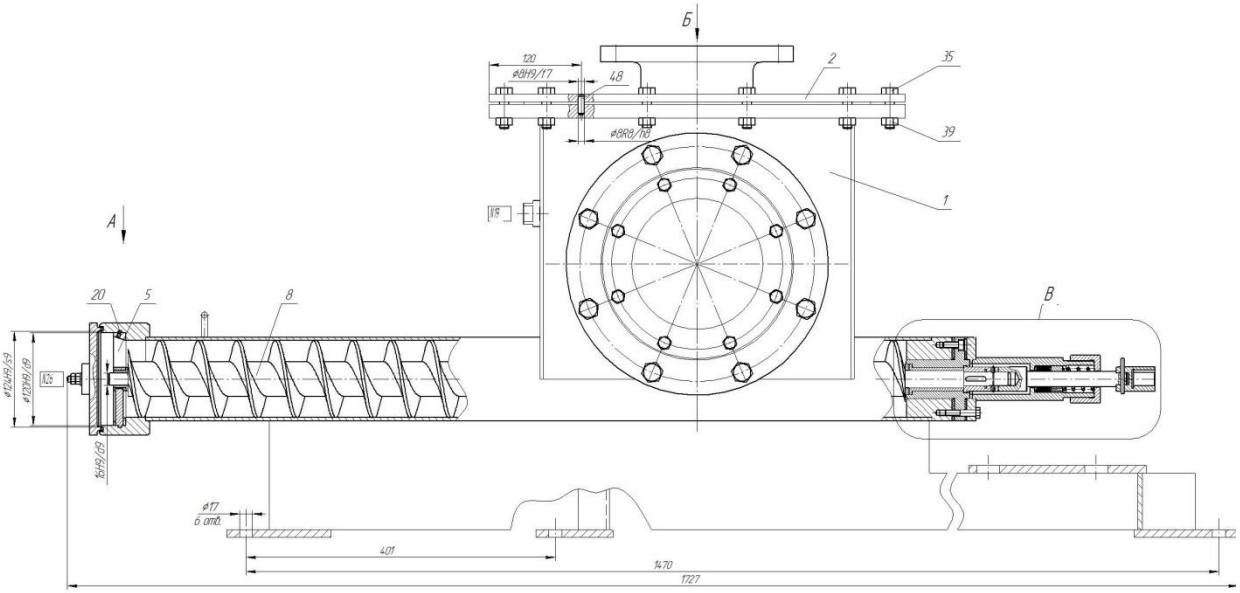


Рис. 2. Система выгрузки

Применение выгружного шнека для нанотрубок имеет ключевое преимущество, он способствует точному продвижению нанотрубок до места хранения или фасовки. Еще выгружной шнек позволяет проводить манипуляции с нанотрубками даже при наличии макроскопического движения, что значительно повышает производительность процесса обработки. Это особенно важно для массового производства нанотрубок и создания больших их массивов.

Оборудование, оснащенное шнеками, применяют для перемещения и дозирования цемента и других смесей. Обычно такими устройствами укомплектованы многие заводы, специализирующиеся на производстве цемента и бетона.

В пищевой промышленности устройства, укомплектованные шнеками, просто незаменимы. Ведь с их помощью транспортируют различные продукты питания, в том числе мясо, зерно, полуфабрикаты, соль, сахар. Для перемещения некоторой продукции могут

понадобиться механизмы нестандартных размеров. Поэтому предприятия осуществляют заказ металлообработки и создание шнеков для своих производств по индивидуальным проектам.

В фармацевтической и химической промышленности детали позволяют перемещать сырье в герметичных конструкциях. В итоге исключается контакт сырья с окружающей средой.

Шнеками также комплектуют стрелковое оружие, мясорубки, прессы для производства соков и масел, комбайны и другие транспортные средства.

Применение шнека зависит от конкретных условий и требований. Однако, существуют несколько основных характеристик, которые обеспечивают эффективность шнека:

1. Диаметр и скорость вращения. Более крупный диаметр и быстрое вращение шнека позволяют эффективно перемещать материалы и обеспечивать высокую пропускную способность.
2. Мощность двигателя. Шнек должен быть снабжен достаточно мощным двигателем, чтобы обеспечивать надежную работу и преодолевать сопротивление материалов.
3. Материал и тип шнека. Различные материалы и типы шнеков подходят для разных видов материалов. Например, для сыпучих материалов, таких как зерно или цемент, популярным выбором являются спиральные шнеки, а для вязких материалов, таких как глина или ил, подходят лопастные шнеки.
4. Геометрия шнека. Оптимальная геометрия шнека может значительно повысить эффективность его работы. Например, шнеки с увеличенным внутренним диаметром и заостренной формой конца обеспечивают более плавный поток материалов и снижают шансы на застревание или затруднение их движения.
5. Поддержка и обслуживание. Важно выбирать шнеки, которые легко чистить, обслуживать и заменять элементы, чтобы минимизировать простои и обеспечивать непрерывную работу установки.

Важно отметить, что выбор самого эффективного шнека должен основываться на конкретных условиях и требованиях работы, поэтому рекомендуется консультироваться с производителями или экспертами в данной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии. Под ред. Детнерский Ю.И., 2-е изд., перераб. и доп./ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Детнерский и др. М.: Химия, 1991. 496 с.
2. Зенков Р.Л. Бункерные устройства/ Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев. М.: Машиностроение, 1977. 221 с.
3. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах, Т.2 / А.Г. Косилова Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986. 656 с.

Поступила 09.03.2024

УДК 532.73

А.В. Белоногов

ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Рассматривается процесс растворения калийной руды. Составлена математическая модель и представлена ее реализация в программе MathCad. Проведен анализ модели для выбора управляющего и возмущающего воздействий

В первый шнековый растворитель из расходного бункера подается сильвинитовая руда после размола. Также в растворитель поступает часть горячего растворяющего щелока и средний щелок из слива второго растворителя.

Из первого растворителя насыщенный щелок отправляется на осветление, а не растворившаяся руда подается во второй растворитель.

Расходом руды на предприятии управляют дистанционно, с помощью оператора, на основе показателей концентрации и плотности в среднем щелоке [1].

Функциональная схема процесса представлена на рис. 1.

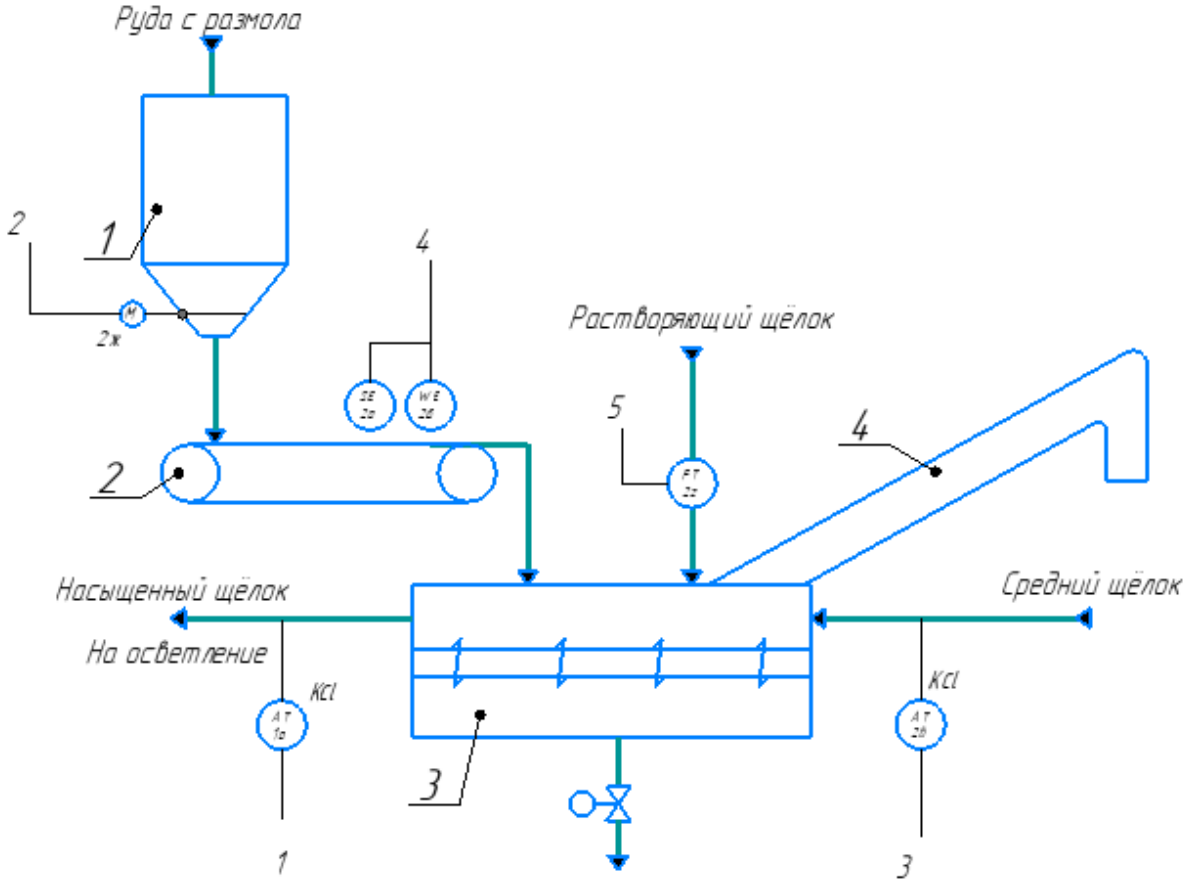


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации этапа растворения
1 – бункер расходный; 2 – ленточный конвейер; 3 – растворитель шнековый;
4 – обезвоживающий элеватор

У данного процесса есть следующие проблемы:

- изменение температурного режима;
- изменение соотношения руда/щелок;
- размер руды после дробления.

Поскольку крупность помола контролируется на стадии дробления, а температуру поддерживают за счет горячего растворяющего щелока, температуру которого контролируют на стадии подготовки горячего растворяющего щелока. Будем управлять соотношением руды к щелоку [2].

Перейдем к моделированию нашего объекта. Составим модель в программе *MathCad* на основе материального баланса процесса растворения [3].

Материальный баланс процесса растворения:

$$V \cdot \frac{dC_{\text{см}}}{dt} = F_{\text{р}} \cdot C_{\text{р}} + F_{\text{рщ}} \cdot C_{\text{рщ}} + F_{\text{срщ}} \cdot C_{\text{срщ}} - F_{\text{нщ}} \cdot C_{\text{см}} - F_{\text{ор}} \cdot C_{\text{ор}},$$

где $F_р$ – расход руды, м^3/ч;

$C_р$ – концентрация KCl в руде;

$F_{рщ}$ – расход растворяющего щелока, м^3/ч;

$C_{рщ}$ – концентрация KCl в растворяющем щелоке;

$F_{срщ}$ – расход среднего щелока, м^3/ч;

$C_{срщ}$ – концентрация KCl в среднем щелоке;

$F_{нщ}$ – расход насыщенного щелока, м^3/ч;

$C_{см}$ – концентрация KCl в смеси (насыщенный щелок);

$F_{ор}$ – расход отработанной руды, м^3/ч;

$C_{ор}$ – концентрация KCl в отработанной руде;

V – объем смеси в растворителе, м^3.

Реализация модели представлена на рис. 2.

Значения расходов

$Fр := 175 \quad Fрщ := 254 \quad Fсщ := 921 \quad Fор := 145 \quad Fнщ := 1205$

Значения коцентраций

$Ср := 0.28 \quad Срщ := 0.13 \quad Ссщ := 0.18 \quad Сор := 0.2$

Примем, что смесь занимает 50% аппарата

$V := \frac{4 \cdot 3 \cdot 22}{2} = 132$

Given

$t := 0, 0.01 .. 10$

$V \cdot \frac{d}{dt} Ссм(t) = Fр \cdot Ср + Fрщ \cdot Срщ + Fсщ \cdot Ссщ - Fор \cdot Сор - Fнщ \cdot Ссм(t)$

$Ссм(0) = 0.000001$

$Ссм := Odesolve(t, 1)$

р - руда

рщ - растворяющий щёлок

сщ - средний щёлок

ор - отработаная руда

нщ - насыщенный щёлок

см - смесь

Рис. 2. Реализация математической модели в MathCad

График модели представлен на рис. 3. Получили, что концентрация смеси $C_{см} = 0.182$ примерно равна концентрации насыщенного щелока $C_{нщ} = 0.19$, как и предполагалось.

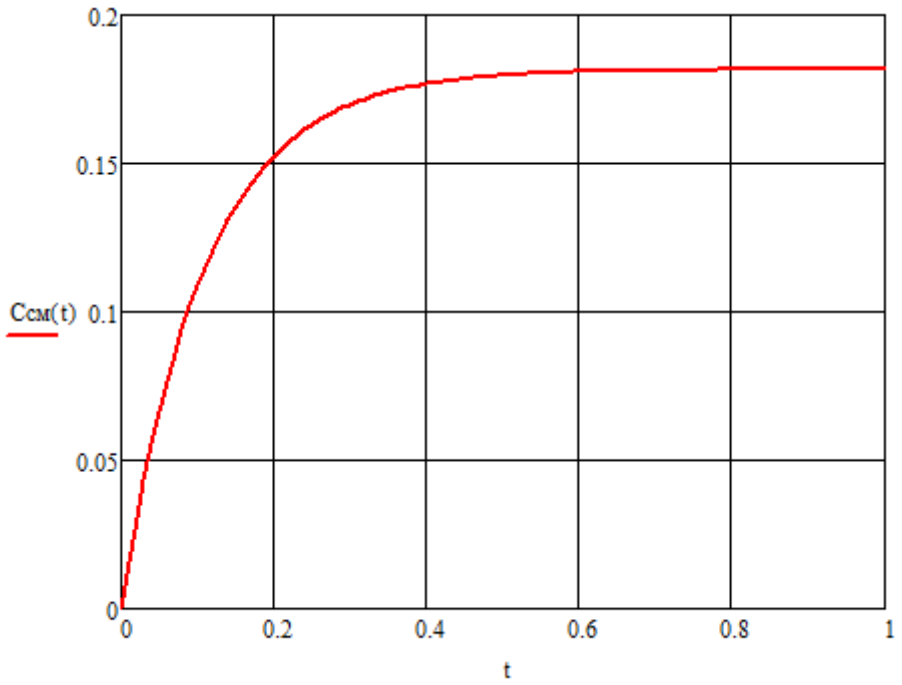


Рис. 3. Изменение концентрации насыщенного щелока, полученное на модели MathCad

Проведем анализ модели для выявления управляющего воздействия и возмущающего воздействия, которое будет вносить возмущения в систему. Для этого, изменяя расход одного из воздействий на 20%, выявим и проанализируем реакцию на выходе системы. Воздействие, которое окажет наибольшее влияние, может быть выбрано в качестве управляющего, а оставшееся станет возмущающим воздействием. Если изменить только расход растворяющего щелока или расход руды, то изменение остальных воздействий приведет к изменению в технологии процесса растворения. График изменения концентрации смеси при увеличении расхода руды с 175 м^3/ч до 210 м^3/ч представлен на рис. 4.

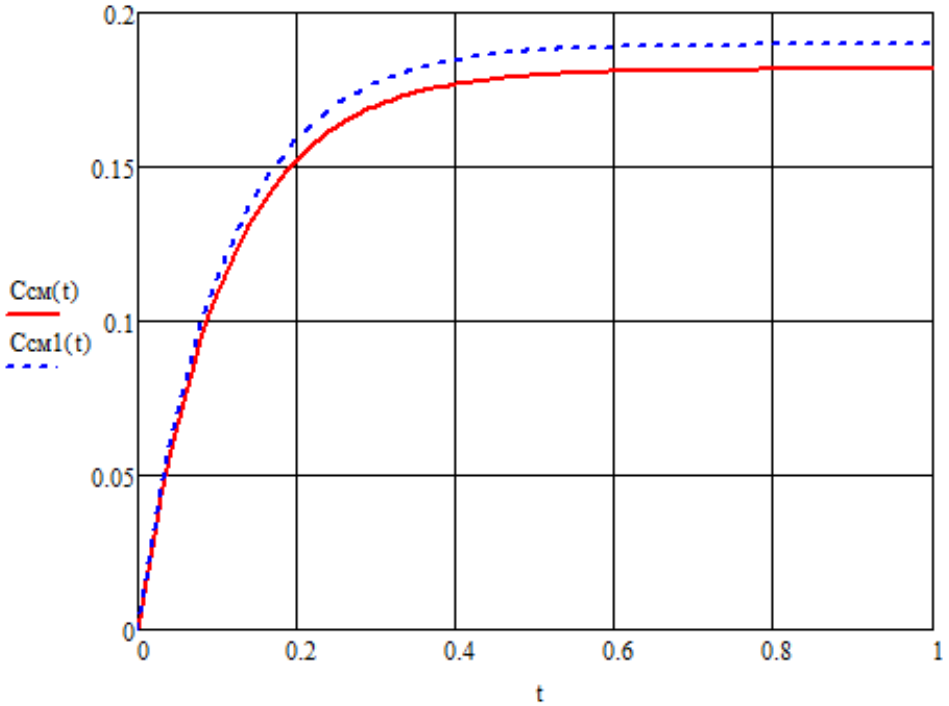


Рис. 4. Изменение концентрации насыщенного щелока при изменении расхода руды

График изменения концентрации смеси при увеличении расхода растворяющего щелока с 254 м^3/ч до 305 м^3/ч представлен на рис. 5.

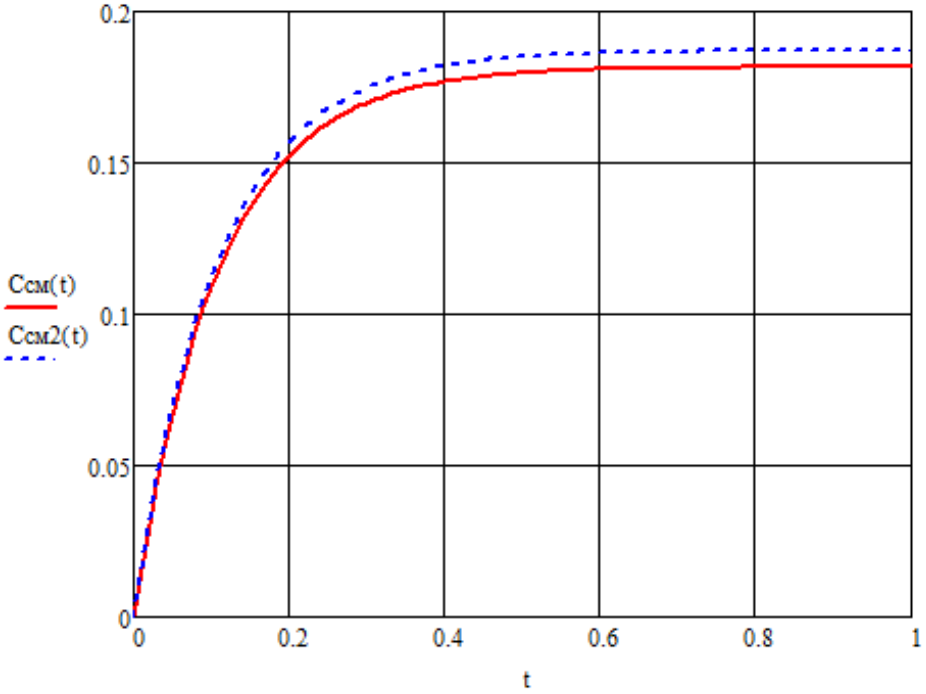


Рис. 5. Выхода системы при изменении расхода растворяющего щелока

Помимо увеличения параметров можно для проверки уменьшать их, но, возможно, возникнут противоречия. Сведем изменения воздействий в ту или иную сторону в табл. 1.

Таблица 1

Изменяемые значения параметров

	Стандартное значение	+20%	-20%
Расход руды	175	210	140
Расход растворяющего щелока	254	305	203

Покажем реакцию системы на изменения в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация смеси

	Стандартное значение	+20%	-20%
Расход руды	0.182	0.19	0.173
Расход растворяющего щелока	0.182	0.187	0.176

С помощью табл. 2 можно проанализировать влияние изменения концентрации смеси от изменения расходов. Можно сделать вывод, что изменение расхода руды оказывает большее влияние на концентрацию смеси, поэтому в качестве управляющего воздействия выбираем расход руды, а расход растворяющего щелока будет возмущающим воздействием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временный технологический регламент производства калия хлорида на БПКРУ-4.
2. Белоногов А.В. Автоматизация процесса растворения калийной руды // Решение: материалы 11-й Всерос. науч.-практ. конф. (Березники, 21 октября 2022). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 77-79.
3. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ. М.: «Химия», 1977. 272 с.

Поступила 12.03.2024

УДК 65.011.56:669.1

А.А. Ситова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ШЛАМОВОЙ ФЛОТАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИДА КАЛИЯ

Рассматривается процесс шламовой флотации, используемый СКРУ-3 ПАО «Уралкалий». Рассмотрены работы предшественников, и на их основании предложен свой вариант автоматизации.

Флотация все в большей степени становится ведущим и универсальным методом обогащения. Она используется в многих отраслях промышленности: металлургия, химическая технология, нефтегазовая промышленность и другие. Список флотируемых минералов постоянно растет и включает в себя практически все минералы, извлекаемые в промышленности при переработке.

Современный флотационный процесс прошел огромный путь в развитии, многое утратило свое практическое значение, но достижения, относящиеся к раннему этапу, не утратили свой практический интерес и применяются на новой технической основе [1].

Флотация – это метод обогащения полезных ископаемых, базируемый на разной всплываемости частиц. Для флотации используют флотационные машины, состоящие из камеры с аэрационным блоком, статора, камеры приемного кармана с патрубком и импеллера [2].

Целью данной работы является исследование динамики процесса шламовой флотации при производстве хлорида калия.

Актуальность обусловлена необходимостью увеличения извлечения хлорида калия в готовый продукт.

Значение проведенного исследования на практике состоит в предложении улучшения процесса таким образом, чтоб повысить качество извлечения в готовый продукт.

На рис. 1 представлена технологическая схема отделения обогащения участка флотации.

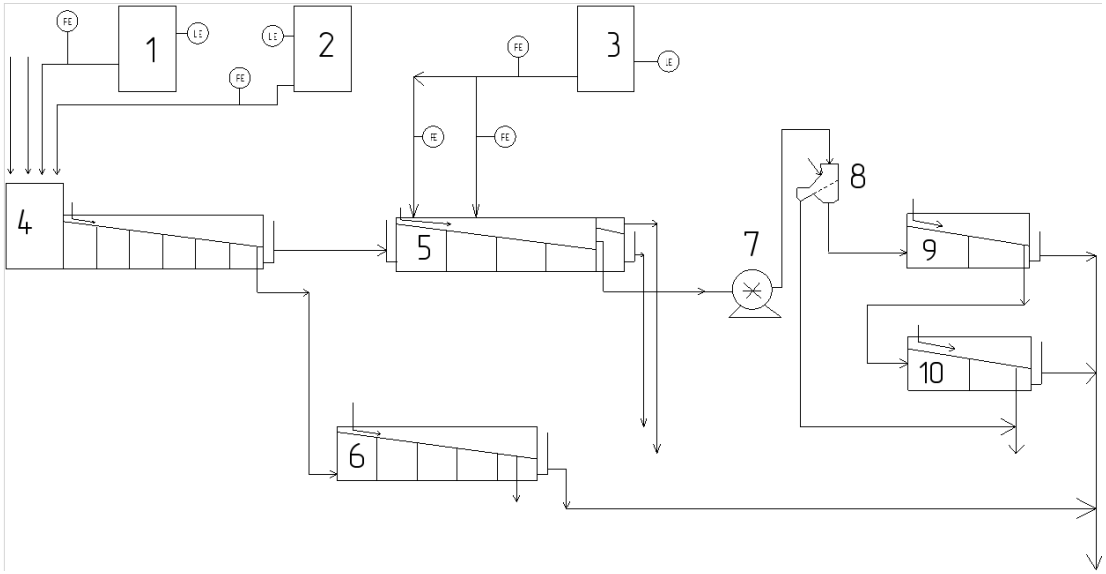


Рис. 1. Технологическая схема отделения обогащения участка флотации
1, 2, 3 – чаны с реагентами; 4 – флотационная машина шламовой флотации; 5 – флотационная машина основной флотации; 6 – флотационная машина перечистной флотации шламов; 7 – насос; 8 – дуговое сито; 9, 10 – флотационная машина перечистной флотации концентрата

На СКРУ-3 флотационный способ обесшламования осуществляется с применением в качестве реагентов для флотации флокулянта – полиакриламила (ПАА) и реагента–собирателя Неонол АФ 9-25. Предварительная флокуляция шламов повышает эффективность флотации глинисто-карбонатных шламов.

Обработанная реагентами суспензия из пульподелителя распределяется в две параллельно работающие флотомашины основной шламовой флотации.

Пенный продукт основной флотации шламов снимается в пенный желоб с помощью пеногона, разбавляется маточником и поступает в трехкамерную флотомашину перечистной флотации шламов, оснащенную успокоительными решетками.

Пенный продукт перечистной флотации шламов снимается в пенный желоб пеногоном, разбавляется маточником и самотеком поступает в пульподелитель, разделенный на две зоны. В первую зону пульподелителя, кроме пенных продуктов флотомашин, подаются слабоминерализованные сточные воды из емкости, перекачиваемые насосами.

Пена, образующаяся на поверхности сгустителей, снимается пеносъемным устройством и самотеком направляется в пульподелитель.

Осветленный слив сгустителей является оборотным маточником и поступает в емкость маточника, откуда насосами подается в коллектор маточника. Из коллектора маточник поступает в технологический процесс.

Камерный продукт основной шламовой флотации направляется на основную флотацию сильвина [3].

Описать динамику флотационного процесса можно различными математическими моделями. В данной работе исследование динамики проведено у одной камеры флотационной машины. Возмущением является скорость поступления пульпы [4].

Динамические характеристики камеры флотационной машины, используемой на производстве хлорида калия:

$$S\frac{dh}{dt} = \mathrm{v}_{\text{вх}} - \mathrm{v}_{\text{вых}}.$$

Выполнив замену $\frac{d}{dt} \to s$; $h \to h(s)$; $-\mathrm{v}_{\text{вых}} \to -v_{\text{вых}}(s)$, преобразование по Лапласу выглядит следующим образом:

$$S \cdot s \cdot h(s) = -\mathrm{v}_{\text{вых}}(s),$$

$$S \cdot \frac{h(s)}{\mathrm{v}_{\text{вых}}(s)} = -\frac{v_{\text{вых}}(s)}{\mathrm{v}_{\text{вых}}(s)}.$$

Передаточная функция примет вид:

$$W(s) = \frac{h(s)}{\mathrm{v}_{\text{вых}}(s)} = -\frac{1}{Ss} = -\frac{k}{s},$$

$$k = -\frac{1}{S}.$$

Площадь камеры, приняв ее за объект квадратной формы со стороной a = 3,4 м, будет равна:

$$S = a \cdot a = 3{,}4 \cdot 3{,}4 = 11{,}56 \text{ м}^2,$$

$$k = -\frac{1}{11.56}.$$

На рис. 2 представлена структурная схема модели в *Simulink*, состоящая из блоков *Step*, *Transfer Fcn*, *Sum*, *Gain* и *Scope*.

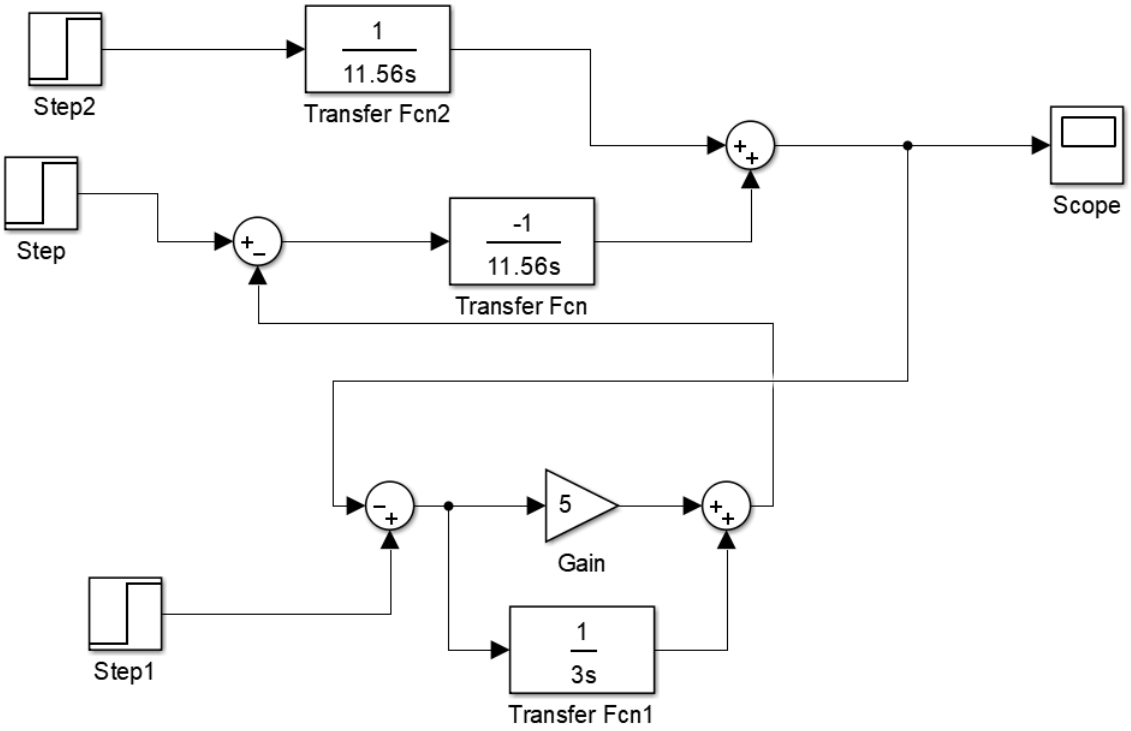


Рис. 2. Структурная схема модели в Simulink

Модель рассматривается по двум состояниям: по возмущению и по управлению.

1. Для получения переходного процесса по управлению (рис. 3) настройка параметров *Step* будет следующей:

- общие: *Step time* = 1; *Initial value* = 0; *Sample time* = 0;
- для *Step*: *Final value* = 0;
- для *Step*1: *Final value* = 1;
- для *Step*2: *Final value* = 0.

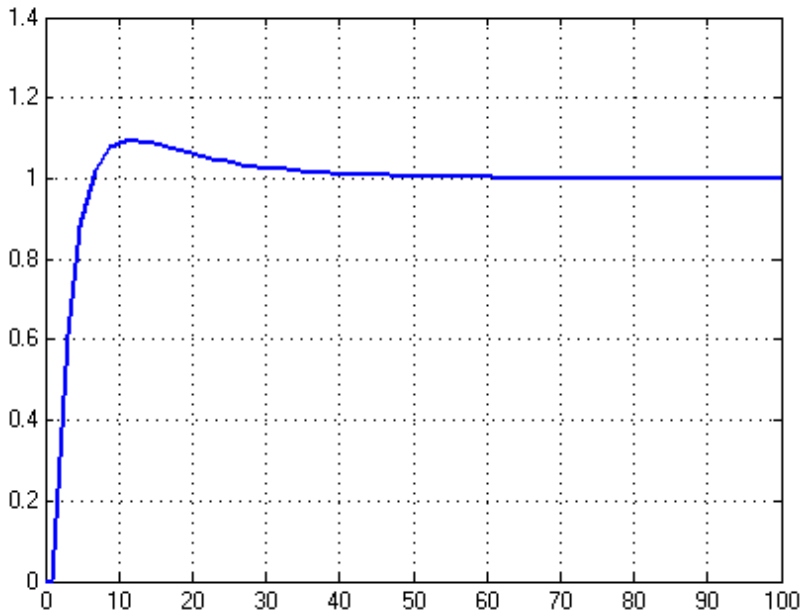


Рис. 3. Переходный процесс по управлению

2. Для получения переходного процесса по возмущению в первом случае (рис. 4) настройка параметров *Step* будет следующей:

- общие: *Step time* = 1; *Initial value* = 0; *Sample time* = 0;
- для *Step*: *Final value* = 1;
- для *Step1*: *Final value* = 0;
- для *Step2*: *Final value* = 0.

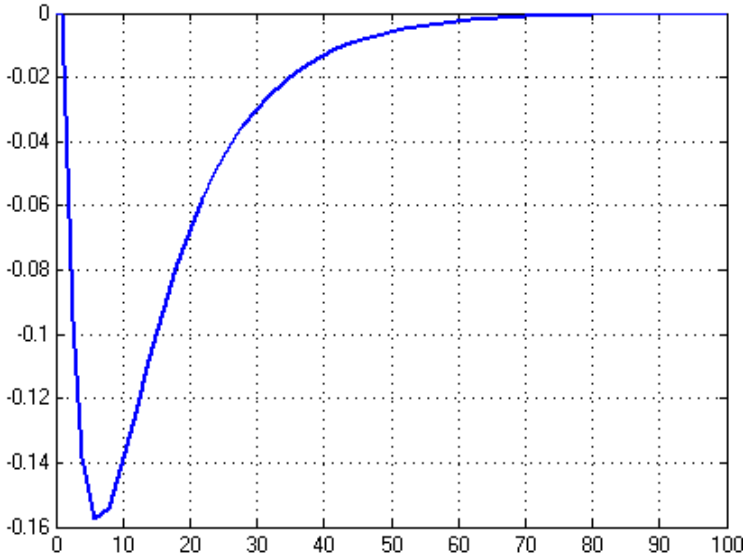


Рис. 4. Переходный процесс по возмущению через выходной поток

3. Для получения переходного процесса по возмущению во втором случае (рис. 5) настройка параметров *Step* будет следующей:

- общие: *Step time* = 1; *Initial value* = 0; *Sample time* = 0;
- для *Step*: *Final value*=0;
- для *Step*1: *Final value*=0;
- для *Step*2: *Final value*=1.

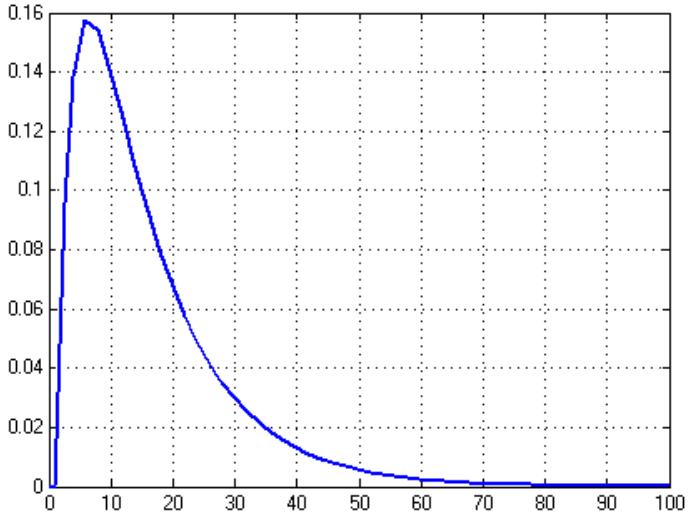


Рис. 5. Переходный процесс по возмущению через входной поток

Исходя из полученных графиков, можно сделать вывод, что система является управляемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонина А.А. Управление процессом флотации с разделением концентрата по его флотируемости на два потока //Решение. Пермь: Изд-во Пер. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. С. 152.
2. Афонина А.А. Управление процессом флотации с разделением концентрата по его флотируемости на два потока // Решение. Пермь: Изд-во Пер. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 172.
3. Постоянный технологический регламент № 6 производства калия хлористого флотационным способом и отгрузки калия хлористого на СКРУ-3.
4. Афонина А.А. Управление процессом флотации с разделением концентрата по его флотируемости на два потока // Решение. Пермь: Изд-во Пер. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 8, 84.

Поступила 12.03.2024

УДК 004.942: 62-503.51

А.Д. Алексеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ ВТОРОЙ ЕМКОСТИ НА ПЕРЕРЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ

Целью данной статьи является исследование влияния изменения площади сечения первой емкости на процесс регулирования уровня жидкости во второй емкости при постоянной площади сечения второй емкости

Исследуемая система и ее математическая модель представлены в работе [1]. Возможности математической модели как инструмента исследования динамики системы приведены в работе [2]. В нашем исследовании в качестве основы для анализа также используется математическая модель [1], описывающая динамику изменения уровня жидкости в зависимости от площади сечения. Ключевой задачей исследования является выявление того, как изменение площади сечения влияет на перерегулирование и длительность переходного процесса. Перерегулирование отражает максимальное отклонение уровня жидкости от заданного значения в процессе достижения стабильного состояния. Длительность переходного процесса – это интервал времени, необходимый для того, чтобы уровень жидкости вернулся и оставался в пределах заданных параметров после внесения изменений.

Начальные условия модели представлены на рис. 1 в среде *MathCAD*.

$k1 := 0.5 \ \frac{м^3}{ч \cdot м}$ $k2 := 1.2 \ \frac{м^3}{ч \cdot м}$ $Hzad := 2 \ м$ $a1 := 5 \ м^2$ $a2 := 6 \ м^2$

$Kp := 1$ пропорциональная составляющая регулятоора

$\tau := 10 \ ч$ интегральная составляющая

Рис. 1. Начальные условия модели

Для оценки качества процесса были проведены серии экспериментов с различными значениями площади сечения первого элемента системы ($a1$), при этом площадь сечения второго элемента ($a2$) оставалась постоянной и равной 6 м^2.

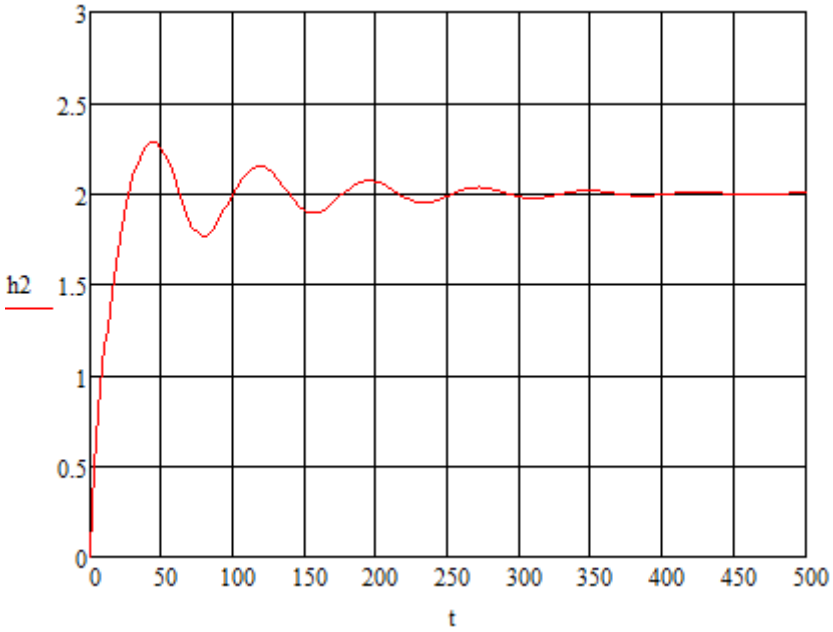


Рис. 2. График перерегулирования и длительности переходного процесса

Для каждого значения $a1$ м^2 были измерены и проанализированы перерегулирование и длительность переходного процесса. Эти данные позволили оценить, как изменение площади сечения влияет на регулирование уровня жидкости во второй емкости ($h2$).

При $a1$ = 5 м^2 наблюдалось перерегулирование 15%, и длительность переходного процесса составила 450 с. Это означает что система обладает относительно высокой устойчивостью, однако склонна к значительному перерегулированию при изменении параметров входного сигнала, а длительность переходного процесса указывает на то что системе требуется значительное время для адаптации к новым условиям.

С уменьшением $a1$ до 3 м^2 перерегулирование снижается до 10%, а длительность переходного процесса до 240 с. Это говорит нам о том, что при $a1$ = 3 м^2 демонстрируется значительное улучшение в управляемости и длительности переходного процесса.

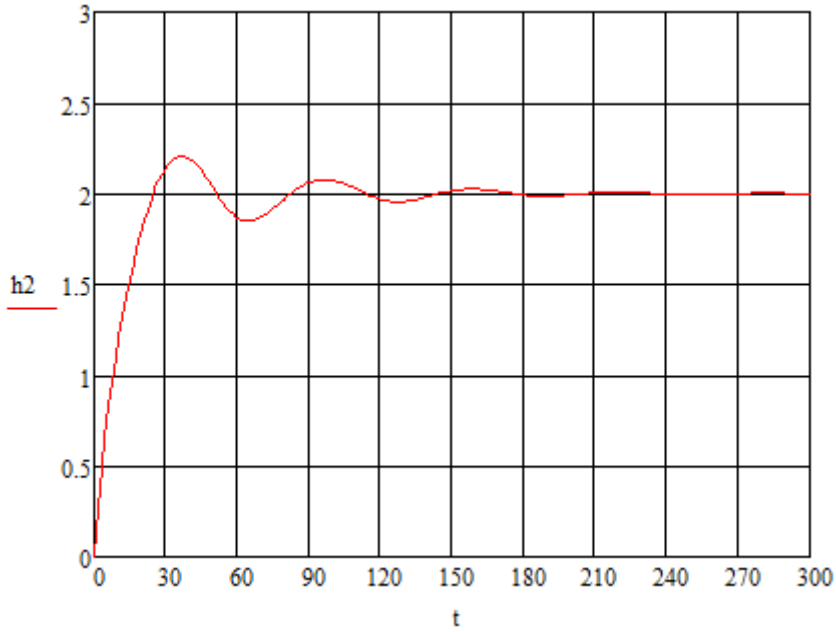


Рис. 3. График перерегулирования и длительности переходного процесса

Продолжая анализ, при $a1$ = 1 м^2 зафиксировано уменьшение перерегулирования до 5% и сокращение длительности переходного процесса до 60 с.

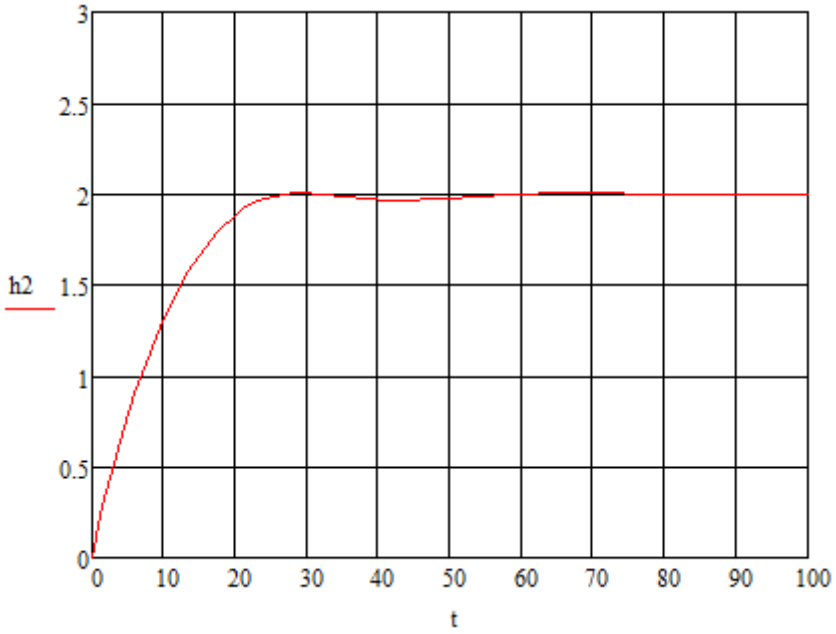


Рис. 4. Переходный процесс регулирования уровня во второй емкости

При таких настройках система демонстрирует оптимальные характеристики как с точки зрения устойчивости, так и длительности переходного процесса. Это позволяет использовать такие настройки в местах, где требуется как высокая точность так и быстродействие системы. Анализ полученных данных показал, что с увеличением площади сечения $a1$ м^2 происходит увеличение как величины перерегулирования (рис. 5),

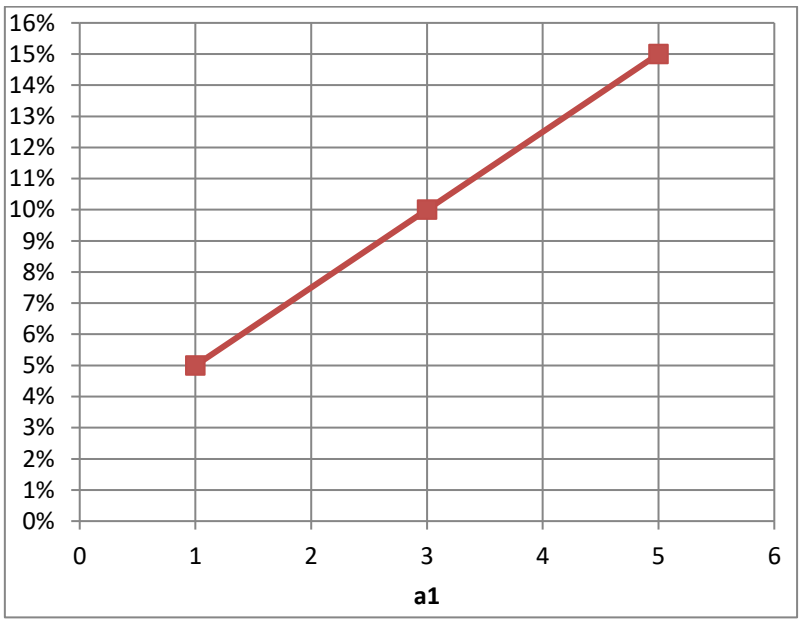


Рис. 5. Зависимость перерегулирования уровня во второй емкости от площади сечения первой емкости

так и длительность переходного процесса (рис. 6). Это свидетельствует о том, что большие значения $a1$ м^2 приводят к ухудшению регулирования уровня жидкости во второй емкости.

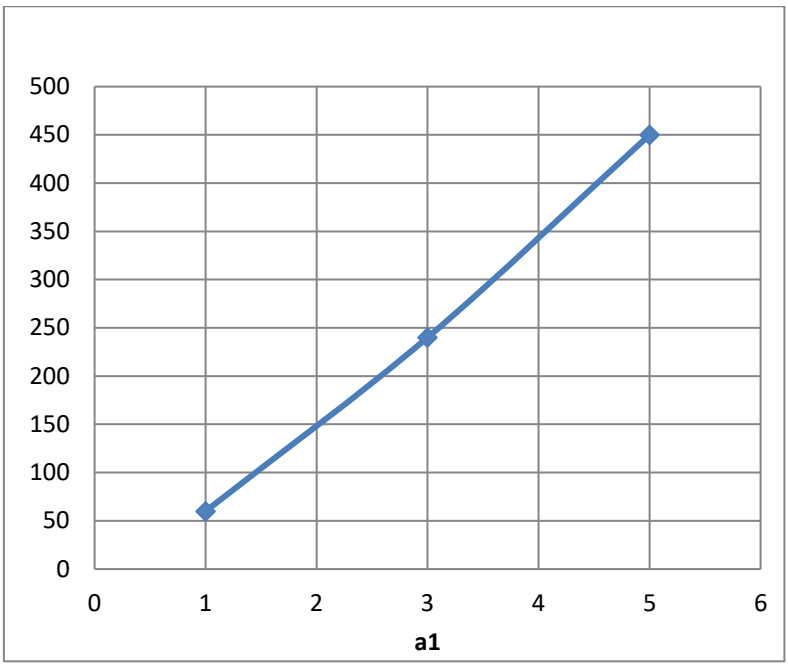


Рис. 6. Зависимость длительности регулирования уровня во второй емкости от площади сечения первой емкости

Исследование демонстрирует, что площадь сечения первого элемента системы регулирования уровня жидкости имеет значительное влияние регулирования уровня жидкости во второй емкости. Через тщательный анализ и оптимизацию параметров системы можно добиться значительного улучшения ее эффективности, что подтверждает необходимость дальнейших исследований в данной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *MathCAD* и *Excel*: учебное пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

2. Калачев Д.К. Математическое моделирование двухемкостного объекта (в настоящем сборнике).

Поступила 14.03.2024

УДК 62-503.51

В.О. Винокуров

ВЛИЯНИЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РЕГУЛЯТОРА ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ В ЕМКОСТИ

Рассмотрены результаты исследования влияния интегральной составляющей на динамику процесса регулирования уровня в емкости. В работе получены переходные процессы при определенных настроечных параметрах регулирования, определены оценки качества с использованием программного обеспечения MathCAD.

В статье [1] продемонстрированы схема регулирования уровня жидкости в емкости, уравнения математического описания, расходов, возмущений и критерий качества

регулирования. Составлена математическая модель в *MathCAD*, в результате которой наглядно показаны графики уровня в емкостях и управляющее воздействие.

Также в статье [1] были приведены результаты исследования при исходных данных:

$$k1 = 0.5,\ k2 = 1.2,\ Hzad = 2,\ a1 = 4,\ a2 = 3,\ K_p = 1,\ \tau = 10.$$

Далее изменение уровня при таких исходных данных рассматривается в качестве базового результата. Решением на модели в *MathCAD* [2] с этими параметрами получен график регулирования уровня во второй емкости, приведенный на рис. 1.

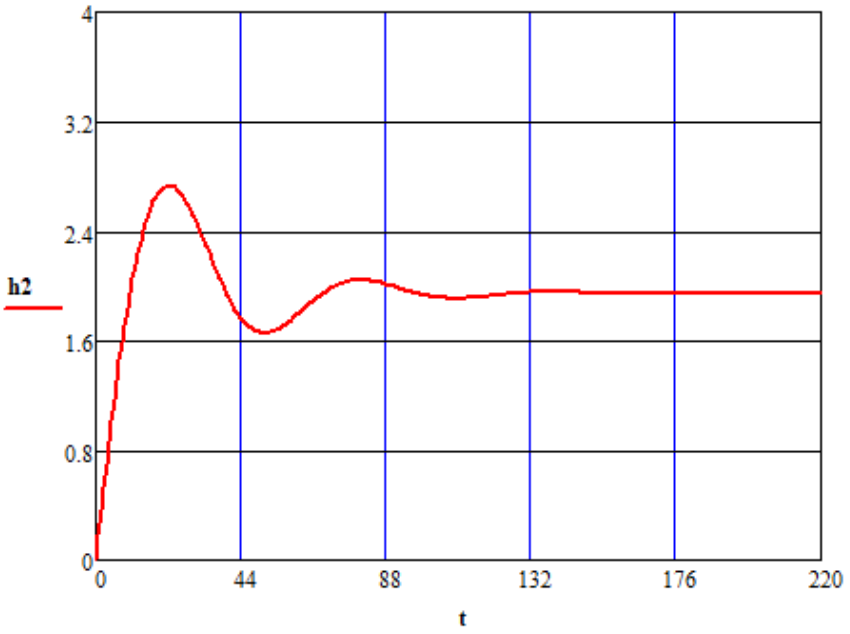


Рис.1. График регулирования уровня во второй емкости

Далее время интегрирования регулятора было увеличено с 10 с до 15 с. В результате проведения вычислительного эксперимента получен переходный процесс, представленный на рис. 2.

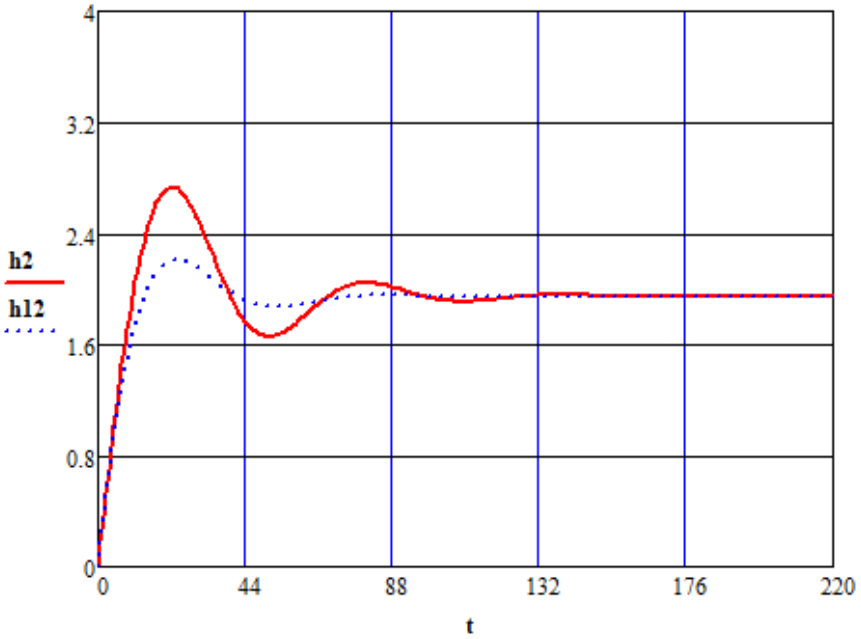


Рис. 2. График регулирования уровня во второй емкости:
h2 – базовый результат при τ=10 с; h12 – при τ=15 с

При анализе графика можно сделать вывод, что при увеличении времени интегрирования на 5 с перерегулирование уменьшается с 2,8 до 2,0 м, а время регулирования изменяется незначительно.

Далее время интегрирования уменьшено с 10 с до 8 с, в результате получен следующий график регулирования уровня во второй емкости при уменьшении интегральной составляющей:

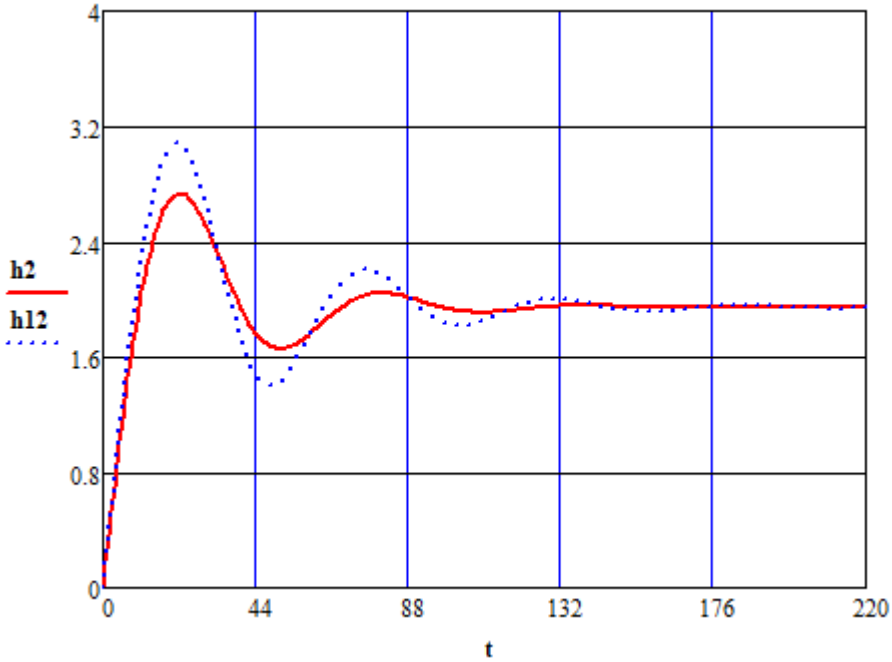


Рис. 3. График регулирования уровня во второй емкости:
h2 – базовый результат при τ=10 с; h12 – при τ=8 с

При анализе графика можно сделать вывод, что при уменьшении времени интегрирования увеличивается перерегулирование с 2,8 до 3,0 м, а время регулирования увеличивается с 145 с до 200 с.

В данной работе был рассмотрен процесс регулирования уровня в емкости. Результатом исследования выявлено существенное влияние времени интегрирования на перерегулирование и время переходного процесса. Снижение величины времени интегрирования способствует снижению амплитуды колебаний при незначительном изменении длительности переходного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калачев Д.К. Математическое моделирование двухемкостного объекта в *MathCAD* (в настоящем сборнике).

2. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *MathCAD* и *Excel*: учебное пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю.Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

Поступила 14.03.2024

УДК 62.503.51

Д.В. Дедерчук

ВЛИЯНИЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РЕГУЛЯТОРА НА ДИНАМИКУ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ В ЕМКОСТИ

В статье рассматриваются результаты исследования пропорциональной составляющей регулятора на качество регулирования в математической модели регулирования уровня жидкости в емкости.

В статье [1] было проведено исследование модели регулирования уровня жидкости в емкости, была представлена принципиальная схема объекта регулирования и его модель в *MathCAD*. В ходе проведения вычислительных экспериментов на этой модели можно получить несколько графиков. Один из которых – это график регулирования уровня во второй емкости.

Также в статье [1] были приведены исходные значения параметров модулируемого процесса, одна из которых – пропорциональная составляющая регулятора ($K_p = 1$).

С помощью данной математической модели двухемкостного объекта можно выявить, как пропорциональная составляющая регулятора влияет на качество регулирования уровня жидкости в емкости. Для этого запустим модель в *MathCAD* [2] с заданными исходными параметрами

$$K_1 = 0.5,\ K_2 = 1.2,\ Hzad = 2,\ A_1 = 4,\ A_2 = 3,\ K_p = 1,\ \tau = 10$$

и получим график регулирования уровня во второй емкости рис. 1.

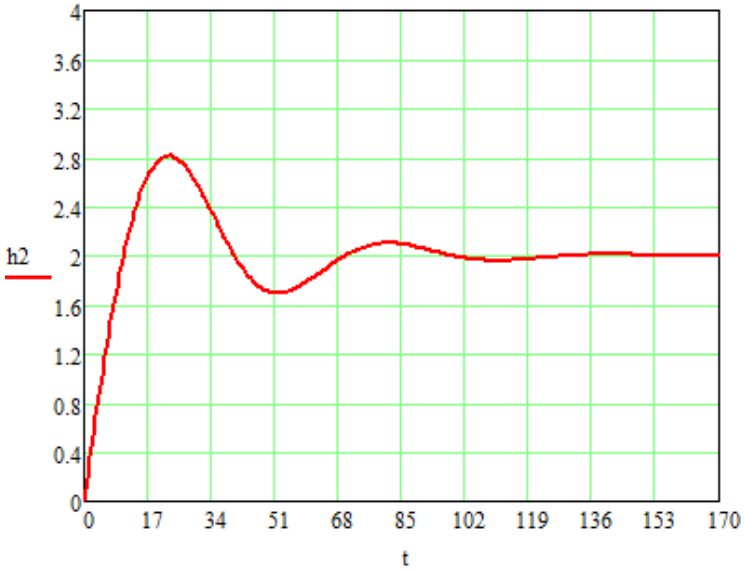


Рис. 1. График регулирования уровня во второй емкости при исходных параметрах (K_p=1) и заданным значением уровня (H_{zad} = 2)

Далее увеличим пропорциональную составляющую регулятора с 1 до 1,5. В результате получим график регулирования уровня во второй емкости при увеличении K_p, представленный на рис. 2.

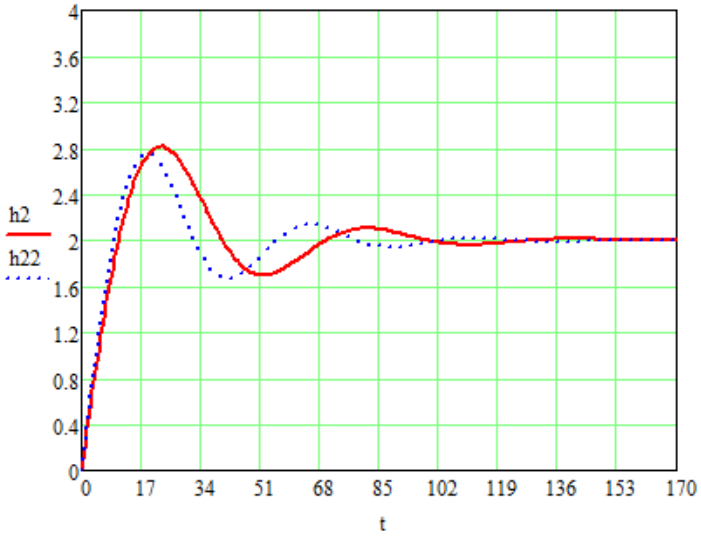


Рис. 2. График регулирования уровня во второй емкости:
h2 – при исходной пропорциональной составляющей;
h22 – при увеличении пропорциональной составляющей

При анализе графика можно сделать вывод, что при увеличении пропорциональной составляющей регулятора перерегулирование уровня уменьшается с 2,8 до 2,7 м, а время регулирования не меняется.

Затем уменьшим пропорциональную составляющую регулятора с 1 до 0,5. В результате получим график регулирования уровня во второй емкости при уменьшении K_p, представленный на рис. 3.

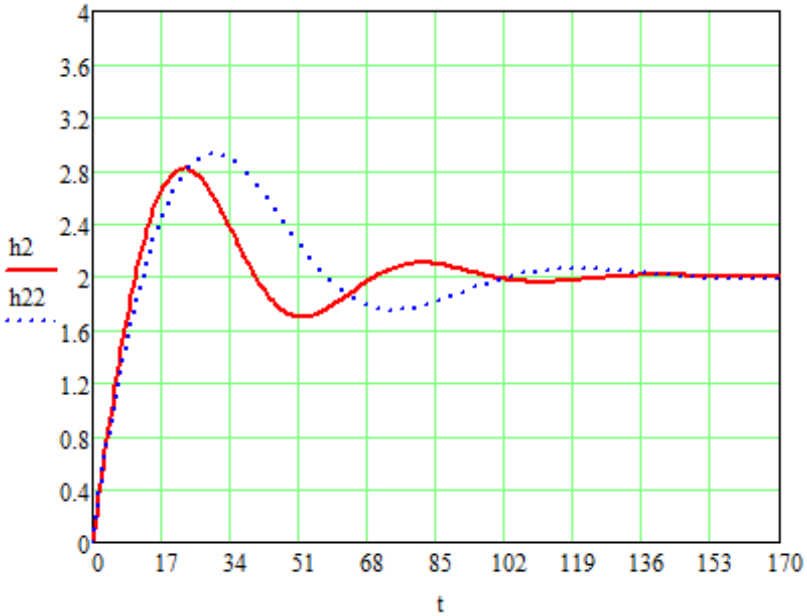


Рис. 3. График регулирования уровня во второй емкости:
h2 – при исходной пропорциональной составляющей;
h22 – при уменьшении пропорциональной составляющей

При анализе графика можно сделать вывод, что при уменьшении пропорциональной составляющей регулятора перерегулирование уровня увеличивается с 2,8 до 3 м, а время регулирования не меняется.

В данной работе была рассмотрена модель двухемкостного объекта. Результатом исследования являются графики регулирования уровня во второй емкости, по которому был сделан вывод о влиянии на объект моделирования при изменении пропорциональной составляющей регулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калачев Д.К. Математическое моделирование двухемкостного объекта в *MathCAD* (в настоящем сборнике).
2. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *MathCAD* и *Excel*: учеб. пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

Поступила 14.03.2024

УДК 622.788.32

С.А. Завацкий, В.Ф. Беккер

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВАЛКОВОГО ПРЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ХЛОРИДА КАЛИЯ

Рассмотрен процесс гранулирования KCl с помощью валкового пресса высокого давления, представлена его модель в программе Matlab Simulink, исследована динамика процесса.

Для лучшего, равномерного распределения питательных веществ с макроэлементами в почве, удобрение должно иметь определенный размер и форму, другими словами, должно выглядеть как более-менее однородные по размеру гранулы. Кроме того, это облегчает процесс дозирования, перевозки, погрузо-разгрузочных работ, так как следующее из преимуществ гранулированного продукта это то, что он не слеживается при транспортировке, как, например, просто высушенный продукт. Обычно размер гранул для KCl находится в диапазоне от 2 до 4 мм, с формой близкой к сферической [1].

На рис. 1 изображен процесс грануляции с использованием валкового пресса высокого давления.

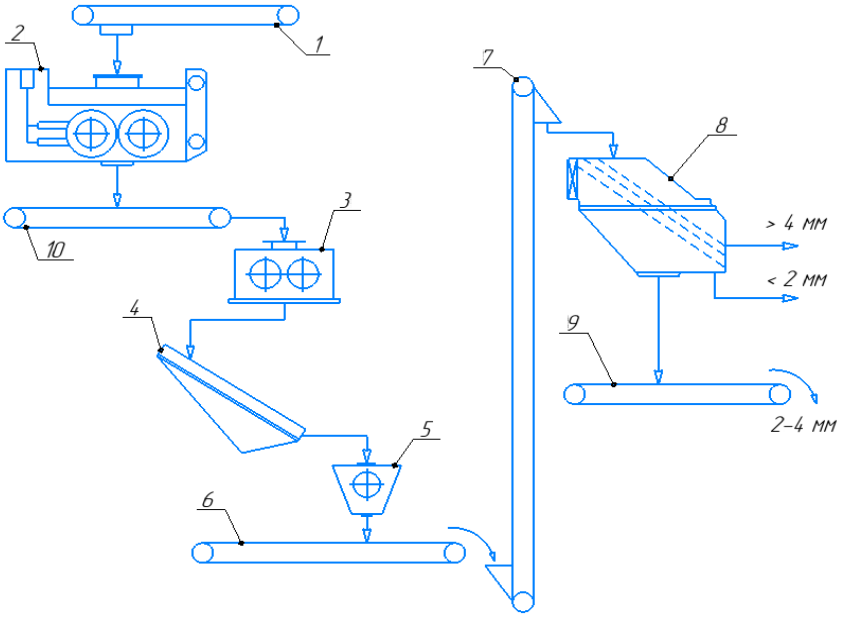


Рис. 1. Технологическая схема гранулирования продукта KCl при помощи валкового пресса высокого давления

С конвейера (1) из отделения подогрева приходит высушенный KCl, который подается на валковый пресс (2). Плитка на выходе, с толщиной равной зазору, по конвейеру (10) направляется к двухвалковой дробилке – «плитколомателю», после на грохоте (4) отсеивается ретур, другими словами, частицы меньше 2 мм, который направляется в отделение подогрева. После грохота продукт дробится в молотковой дробилке (5), проходит конвейер (6) и элеватор (7), попадая в вибропросеивающую машину (8). Конечный продукт по конвейеру (9) направляется в отделение облагораживания [2].

В процессе участвует KCl, подогретый до 110°C, вначале проходящий через валковый пресс, а затем через 2 стадии дробления, если же он не соответствует заданным размерам, то снова проходит процесс дробления, возвращаясь в процесс.

Одной из проблем является сложность в определении качества плитки, от которой напрямую зависит количество гранулята, то есть готового продукта на выходе. Существует много математических, таких как метод 80% массы продукта, проходящей через размер сита, при мокром или сухом ситовом анализе [3].

В данной статье предлагается решить проблему оценки качества спрессованной плитки путем измерения приблизительной ее плотности на выходе валкового пресса, с контролем гранулята при помощи конвейера на выходе. Данную задачу можно реализовать при помощи весов и конвейера, на который подается сама спрессованная плитка после валкового пресса, тем самым имея ширину конвейера, скорость, с которой движутся валки, величину зазора между валками можно вычислять по плотности плитки на выходе. При этом мы контролируем расход продукта, поступающего в процесс, и готового гранулята на выходе, тем самым получаем данные о качестве прессовки. Следовательно, изменяя параметр валкового пресса, а именно расстояние между валками в допустимых пределах, мы можем наблюдать изменение в выходе продукта.

В производстве гранулированного KCl давно используют валковый пресс высокого давления, изображенный на рис. 2. При его использовании можно получать удобрения различного состава с большим соотношением различных питательных веществ. Аппарат состоит из двух вращающихся навстречу друг другу валков. Один из них зафиксирован на месте, другой движется по горизонтали, создавая давление на продукт между ними [4].

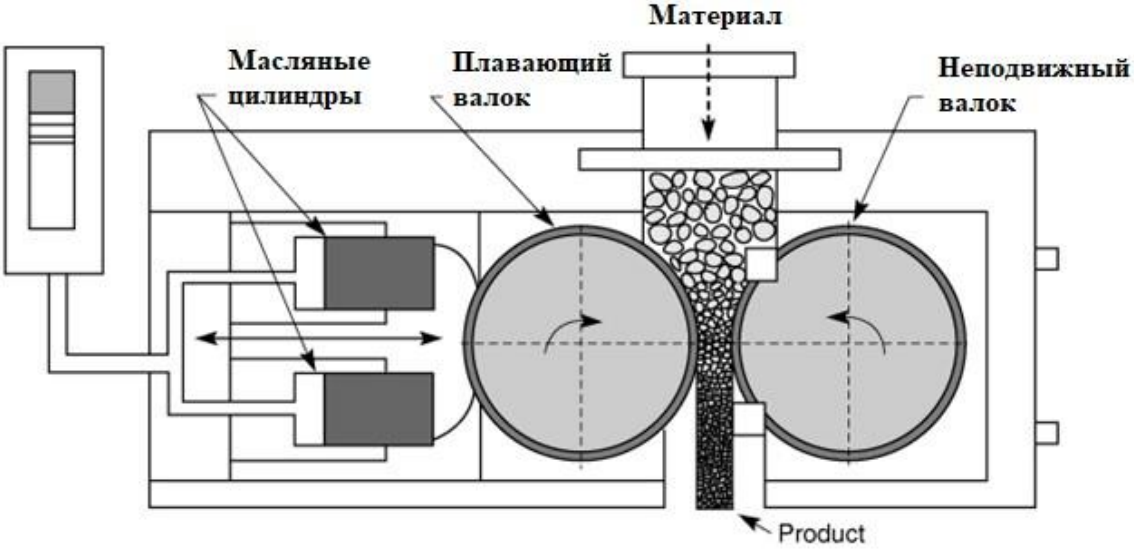


Рис. 2. Устройство валкового пресса высокого давления

Для реализации построим модель в *MatLab*, первоначально составим структурную схему необходимую при моделировании, изображенную на рис. 3.

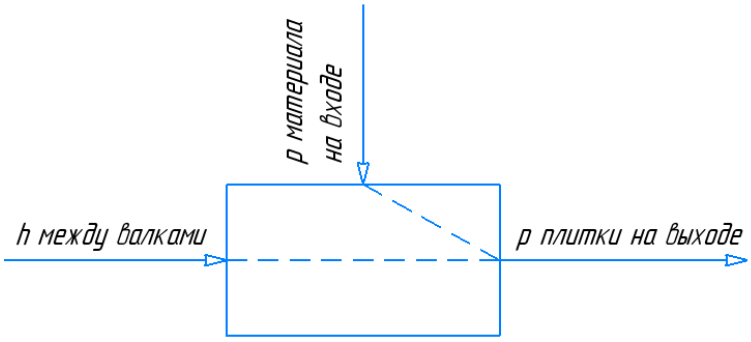


Рис. 3. Структурная схема модели валкового пресса

Модель получим из материального баланса валкового пресса, рис. 4 [5].

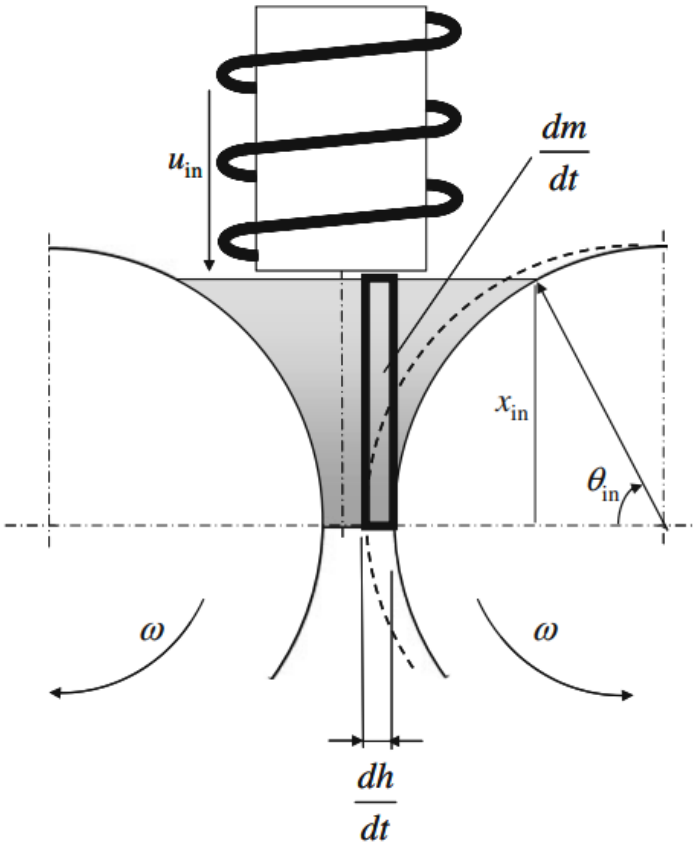


Рис. 4. Схема валкового пресса для составления материального баланса

$$\frac{dm}{dt} = m'_{in} - m'_{out},$$

где m – масса материала, кг;

m'_{in} – масса входящего материала, кг;

m'_{out} – масса выходящего материала, кг.

Относительно зазора между валками получим

$$\int_0^{x_{in}} \rho dx \frac{dh_o}{dt} = \rho_{in} u_{in} (h_o + R - R\cos\theta_{in}) - \rho_{exit} R w h_o,$$

где ρ – плотность материала в прессе, $\frac{кг}{м^3}$;

h_o – половина зазора между валками, м;

R – радиус валка, м;

x_{in} – уровень соприкосновения материала с валками равный $R\sin\theta_{in} = 0,5 \cdot 0,292 = 0,478$, м;

θ_{in} – угол соприкосновения материала с валками равный $\frac{\pi - \nu}{2} = \frac{3,14 - (-6,875)}{2} = 5$ град.;

ν – угол, равный $\frac{1}{2}\left(\pi - \cos\frac{\sin\varphi}{\sin\delta} - \varphi\right) = \frac{1}{2}\left(180 - \cos\frac{\sin 16}{\sin 41,5} - 16\right) = -6,875$, град.;

δ – эффективный угол трения, град.;

φ – угол поверхностного трения, град.;

ρ_{in} – плотность материала на входе, $\frac{кг}{м^3}$;

u_{in} – скорость шнека для подачи материала, $\frac{м}{с}$;

ρ_{exit} – плотность плитки на выходе пресса, $\frac{кг}{м^3}$;

w – скорость вращения валков, $\frac{м}{с}$.

Раскрываем уравнение далее

$$\frac{I \cdot R^3}{(R^2 w \rho_{exit} - \cos\theta_{in}\rho_{in}u_{in}R)} \cdot \frac{dh_o}{dt} + h_o = \frac{(1-\cos\theta_{in})R^2\cos\theta_{in}\rho_{in}u_{in}}{(R^2 w \rho_{exit} - \cos\theta_{in}\rho_{in}u_{in}R)}$$

где I – переменная, плотность равная

$$\int_0^{\theta_{in}} \rho(\theta)\cos\theta d\theta = \int_0^{\alpha} \rho(\theta)\cos\theta d\theta + \int_0^{\theta_{in}} \rho(\theta)\cos\theta d\theta =$$

$$= \rho_{exit}\left(\frac{h_o}{R}\right)\left\{\frac{2\left(1+\frac{h_o}{R}\right)}{\sqrt{\frac{h_o}{R}\left(2+\frac{h_o}{R}\right)}} \operatorname{atan}\left[\sqrt{1+\frac{2R}{h_o}}\tan\frac{\alpha}{2}\right] - \alpha\right\} + \rho_{in}(\cos\nu - \sin\alpha) =$$

$$= 2400 \cdot \left(\frac{3\cdot 10^{-3}}{0,5}\right) \cdot \left\{\frac{2\cdot\left(1+\frac{3\cdot 10^{-3}}{0,5}\right)}{\sqrt{\frac{3\cdot 10^{-3}}{0,5}\cdot\left(2+\frac{3\cdot 10^{-3}}{0,5}\right)}} \operatorname{atan}\left[\sqrt{1+\frac{2\cdot 0,5}{3\cdot 10^{-3}}}\tan\frac{17}{2}\right] - 17\right\} +$$

$$+1000 \cdot (\cos(-6,875) - \sin 17) = 1143$$

где α – угол разделения зон валкового пресса, град.;

Введем переменные, подставим числа и получим

$$T = \frac{IR^3}{(R^2 w\rho_{exit} - \cos\theta_{in}\rho_{in}u_{in}R)} = \frac{1143\cdot 0,5^3}{(0,5^2\cdot 0,8\cdot 2400 - 0,292\cdot 1000\cdot 0,327\cdot 0,5)} = 3,906\cdot 10^{-4}\ \text{с};$$

$$k = \frac{(1-\cos\theta_{in})R^2\cos\theta_{in}\rho_{in}u_{in}}{(R^2 w\rho_{exit} - \cos\theta_{in}\rho_{in}u_{in}R)} = \frac{(1-0,292)\cdot 0,5^2\cdot 0,292\cdot 1000\cdot 0,327}{(0,5^2\cdot 0,8\cdot 2400 - 0,292\cdot 1000\cdot 0,327\cdot 0,5)} = 0,33.$$

Получаем уравнение и передаточную функцию, подставим получившиеся числа:

$$T\cdot\frac{dh_o}{dt} + h_o = k\ , \qquad W(s) = \frac{k}{T\cdot s+1} = \frac{0,0003906}{0,33\cdot s+1}.$$

Реализуем модель в *Matlab Simulink* на рис. 5 и рис. 8 и получим переходные процессы на рис. 7 и рис. 9. Настройки регулятора изображены на рис. 6.

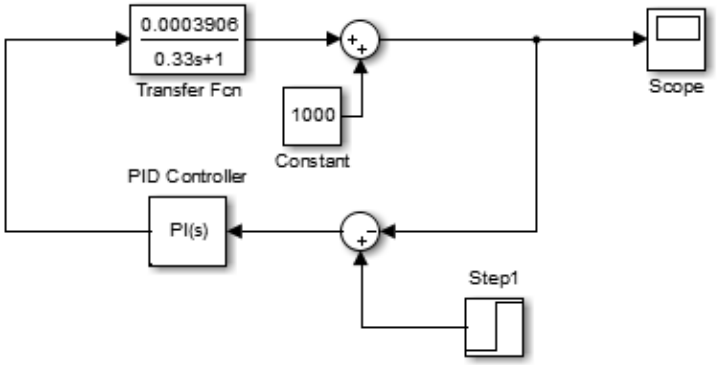


Рис. 5. Модель валкового пресса по управлению с ПИ-регулятором

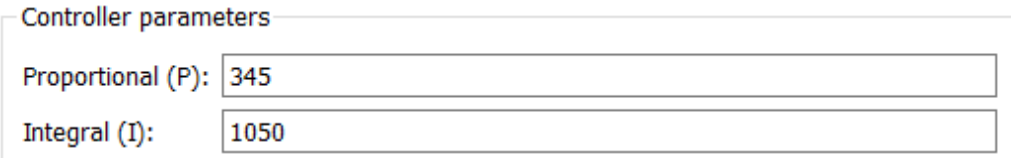


Рис. 6. Настройки ПИ-регулятора

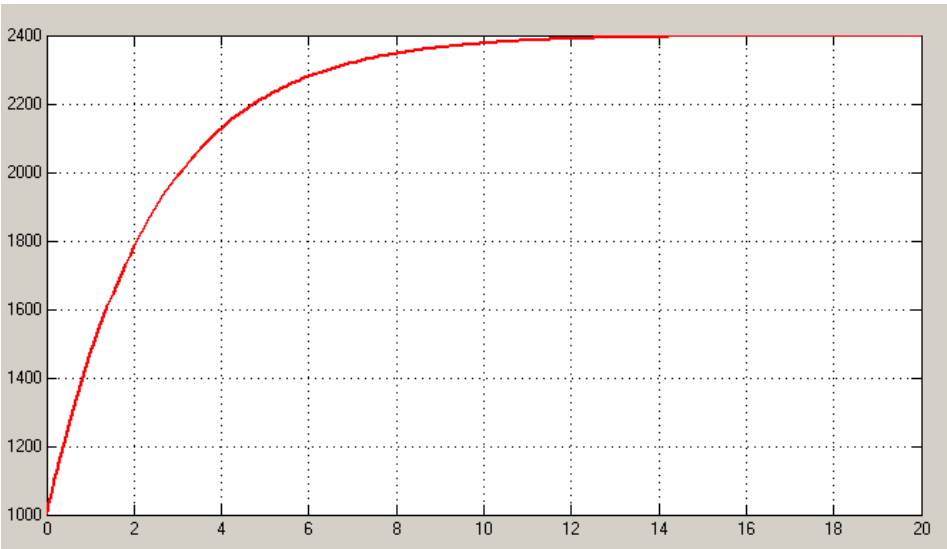


Рис. 7. Переходный процесс по управлению

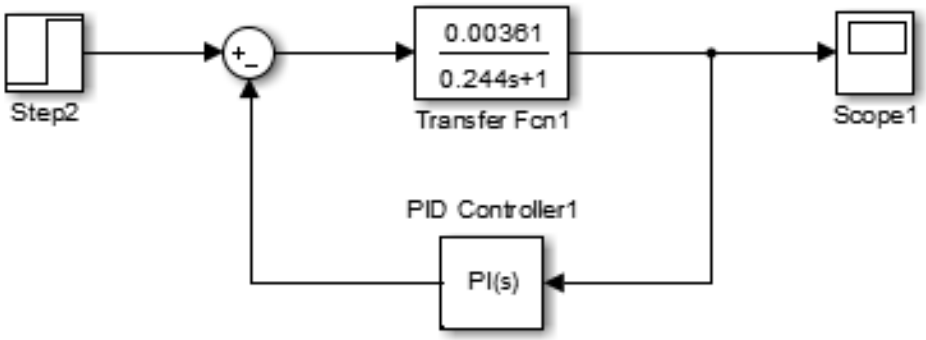


Рис. 8. Модель валкового пресса по возмущению с ПИ-регулятором

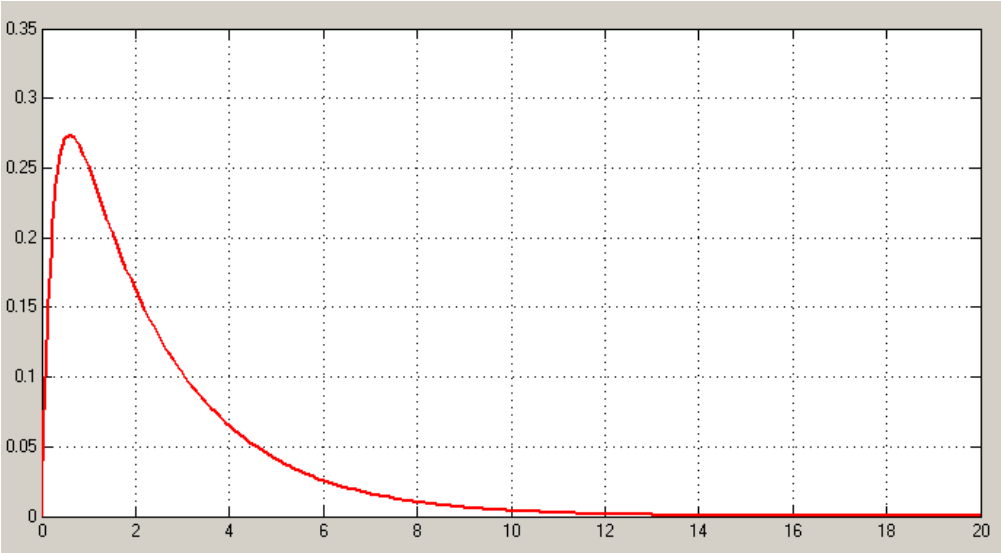


Рис. 9. Переходный процесс по возмущению

В данной работе было проведено управление процессом гранулирования KCl при помощи валкового пресса высокого давления. По процессу реализована модель в программе *Matlab Simulink*, приведено управление этой модели. Было рассмотрено влияние возмущающих и управляющих воздействий. В результате были получены переходные процессы изменения плотности по времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений. М., «Химия», 1975. 224 с.
2. Рухля И.Е. Технологические схемы получения калия хлористого из сильвинита в их описание: учеб.-метод. пособие. Минск БНТУ 2011. 25 с.
3. *Dr. Felix Heinicke*. Моделирование рециркуляции краевого продукта ВПВД с использованием данных последовательного измельчения. 15 с.
4. *HPGR* (*High-Pressure Grinding Rolls*). Каталог фирмы *Köppern*.
5. *Johanson J.R. A rolling theory for granular solids / J.R. Johnson // ASME, Journal of Applied Mechanics, Series E*. 1965. *Vol*. 32, № 4. *P*. 842–848.

Поступила 14.03.2024

УДК 628.336.42

К.Д. Иванов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ХВОСТОВ СИЛЬВИНОВОЙ ФЛОТАЦИИ

В статье предлагается способ усовершенствования системы автоматизации процесса обезвоживания хвостов сильвиновой флотации на обогатительной фабрике второго березниковского калийного производственного рудоуправления (БКПРУ-2) с целью сокращения потерь полезного продукта с кеком хвостов.

Одним из финальных продуктов процесса сильвиновой флотации являются хвосты, состоящие преимущественно из галита (хлорида калия), но имеющие в своем составе также и остатки сильвина (хлорида калия), то есть полезного продукта. Изначально имеющие в своем составе большое количество воды хвосты представляют собой пульпу, требующую обезвоживания для дальнейшей транспортировки и складирования [1].

Технологическая схема обезвоживания хвостов сильвиновой флотации представлена на рис. 1.

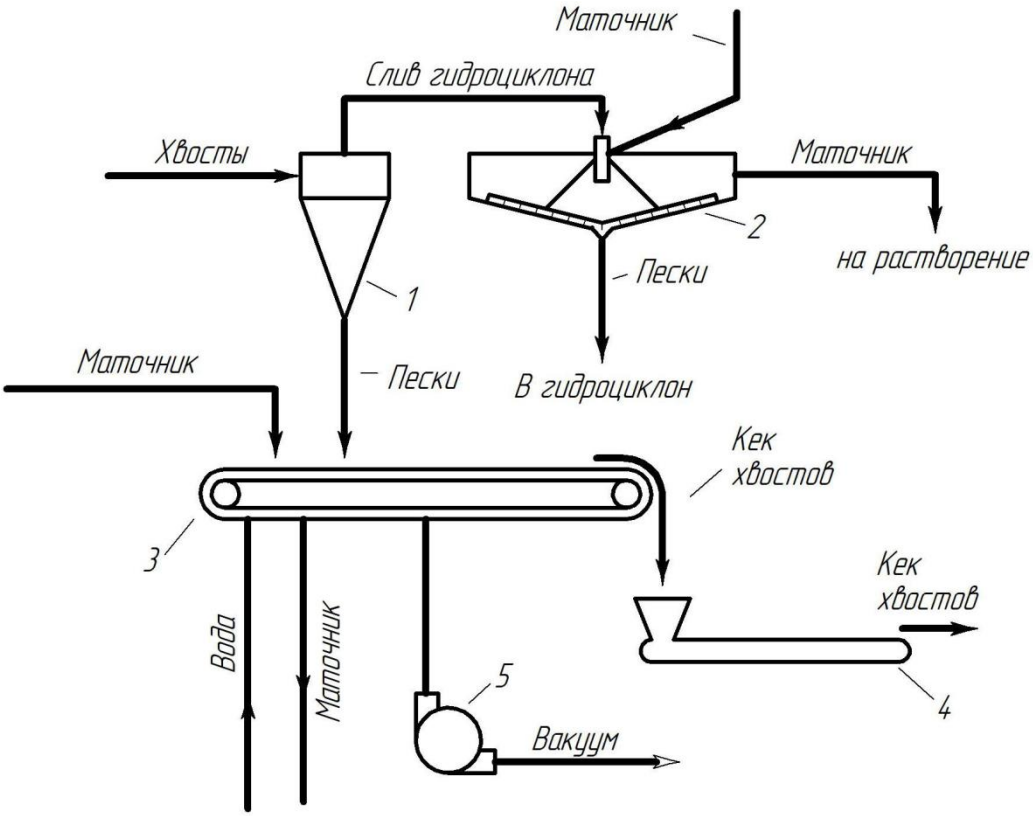


Рис. 1. Технологическая схема процесса обезвоживания хвостов: 1 – гидроциклон; 2 – сгуститель; 3 – ленточный вакуумный фильтр; 4 – конвейер; 5 – насос вакуумный

Попадающая в отделение обезвоживания пульпа поступает на классификацию в гидроциклон (1). Слив гидроциклона поступает в сгуститель (2), где смешивается с маточником, полученным на вакуумном ленточном фильтре (3). Слив сгустителя в виде маточного раствора хлорида калия отправляется на растворение руды, а осадок снова проходит классификацию в гидроциклоне. Пески гидроциклона попадают на вакуумный ленточный фильтр, где омываются маточным раствором хлорида калия для окончательного растворения как можно большего количества хлорида калия, оставшегося в твердой фазе

хвостов после классификации на гидроциклоне. Затем под воздействием разрежения, создаваемого вакуумным насосом (5), происходит окончательное разделение хвостов на жидкую фазу (маточный раствор), отправляющуюся в сгуститель, и твердую фазу (кек хвостов), отправляющуюся на солеотвал или гидрозакладку. Для регенерации фильтровальной ткани на вакуумный ленточный фильтр подается вода [2].

Одной из важнейших задач обезвоживания, помимо обеспечения удобства транспортировки и хранения галитовых хвостов, является извлечение из них остаточного полезного продукта, так как основная его масса находится именно в жидкой фазе хвостов в виде маточного раствора хлорида калия. Таким образом, более высокая степень обезвоживания хвостов позволяет предотвратить безвозвратные потери полезного продукта, уходящего вместе с галитом на солеотвал или гидрозакладку [3].

Согласно технологическому регламенту БКПРУ-2 за 2010 год, массовая доля воды в кеке хвостов, выходящем с вакуумного ленточного фильтра, не должна превышать 3%. Однако, как видно из табл. 1, по информации из регламента БКПРУ-2 за 2010 год существующая система автоматизации не всегда справляется с поддержанием влажности кека хвостов на заданном уровне.

Таблица 1

Содержание KCl в кеке хвостов по результатам работы за 2010 год [4]

Период	Январь-апрель	Май-сентябрь	Октябрь-декабрь
Содержание KCl	Не более 2,9%	Не более 3,7%	Не более 2,9%

На данный момент регулирование влажности кека хвостов на фабрике БКПРУ-2, как и в 2010 году, производится при помощи изменения расхода маточника, подаваемого на ленточный вакуумный фильтр, в зависимости от влажности кека хвостов на выходе с фильтра. Это позволяет регулировать влажность кека в очень малом диапазоне значений. Кроме того, недостаточная подача маточника ведет к недорастворению хлористого калия, находящегося в твердой фазе, а, следовательно, к большему его содержанию в кеке хвостов и, как итог, к безвозвратной потере полезного продукта. Функциональная и структурная схемы существующей системы автоматического регулирования влажности кека хвостов представлены на рис. 2 и рис. 3 соответственно.

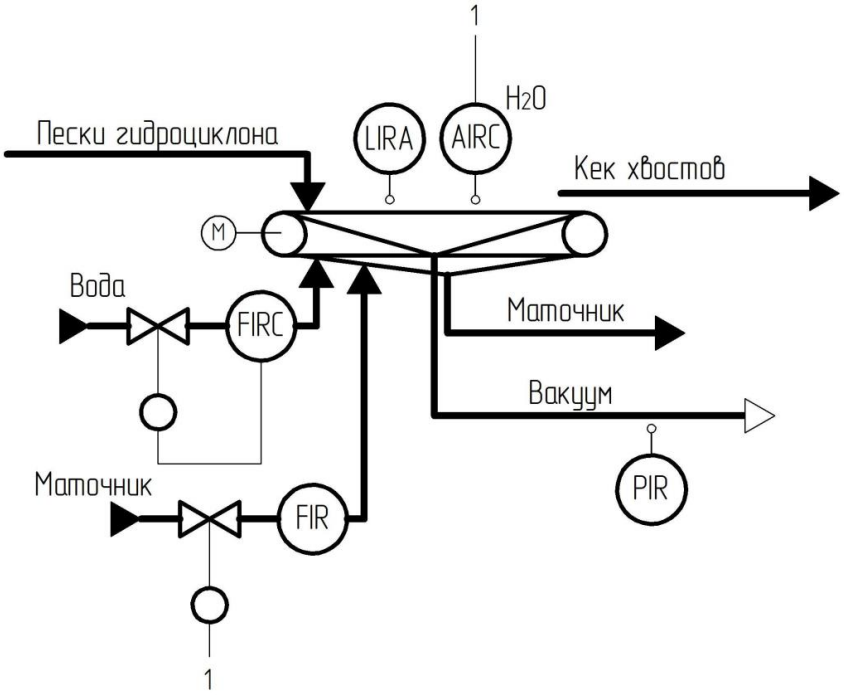


Рис. 2. Функциональная схема существующей системы автоматического регулирования влажности кека хвостов

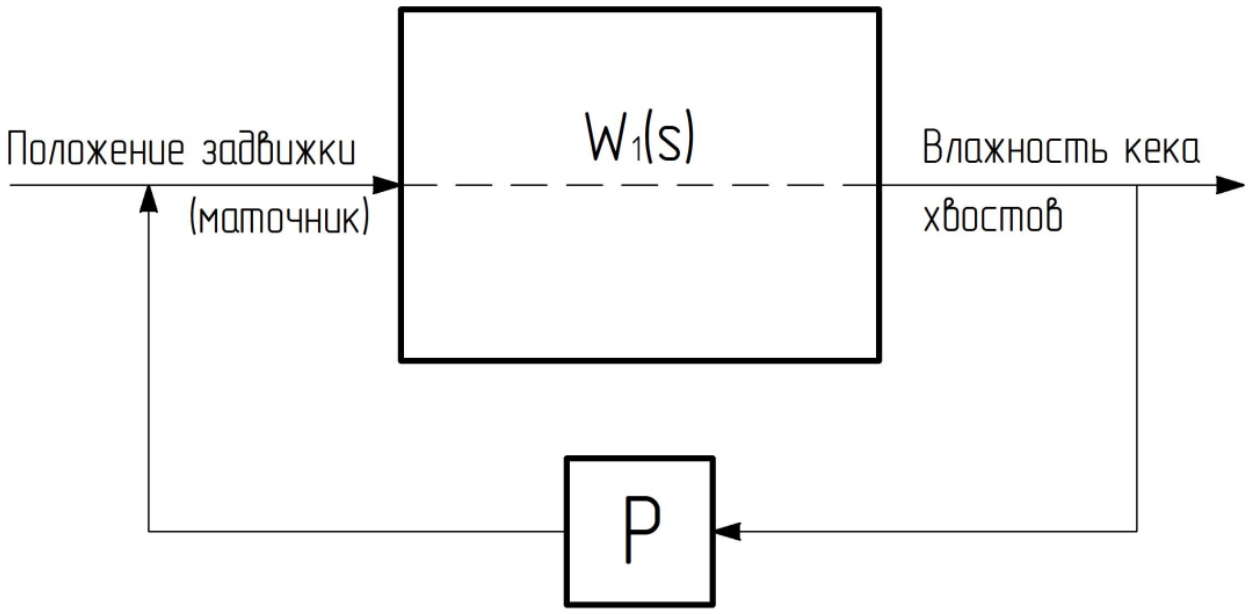


Рис. 3. Структурная схема существующей системы автоматического регулирования влажности кека хвостов

В данной статье предлагается решение вышеописанной проблемы путем введения двух новых контуров автоматического регулирования:

1. Контур регулирования расхода маточного раствора, подаваемого на вакуумный ленточный фильтр.
2. Контур регулирования частоты работы двигателя вакуумного ленточного фильтра.

Введение данных контуров позволит эффективно растворять хлорид калия, остающийся в твердой фазе песков гидроциклона, переводя его в жидкую фазу, эффективное удаление которой будет обеспечиваться за счет изменения скорости движения ленты вакуумного фильтра. Таким образом, мы получаем схему двухэтапного извлечения полезного продукта из хвостов перед их утилизацией.

Функциональная схема предлагаемой системы автоматического регулирования вакуумного ленточного фильтра представлена на рис. 4. Структурные схемы первого и второго контуров изображены на рис. 5 и рис. 6 соответственно.

Первый контур регулирования позволит менять расход маточного раствора, подаваемого на вакуумный ленточный фильтр, в зависимости от расхода песков гидроциклона. Предполагается, что в системе будет производиться измерение расхода песков гидроциклона при помощи конвейерных весов (поз. 1а) и измерение расхода маточного раствора при помощи электромагнитного расходомера (поз. 1б). Далее эти расходы будут сравниваться на контроллере, и в зависимости от соотношения расходов при помощи регулирующего клапана (поз. 1г) будет изменяться расход маточного раствора.

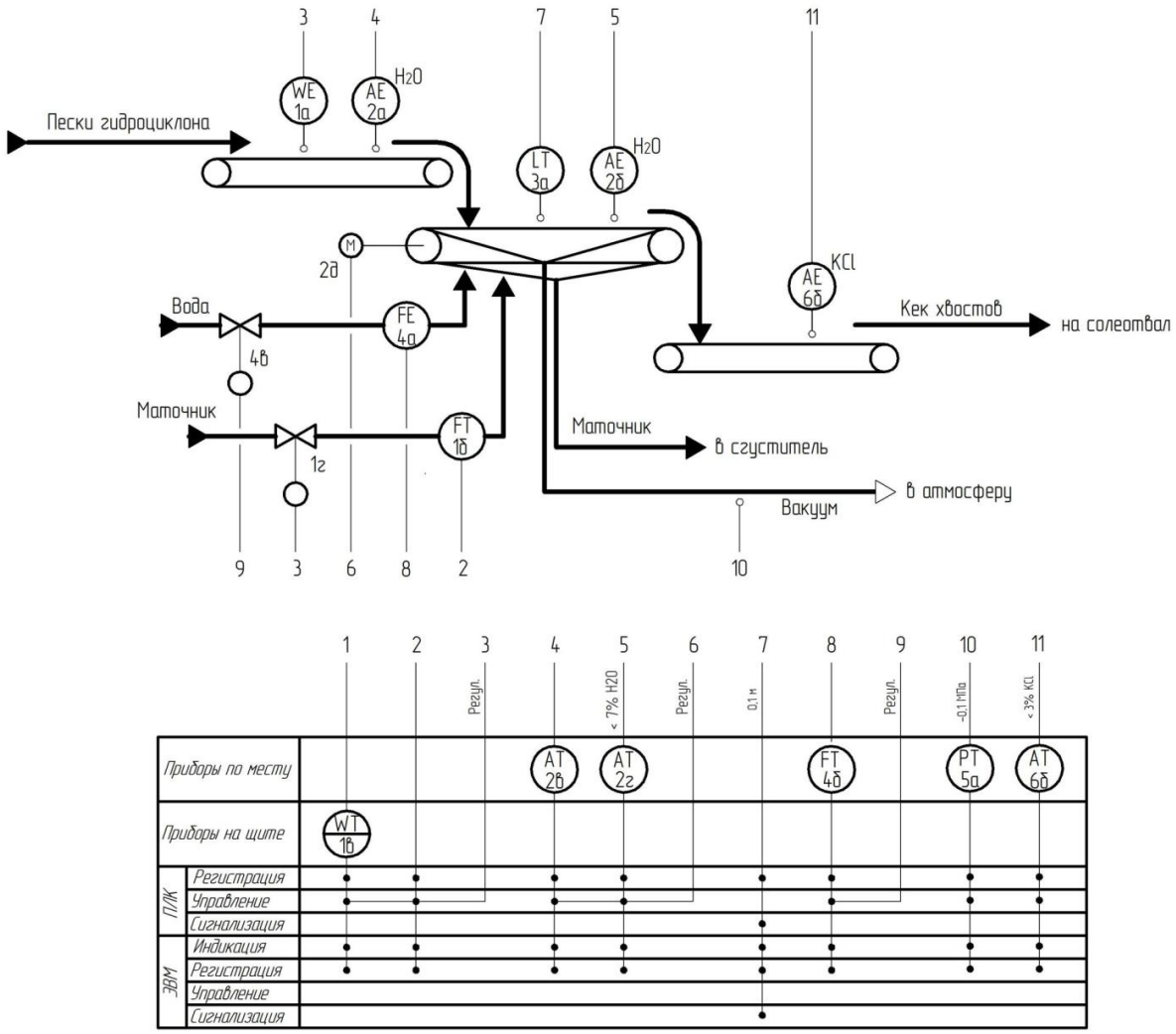


Рис. 4. Функциональная схема предлагаемой системы автоматического регулирования вакуумного ленточного фильтра

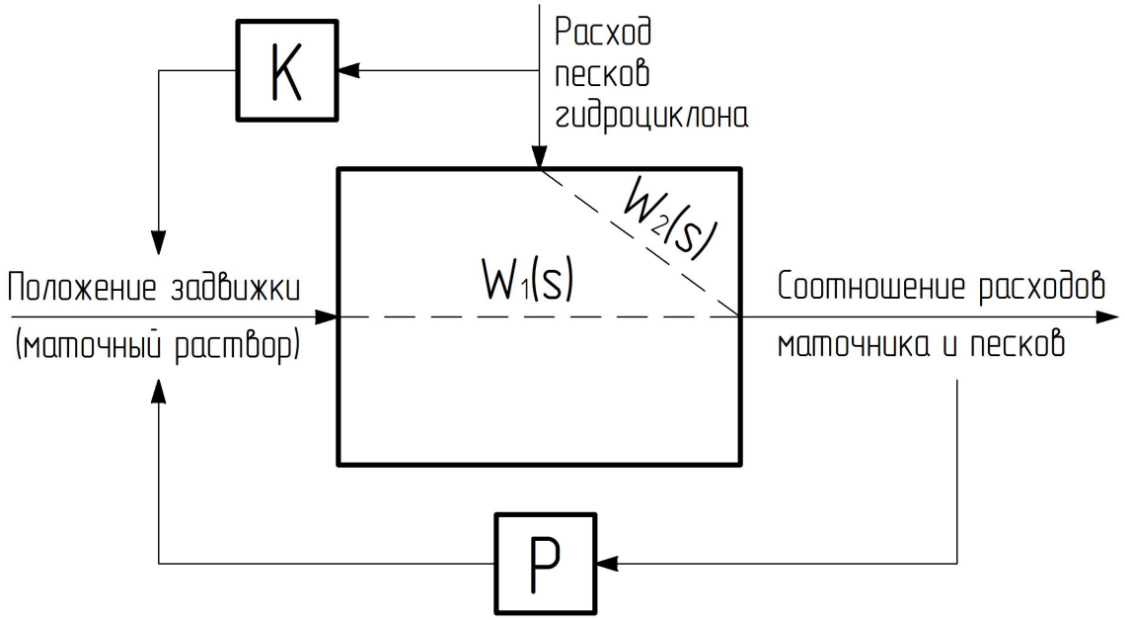


Рис. 5. Структурная схема первого контура предлагаемой системы автоматического регулирования вакуумного ленточного фильтра

Второй контур регулирования позволит изменять частоту работы двигателя вакуумного ленточного фильтра в зависимости от влажности песков гидроциклона и кека хвостов. Это поможет увеличивать или уменьшать время пребывания хвостов на ленте вакуумного фильтра для достижения необходимой степени извлечения из них влаги. Измерение влажности песков гидроциклона и кека хвостов будет производиться влагомерами (поз. 2а и поз. 2б) с вторичными преобразователями (поз. 2в и поз. 2г). В результате компенсации по влажности песков гидроциклона и сравнения текущей влажности кека хвостов с заданной частотный преобразователь (поз. 2д) будет менять частоту работы двигателя вакуумного ленточного фильтра.

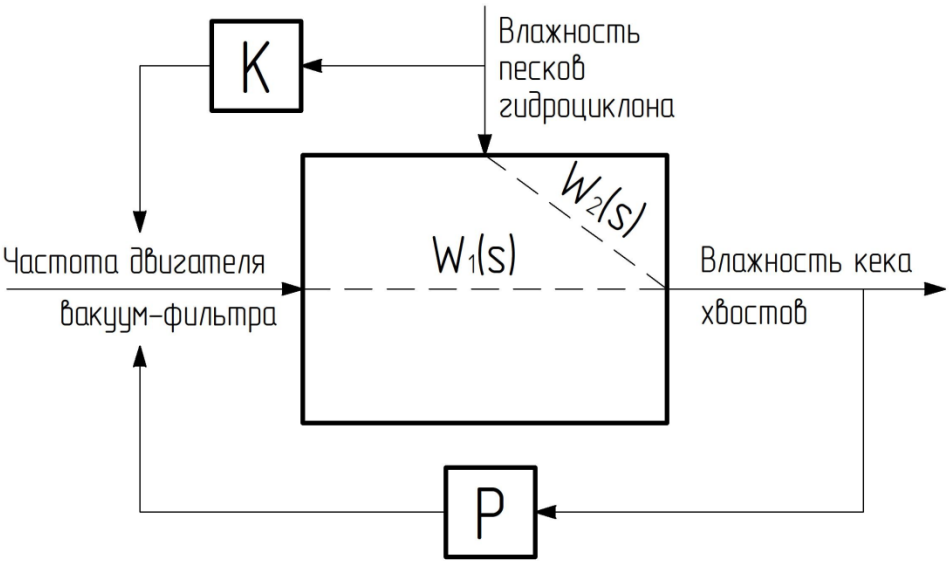


Рис. 6. Структурная схема второго контура предлагаемой системы автоматического регулирования вакуумного ленточного фильтра

Предлагаемая система автоматического регулирования позволит предотвратить излишние безвозвратные потери полезного продукта, а также поспособствует более эффективному использованию водных ресурсов за счет большего количества воды, остающейся в процессе, что в совокупности благотворно скажется как на экологии, так и на экономических показателях производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Науменко В.Г. Обезвоживание продуктов обогащения полезных ископаемых: учеб. пособие для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования / В.Г. Науменко, В.Г. Самойлик, Н.А. Звягинцева, Е.И. Назимко. Донецк: ДОННТУ, 2019. 183 с.
2. Рухля И.Е. Технологические схемы получения калия хлористого из сильвинита и их описание. Минск: БНТУ, 2011. 25 с.
3. Вишняк Б.А., Поздеев А.А. О технологии обогащения и автоматизации процессов современной калийной флотационной фабрики // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 9. С. 138-150.
4. Постоянный технологический регламент № 9 производства хлористого калия флотационным способом. Том 1. Рудоподготовка, флотация, сушка. Березники: ОАО «Уралкалий», БКПРУ-2. 2010.

Поступила 20.03.2024

УДК 628.336.42

К.Д. Иванов

УПРАВЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТЬЮ КЕКА ХВОСТОВ СИЛЬВИНОВОЙ ФЛОТАЦИИ НА ЛЕНТОЧНОМ ВАКУУМНОМ ФИЛЬТРЕ

В статье разрабатывается модель процесса фильтрования, рассматриваются способы управления вакуумным ленточным фильтром, приводится их сравнение и подбирается основной контур управления влажностью кека хвостов.

Одним из финальных этапов получения хлористого калия из сильвиновой руды является обезвоживание хвостов сильвиновой флотации. Данный процесс позволяет сократить потери полезного продукта при утилизации отходов производства, а также обеспечивает удобство их хранения и транспортировки. Не последнюю очередь обезвоживание играет и в обеспечении экологической безопасности региона, в котором располагается производство хлористого калия [1].

Хвосты сильвиновой флотации представляют собой пульпу, состоящую преимущественно из галита, воды и остатков сильвина в небольшом количестве. Процесс обезвоживания хвостов на фабрике БКПРУ-2 состоит из нескольких этапов: классификация хвостов на гидроциклонах, сгущение слива гидроциклонов с повторной отправкой на классификацию осадка радиальных сгустителей и фильтрация песков гидроциклонов на вакуумном ленточном фильтре [2].

В данной работе рассматриваются способы управления влажностью кека хвостов на выходе с вакуумного ленточного фильтра. Вакуумный ленточный фильтр представляет собой устройство схожее по конструкции с ленточным конвейером, однако вместо плотной резинотканевой ленты в вакуумном ленточном фильтре используется пористая фильтровальная лента, которая позволяет жидкой фазе под воздействием разрежения, создаваемого внутри аппарата, отделяться от твердой фазы [3].

Для выбора основного канала управления влажностью кека хвостов на выходе вакуумного ленточного фильтра необходимо составить модель процесса фильтрования. Модель составляется на основе закона Дарси в применении к уравнению кинематики фильтрования [4, с. 89]:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{d_{\text{ч}}^2 \varepsilon^3}{k_{\text{К}}\left(1-\varepsilon\right)^2} \cdot \frac{\Delta p}{\mu_{\text{ж}} h_{\text{ос}}}, \qquad (1)$$

где V – объем получаемого фильтрата, м^3;
F – площадь фильтрации, м^2;
τ – продолжительность фильтрования;
$d_{\text{ч}}$ – диаметр частиц, м;
ε – порозность осадка;
Δp – разность давлений, Па;
$\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость жидкой фазы, Па·с;
$h_{\text{ос}}$ – высота осадка на ленте, м.

Материальный баланс процесса:

$$V\frac{dC_{\text{кх}}}{dt} = Q_{\text{пг}}C_{\text{пг}} - Q_{\text{сл}}C_{\text{сл}} - Q_{\text{кх}}C_{\text{кх}}, \qquad (2)$$

где V – объем аппарата, м^3;

$C_{п.г}$, $C_{сл}$, $C_{к.х}$ – содержание влаги в песках гидроциклонов, сливе фильтра и кеке хвостов в долях соответственно;

t – время, с;

$Q_{п.г}$, $Q_{сл}$, $Q_{к.х}$ – расход песков гидроциклонов, слива вакуумного ленточного фильтра и кека хвостов соответственно, м^3/с.

Моделирование процесса фильтрования производим в программной среде *Mathcad.* Для начала необходимо задать исходные данные (рис. 1).

Исходные данные

$F := 10$ – площадь фильтра, м

$w := 1.2$ – ширина фильтра, м

$hos := 0.1$ – высота осадка на ленте, м

$dch := 1.3 \cdot 10^{-6}$ – диаметр частиц, м

$kK := 180$ – константа Козени

$\mu zh := 1.1 \cdot 10^{-3}$ – динам. вязкость, Па*с

$\Delta p := 0.2 \cdot 10^{6}$ – разность давлений, Па

$\rho tv := 2000$ – плотность тв. фазы, кг/м3

$\rho zhf := 1100$ – плотность жидк. фазы, кг/м3

$gt := 0.55$ – соотношение ж:т в песках

$Cpg := 0.35$ – содержание влаги песках

$Csl := 0.95$ – содержание влаги в сливе

$V := F \cdot hos = 1$ – объём аппарата, м3

Переменные величины

$Qpg := 45$ – расход песков, м3/ч

$\upsilon := 6.35$ – скорость движения ленты, м/мин

Рис. 1. Задание исходных данных для моделирования процесса фильтрования в Mathcad

Далее требуется провести некоторые предварительные расчеты (рис. 2).

Предварительные расчёты

$L := \frac{F}{w} = 8.333$ – длина ленты, м

$\varepsilon := 1 - \frac{\rho zhf}{\rho tv} = 0.45$ – порозность осадка

$Qpg := \frac{Qpg}{3600} = 0.013$ – расход песков, м3/с

$\upsilon := \frac{\upsilon}{60} = 0.11$ – скорость движения ленты, м/с

$Qslmax := \frac{Qpg}{\left(1 + \frac{1}{gt}\right)} = 0.0044$ – максимальный расход слива фильтра, м3/с

$\tau := \frac{L}{\upsilon} = 78.74$ – продолжительность фильтрования , с

$Cpg := \frac{Qslmax}{Qpg} = 0.355$ – содержание влаги в песках

$Qsl(\tau) := \frac{dch^2 \varepsilon^3}{kK \cdot (1-\varepsilon)^2} \cdot \frac{\Delta p \cdot F \cdot \tau}{\mu zh \cdot hos}$ – расход слива фильтра, м3/с

Рис. 2. Предварительные расчеты для моделирования процесса фильтрования в Mathcad

Ограничим значение расхода слива фильтра максимальным расходом жидкой фазы песков гидроциклона и вычислим расход кека хвостов (рис. 3).

$$Qsl(\tau) := \begin{cases} Qsl(\tau) & \text{if } Qsl(\tau) < Qslmax \\ Qslmax & \text{if } Qsl(\tau) \geq Qslmax \end{cases}$$

$Qkx := Qpg - Qsl(\tau)$ – расход кека хвостов, м3/с

Рис. 3. Ограничение значения расхода слива фильтра и расчет расхода кека хвостов

В стационарном режиме (при $\underline{Q_{п.г}}$ = 45 м^3/ч, $C_{к.х}$ = 7%) дифференциальное уравнение, описывающее процесс фильтрования, будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{dC_{кх}}{dt} + 8,451 \cdot 10^{-3} \cdot C_{кх} = 5,88 \cdot 10^{-4}. \qquad (3)$$

Решим уравнение (3) при помощи процедуры *Odesolve* (рис. 4).

```
Given
t := 0, 0.01 .. 800
d/dt Ckx(t) + 8.451 · 10^-3 · Ckx(t) = 5.88 · 10^-4
Ckx(0.001) = 0.00001
Ckx := Odesolve(t, 800)
```

Рис. 4. Решение дифференциального уравнения в Mathcad

В результате получим следующую динамическую характеристику процесса (рис. 5)

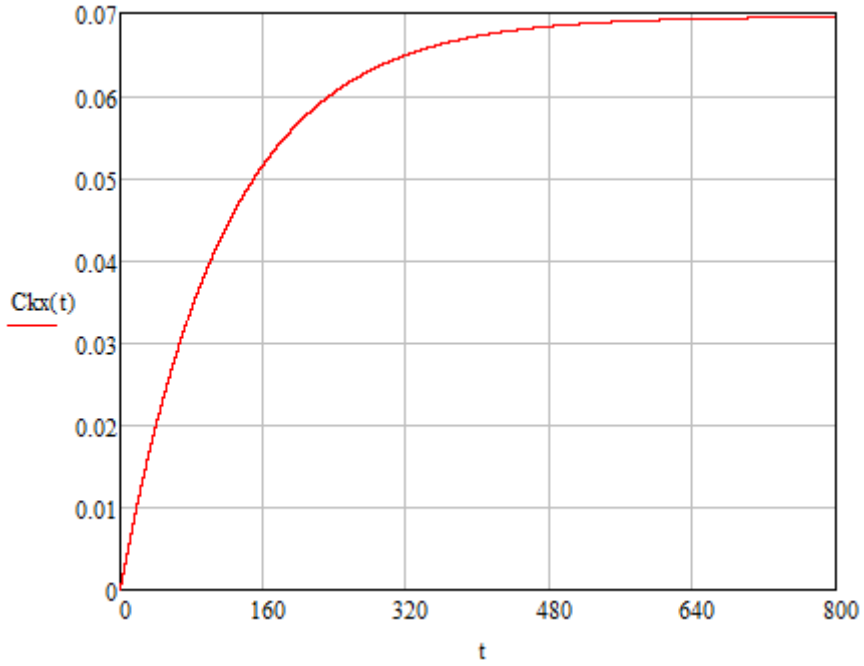


Рис. 5. Динамическая характеристика процесса фильтрования песков гидроциклонов для стационарного режима

Управление процессом фильтрования может производиться изменением скорости движения ленты вакуумного фильтра или при помощи изменения расхода песков гидроциклона, поступающих на фильтр [5]. Для выбора наиболее оптимального способа управления пронаблюдаем, как будет меняться динамика процесса от изменения соответствующих входных величин. Удобнее всего для этого пользоваться дифференциальным уравнением процесса в общем виде, изменяя начальные условия и фиксируя получающуюся динамику на графике. В результате получим два семейства динамических кривых (рис. 6 и рис. 7).

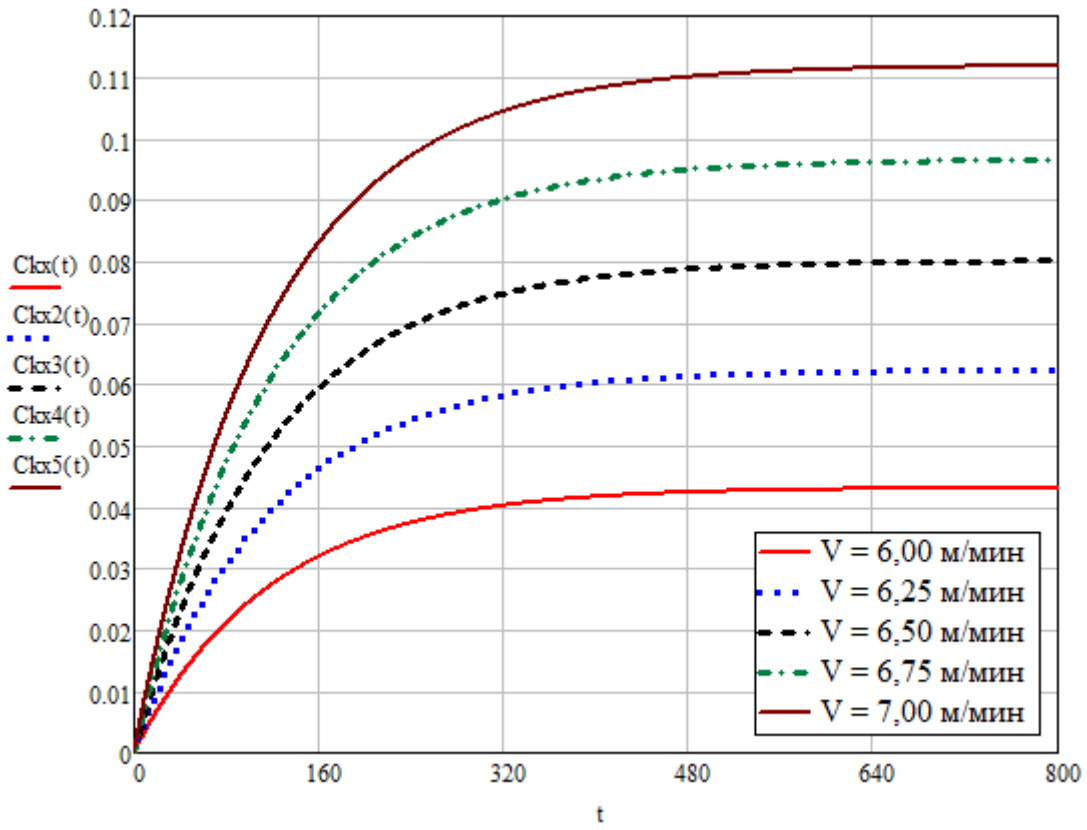


Рис. 6. Зависимость влажности кека хвостов от скорости движения ленты

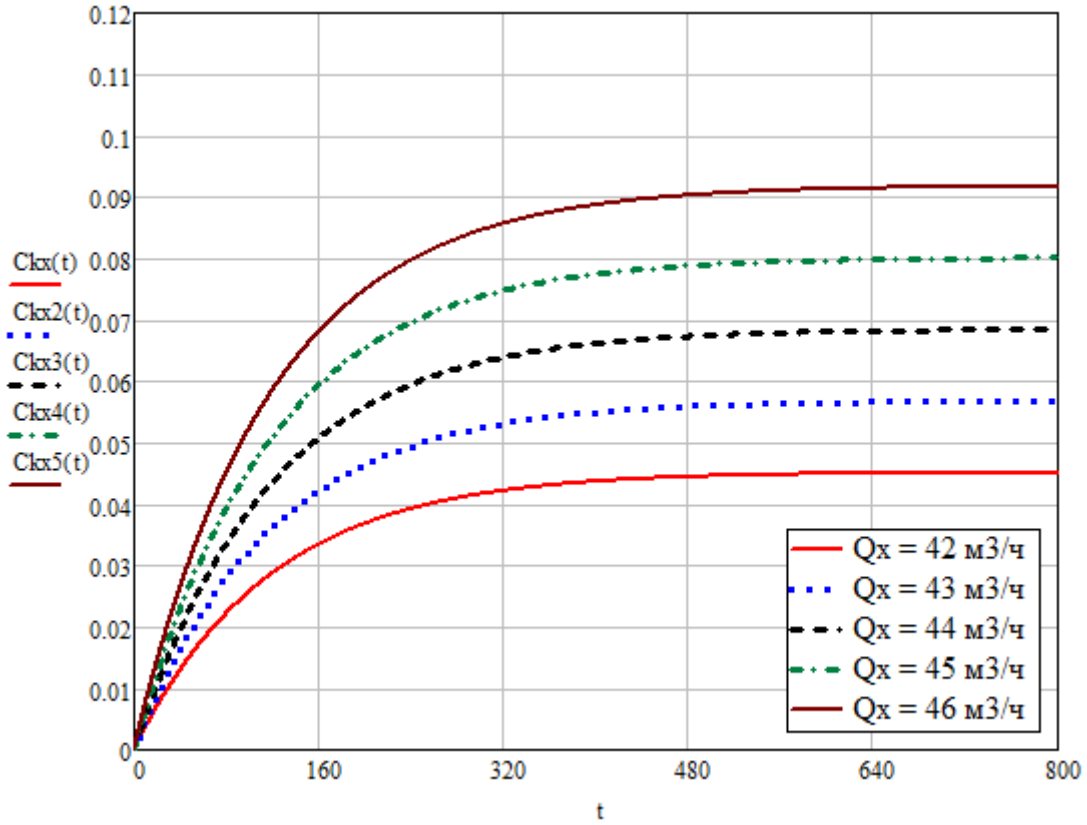


Рис. 7. Зависимость влажности кека хвостов от изменения расхода песков

Как видно из графиков (см. рис. 6 и рис. 7) управление влажностью кека хвостов за счет изменения скорости движения ленты (следовательно, времени пребывания песков

гидроциклона на ленте) является более эффективным. За счет небольшого изменения скорости движения ленты можно варьировать влажность кека хвостов в довольно широком диапазоне. Регулирование влажности при помощи изменения расхода песков гидроциклона требует более существенных изменений входной величины. К тому же изменение расхода песков гидроциклонов не является оптимальным решением с точки зрения технологии, так как потребует установки буферной емкости перед вакуумным ленточным фильтром для накопления песков гидроциклонов.

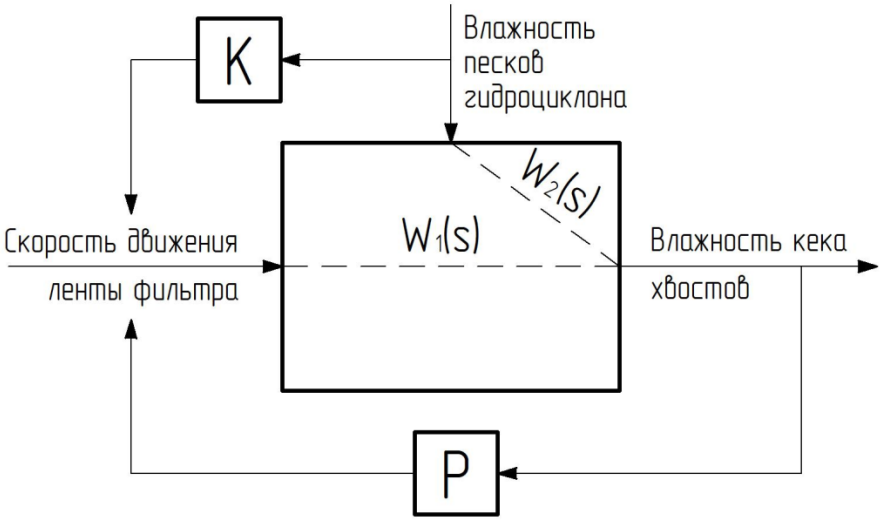


Рис. 8. Структурная схема предлагаемой САР

Таким образом, в качестве основного канала целесообразно выбрать зависимость влажности кека хвостов от скорости движения ленты фильтра. Предлагаемая система САР в таком случае будет иметь вид, изображенный на рис. 8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Науменко В.Г. Обезвоживание продуктов обогащения полезных ископаемых учебное пособие для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования / В.Г. Науменко, В.Г. Самойлик, Н.А. Звягинцева, Е.И. Назимко. Донецк: ДОННТУ, 2019. 183 с.
2. Постоянный технологический регламент № 9 производства хлористого калия флотационным способом. Том 1. Рудоподготовка, флотация, сушка. Березники: ОАО «Уралкалий», БКПРУ-2, 2010.
3. Иванов К.Д. Сравнительная характеристика методов обезвоживания хвостов в производстве калийных удобрений // Решение: материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции, Березники, 21 октября 2022 г. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 107-108.
4. Белоглазов И.Н., Голубев В.О. Основы расчета фильтрационных процессов. М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2002. 210 с.
5. Иванов К.Д. Автоматизация процесса обезвоживания хвостов сильвиновой флотации (в настоящем сборнике).

Поступила 14.03.2024

УДК 66.102-52

В.С. Истратов, В.Ф. Беккер

ДИНАМИКА ПРОЦЕССА СУШКИ ХЛОРИДА КАЛИЯ В ПЕЧИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Рассматривается получение передаточной функции объекта и возмущения из дифференциального уравнения печи кипящего слоя. Составлена Simulink-модель в программе MatLab, рассмотрены графики переходных процессов.

Дифференциальное уравнение теплового баланса в кипящем слое высушиваемого хлорида калия может быть записано в следующем виде [1]:

$$\frac{d\left(S_{\text{р.}}\cdot h\cdot\rho\cdot c_{\text{с.м.}}\cdot T\right)}{dt}=Q\left(t\right)+G_{\text{в.м.}}\left(t\right)\cdot c_{\text{в.м.}}\cdot T_1-G_{\text{с.м.}}\cdot c_{\text{с.м.}}\cdot T\left(t\right),$$

где $S_{\text{р.}}$ – площадь решетки кипящего слоя, м^2;

h – высота кипящего слоя, м;

ρ – плотность хлорида калия, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$c_{\text{с.м.}}$ – теплоемкость высушенного материала, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$;

$T\left(t\right)$ – температура кипящего слоя, К;

$Q\left(t\right)$ – общий поток тепла от топки, Вт;

$G_{\text{в.м.}}$ – массовый расход влажного материала, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$;

$c_{\text{в.м.}}$ – теплоемкость влажного материала на входе, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$;

T_1 – температура влажного материала на входе, К;

$G_{\text{в.м.}}\left(t\right)$ – массовый поток влажного материала, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

Для получения передаточных функций по каналам управления «общий поток тепла от топки – температура кипящего слоя» и внешнего возмущения «массовый расход влажного материала – температура кипящего слоя» выполним прямое преобразование по Лапласу временных переменных $T(t)$, $Q(t)$, $G_{\text{в.м.}}(t)$.

Для этого приведем дифференциальное уравнение к стандартной форме инерционного звена первого порядка

$$\frac{d\left(S_{\text{р.}}\cdot h\cdot\rho\cdot c_{\text{с.м.}}\cdot T\right)}{dt}+G_{\text{с.м.}}\cdot c_{\text{с.м.}}\cdot T\left(t\right)=Q\left(t\right)+G_{\text{в.м.}}\left(t\right)\cdot c_{\text{в.м.}}\cdot T_1,$$

перенесем в левую часть регулируемую величину $T(t)$

$$\frac{S_{\text{р.}}\cdot h\cdot\rho\cdot c_{\text{с.м.}}}{G_{\text{с.м.}}\cdot c_{\text{с.м.}}}\cdot\frac{dT}{dt}+T\left(t\right)=\frac{1}{G_{\text{с.м.}}\cdot c_{\text{с.м.}}}\cdot Q\left(t\right)+\frac{T_1\cdot c_{\text{в.м.}}}{G_{\text{с.м.}}\cdot c_{\text{с.м.}}}\cdot G_{\text{в.м.}}\left(t\right).$$

Введем параметры этого звена

$$T_o\cdot\frac{dT}{dt}+T\left(t\right)=k_1\cdot Q\left(t\right)+k_2\cdot G_{\text{в.м.}}\left(t\right),$$

где T_o – постоянная времени объекта управления, с;

$$T_o = \frac{S_{\text{р.}} \cdot h \cdot \rho \cdot c_{\text{с.м.}}}{G_{\text{с.м.}} \cdot c_{\text{с.м.}}};$$

k_1 – коэффициент усиления по каналу управления;

$$k_1 = \frac{1}{G_{\text{с.м.}} \cdot c_{\text{с.м.}}};$$

k_2 – коэффициент усиления по каналу возмущения;

$$k_2 = \frac{T_1 \cdot c_{\text{в.м.}}}{G_{\text{с.м.}} \cdot c_{\text{с.м.}}}.$$

Изображение по Лапласу переменных в канале объекта по управлению:

$$T_o \cdot s \cdot T(s) + T(s) = k_1 \cdot Q(s),$$

$$T(s) \cdot (T_o \cdot s + 1) = k_1 \cdot Q(s).$$

Перейдем к передаточной функции по температуре по управлению

$$W_{\text{у}} = \frac{T(s)}{Q(s)} = \frac{k_1}{T_o \cdot s + 1}.$$

Перейдем к изображению по Лапласу по возмущению

$$T_o \cdot s \cdot T(s) + T(s) = k_2 \cdot G_{\text{в.м.}}(s),$$

$$T(s) \cdot (T_o \cdot s + 1) = k_2 \cdot G_{\text{в.м.}}(s).$$

Перейдем к передаточной функции по температуре по возмущению:

$$W_{\text{в}} = \frac{T(s)}{G_{\text{в.м.}}(s)} = \frac{k_2}{T_o \cdot s + 1}.$$

Зададим переменные: $S_{\text{р.}} = 9,3326\text{м}^2$; $h = 0,2\text{м}$; $\rho = 1984\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $T = 110°\text{C}$; $G_{\text{в.м.}} = 34,739\,\frac{\text{кг}}{\text{с}}$; $T_1 = 20°\text{C}$.

Принимая влажность высушенного материала равной 0,1 %, его теплоемкость можно рассчитать по формуле [2]:

$$c_{\text{с.м.}} = W_1 \cdot c_{\text{в.}} + m_{\text{т.1}} \cdot c_{\text{KCl}} \ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}},$$

где W_1 – доля воды в высушенном материале, равная 0,1%;

$c_{\text{в.}}$ – теплоемкость воды равная $4190\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

$m_{\text{т.1}}$ – доля твердого вещества равная 99,9%;

c_{kcl} – теплоемкость хлорида калия равная $690\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$,

$$c_{\text{с.м.}} = 0,001 \cdot 4190 + 0,999 \cdot 690 = 693,5 \ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Теплоемкость влажного хлорида калия с содержанием воды 5,5% найдем по этой формуле:

$$c_{\text{в.м.}} = W_2 \cdot c_{\text{в.}} + m_{\text{т.2}} \cdot c_{\text{KCl}} \ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}},$$

где W_2 – доля воды во влажном материале равная 5,5%;

$m_{\text{т.2}}$ – доля твердого вещества равная 94,5%;

$$c_{\text{в.м.}} = 0,055 \cdot 4190 + 0,945 \cdot 690 = 882,5 \ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Скорость испарения воды при сушке можно найти по формуле [3].

$$W = G_{\text{в.м.}} \cdot \frac{W_2 - W_1}{100 - W_1} = 34,739 \cdot \frac{5,5 - 0,1}{100 - 0,1} = 1,878 \ \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Массовый расход сухого материала рассчитывается по формуле:

$$G_{\text{с.м.}} = G_{\text{в.м.}} - W = 34,739 - 1,878 = 32,861 \ \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Для создания *Simulink*-модели в программе *MatLab* напишем код:

```
clc; clear;
% возмущения
u = 5.5; % содержание воды во влажном материале
Gvm = 34.739; % расход влажного материала
T1 = 20+273; % температура влажного материала на входе
% константы
cv = 4190; % теплоемкость воды
ckcl = 690; % теплоемкость KCL
Tv = 373; % температура кипения воды
F = 2258*10^3; % удельная теплота парообразования воды
% параметры сушки
Sr = 9.3326; % площадь решетки
h = 0.2; % высота слоя
p = 1984; % плотность KCL
% параметры материала на входе
uvl = u/100; % содержание воды во влажном материале
cvm = uvl*cv+(1-uvl)*ckcl; % удельная теплоемкость влажного материала
% параметры материала на выходе
T2 = 110+273; % температура сухого материала на выходе
usm = 0.1/100; % содержание воды в сухом материале
csm = usm*cv+(1-usm)*ckcl; % удельная теплоемкость влажного материала
Wv = Gvm*(u-usm*100)/(100-usm*100); % расход испаряемой влаги
Gsm = Gvm-Wv; % расход сухого материала
% энергии необходимо
n = 15/100; % потери тепла
% передаточные функции
T0 = Sr*h*p*csm/(Gsm*csm);
k1 = 1/(Gsm*csm);
k2 = T1*cvm/(Gsm*csm);
```

Simulink-модель представлена на рис. 1.

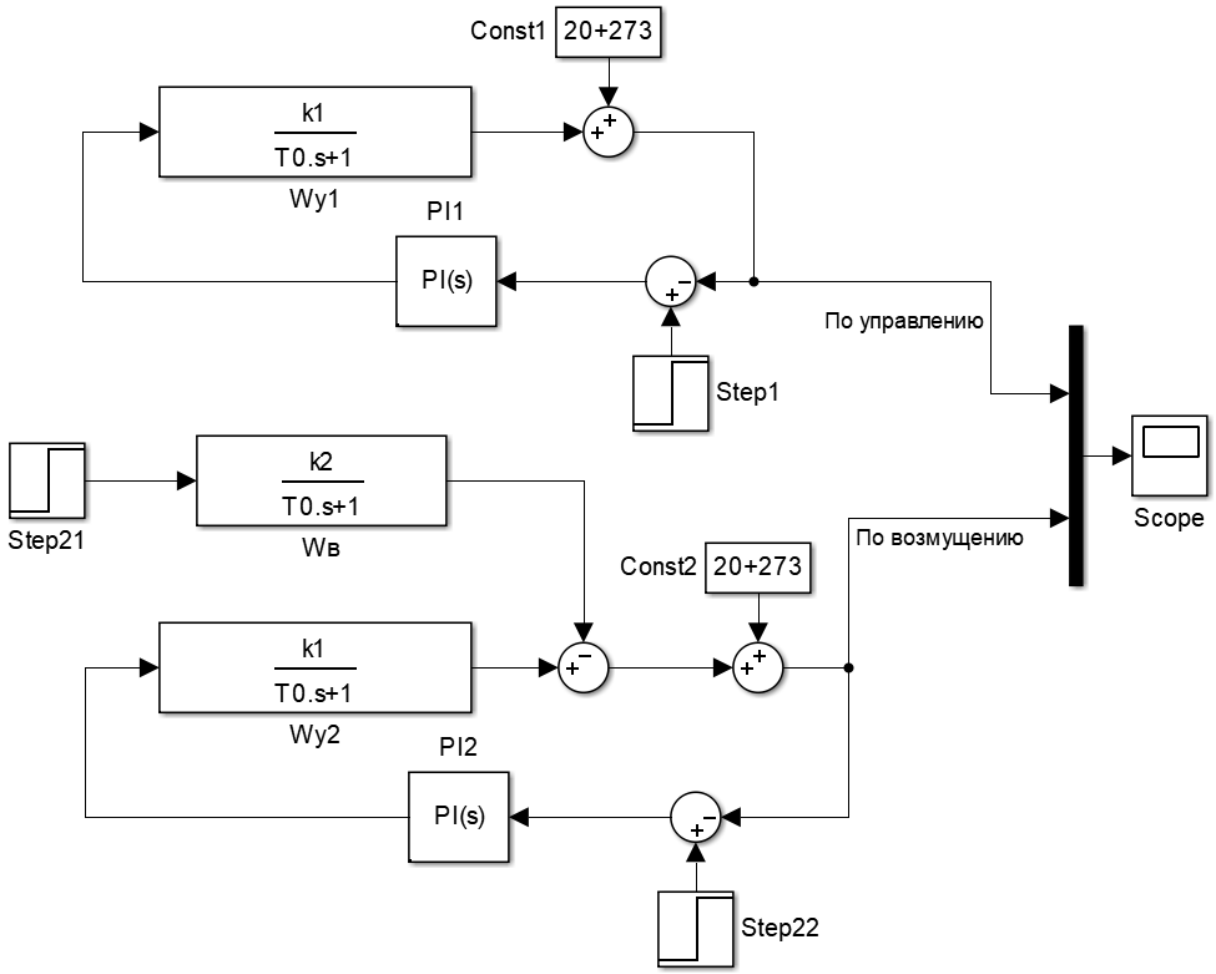


Рис. 1. Simulink-модель сушки хлорида калия в печи кипящего слоя

Настройка блоков *Step*:

	*Step*1	*Step*21	*Step*22
Step time	0	0	0
Initial value	0	0	0
Final value	110+273	1	20+273
Sample time	0	0	0

Настройка *PI* регуляторов:

	*PI*1	*PI*2
Proportional (*P*)	10783.7	10783.7
Integral (*I*)	324.5	324.5

На рис. 2 представлены графики переходных процессов по управлению и по возмущению.

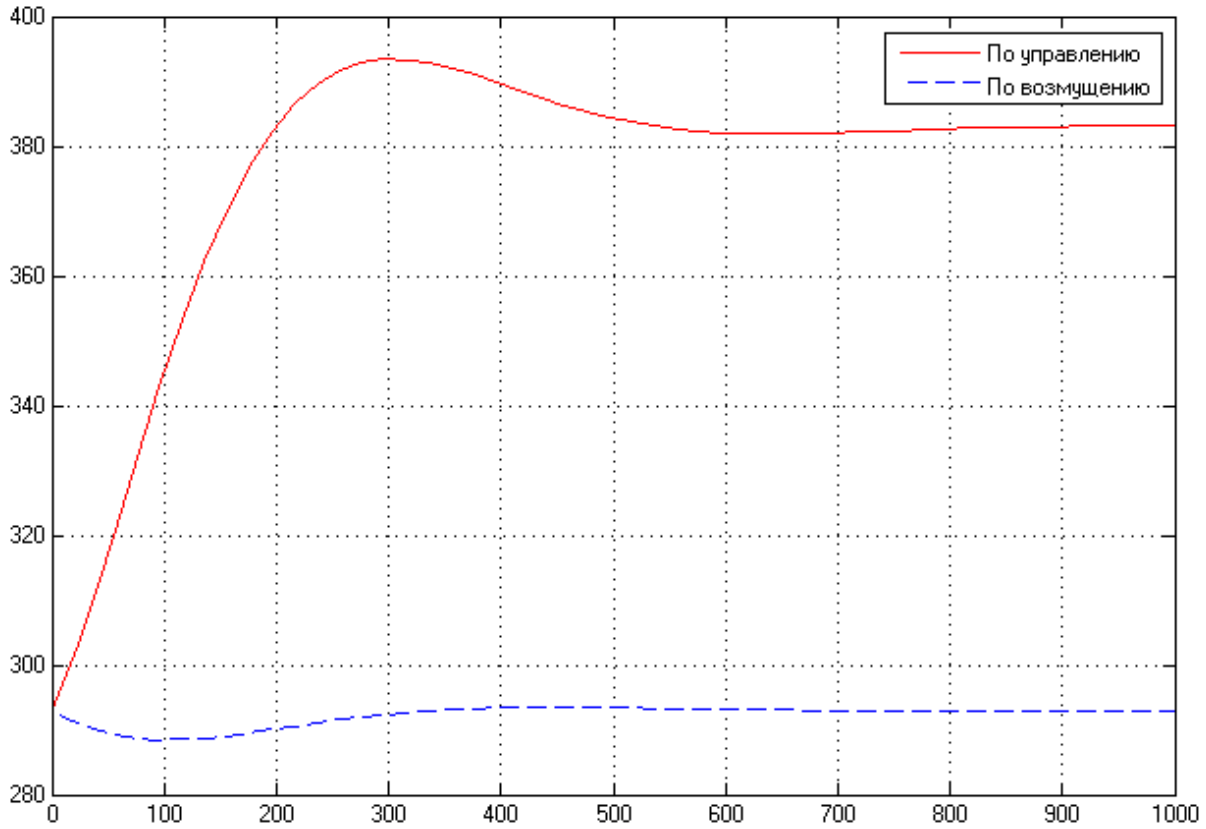


Рис. 2. Графики переходных процессов

В результате проделанной работы были получены изображенные графики переходных процессов (см. рис. 2), где видно как *PI*-регулятор выводит систему на задание и успешно справляется с возмущением по каналу подачи тепла из топки печи.

Исследование и компенсация возмущения влажностью высушиваемого материала температурного режима сушки приведена в работе [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельков Г.А., Беккер В.Ф. Моделирование процесса сушки хлорида калия в печи кипящего слоя // Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (г. Березники, 26 апреля 2023 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. 126-129 с.

2. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету: «Процессы и аппараты химической промышленности». Москва, 1980. 223 с.

3. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. М.: Изд-во «Химия», 1991. 495 с.

4. Истратов В.С. Компенсация возмущения влажностью температуры сушки хлорида калия в печи кипящего слоя (в настоящем сборнике).

Поступила 14.03.2024

УДК 66.102-52

В.С. Истратов

КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШКИ ХЛОРИДА КАЛИЯ В ПЕЧИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Рассматривается составление комбинированной Simulink-модели печи кипящего слоя в программе MatLab. Рассчитан и смоделирован идеальный компенсатор, рассмотрены графики переходных процессов.

Для создания *Simulink*-модели процесса сушки, рассмотренной в качестве объекта управления в работе [1], в программе *MatLab* напишем код:

```
clc; clear;
% возмущения
u = 5.5; % содержание воды во влажном материале
Gvm = 34.739; % расход влажного материала
T1 = 20+273; % температура влажного материала на входе
% константы
cv = 4190; % теплоемкость воды
ckcl = 690; % теплоемкость KCl
Tv = 373; % температура кипения воды
F = 2258*10^3; % удельная теплота парообразования воды
% параметры сушки
Sr = 9.3326; % площадь решетки
h = 0.2; % высота слоя
p = 1984; % плотность KCl
% параметры материала на входе
uvl = u/100; % содержание воды во влажном материале
cvm = uvl*cv+(1-uvl)*ckcl; % удельная теплоемкость влажного материала
% параметры материала на выходе
T2 = 110+273; % температура сухого материала на выходе
usm = 0.1/100; % содержание воды в сухом материале
csm = usm*cv+(1-usm)*ckcl; % удельная теплоемкость влажного материала
Wv = Gvm*(u-usm*100)/(100-usm*100); % расход испаряемой влаги
Gsm = Gvm-Wv; % расход сухого материала
% энергии необходимо
n = 15/100; % потери тепла
% передаточные функции
T0 = Sr*h*p*csm/(Gsm*csm);
k1 = 1/(Gsm*csm);
k2 = T1*cvm/(Gsm*csm);
```

Настройка блоков *Step*:

	*Step*1	*Step*2
Step time	0	0
Initial value	0	0
Final value	1	110+273
Sample time	0	0

Настройка *PI* регулятора:

	PI
Proportional (*P*)	10783.7
Integral (*I*)	324.5

Чтобы скомпенсировать возмущение рассчитаем идеальный компенсатор.

Wo = tf(k1, [T0 1]); % передаточная функция объекта
WV = tf(k2, [T0 1]); % передаточная функция возмущения
Wk = WV/Wo;

$$\mathrm{Wk}(s) = \frac{1279\mathrm{s} + 11.35}{0.004945\mathrm{s} + 4.388 \cdot 10^{-5}}.$$

На рис. 1 представлена *Simulink*-модель печи кипящего слоя.

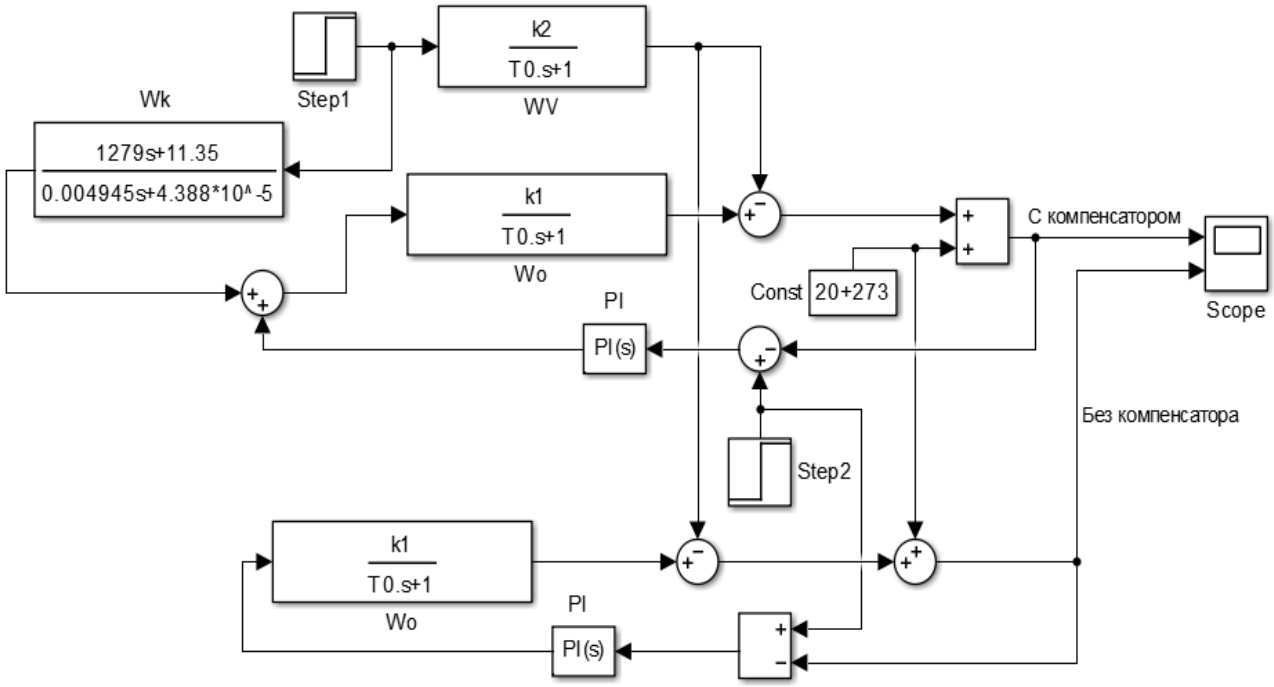


Рис. 1. Simulink-модель управления сушкой хлорида калия в печи кипящего слоя

На рис. 2 представлены графики переходных процессов по возмущению с компенсатором и без него.

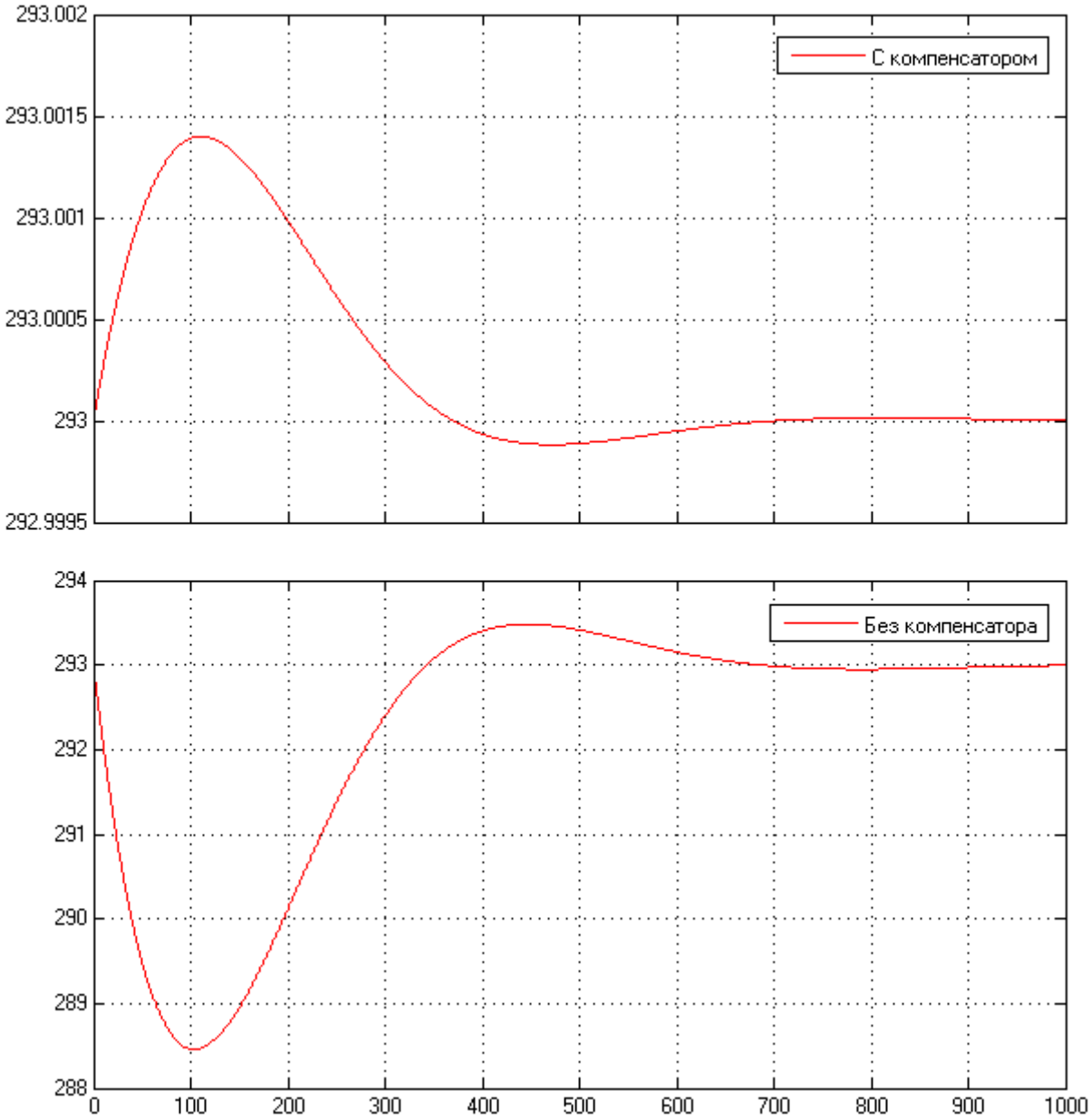


Рис. 2. Переходный процесс по возмущению до компенсации и после

В результате проделанной работы составлена комбинированная система с идеальным компенсатором, где по графику (см. рис. 2) видно, что система с компенсатором гораздо меньше отклоняется от заданного значения регулируемой величины, чем без него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Истратов В.С., Беккер В.Ф. Динамика процесса сушки хлорида калия в печи кипящего слоя (в настоящем сборнике).

Поступила 14.03.2024

УДК 66.08

М.В. Носков

УПРАВЛЕНИЕ ПЛОТНОСТЬЮ ПУЛЬПЫ В АГИТАЦИОННОМ ЧАНЕ ПЕРЕЧИСТНОЙ СИЛЬВИНОВОЙ ФЛОТАЦИИ

В ходе проведения вычислительного эксперимента на математической модели в среде Matlab Simulink был изучено управление плотностью пульпы изменением потоков, поступающих в агитационный чан перечистной сильвиновой флотации.

Продукт дуговых сит с размером частиц менее 0,7 мм (подрешетный) поступает в агитационный чан (1) объемом 6 м^3. Сюда же подается маточный раствор для поддержания плотности питания перечистной флотации сильвина Ж/Т=3,9 … 4,1 (1348 … 1344 кг/м^3). Кроме того, через пульподелители в агитационный чан поступает вода регенерации фильтроткани, остаток с фильтроткани, конденсат пара термокамеры и фильтрат обезвоживания концентрата. Технологическим насосом (2) подают пульпу на перечистную флотацию сильвина в пневмоэжекторный флотационный аппарат *PNEUFLOT M-FV*30 *NS-EV* (3) объемом 29 м^3.

Камерный продукт перечистной сильвиновой флотации самотеком поступает в зумпф слива мельницы и далее на поверочную классификацию.

Пенный продукт флотационного аппарата самотеком поступает в операцию выщелачивания хлорида натрия в мешалку.

Таким образом, в операцию выщелачивания поступают надрешетные продукты дуговых сит и пенный продукт перечистной сильвиновой флотации из аппаратов, а также выщелачивающий раствор (на период пуска – техническая вода).

Соответствие готовой продукции нормативной документации ГОСТ4568-95 «Калий хлористый технические условия» (массовая доля хлорида калия (по сухому) не менее 95,0%) достигается за счет селективного выщелачивания галита из сильвинового концентрата. Для подержания максимального концентрата [1].

Процесс перечистной сильвиновой флотации изображен на рис. 1.

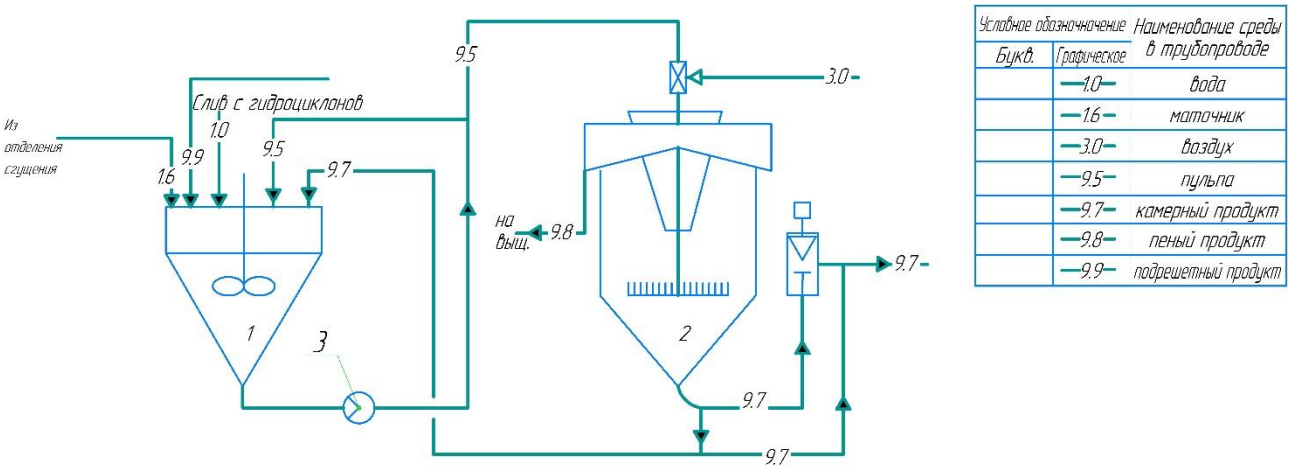


Рис. 1. Схема перечистной сильвиновой флотации:
1 – агитационный чан; 2 – пнемоэжекторная флотомашина; 3 –центробежный насос

Согласно [2] принцип действия флотомашины основан на различии физико-химических свойств поверхности минералов, выражающемся в различной способности минералов смачиваться водой. Находясь в тонкоизмельченном состоянии в водной среде, частицы одних минералов не смачиваются водой, а прилипают к содержащимся в воде

пузырькам воздуха и всплывают на поверхность, в то время как частицы других минералов смачиваются водой и тонут в ней или находятся во взвешенном состоянии.

Суспензия, подаваемая в флотомашину, предварительно подвергается технологической обработке и далее под давлением подводится по патрубку *8* к аэратору *7*, проходит через диафрагму аэратора, далее со значительной скоростью проходит в смесительную камеру, в нижнем фланце которой установлены форсунки. Суспензия, проходя через установленные напротив сопел трубки с каналом переменного сечения в виде конических конфузора и диффузора (первый короче второго), поступает в полость колонны *6* и далее в трубопровод *9*. Струя суспензии, увлекая за собой имевшийся первоначально в смесительной камере воздух, создает в ней разрежение, благодаря чему в смесительную камеру по воздуховоду постоянно засасывается воздух.

Схема эжекторной флотационной машины представлена на рис. 2.

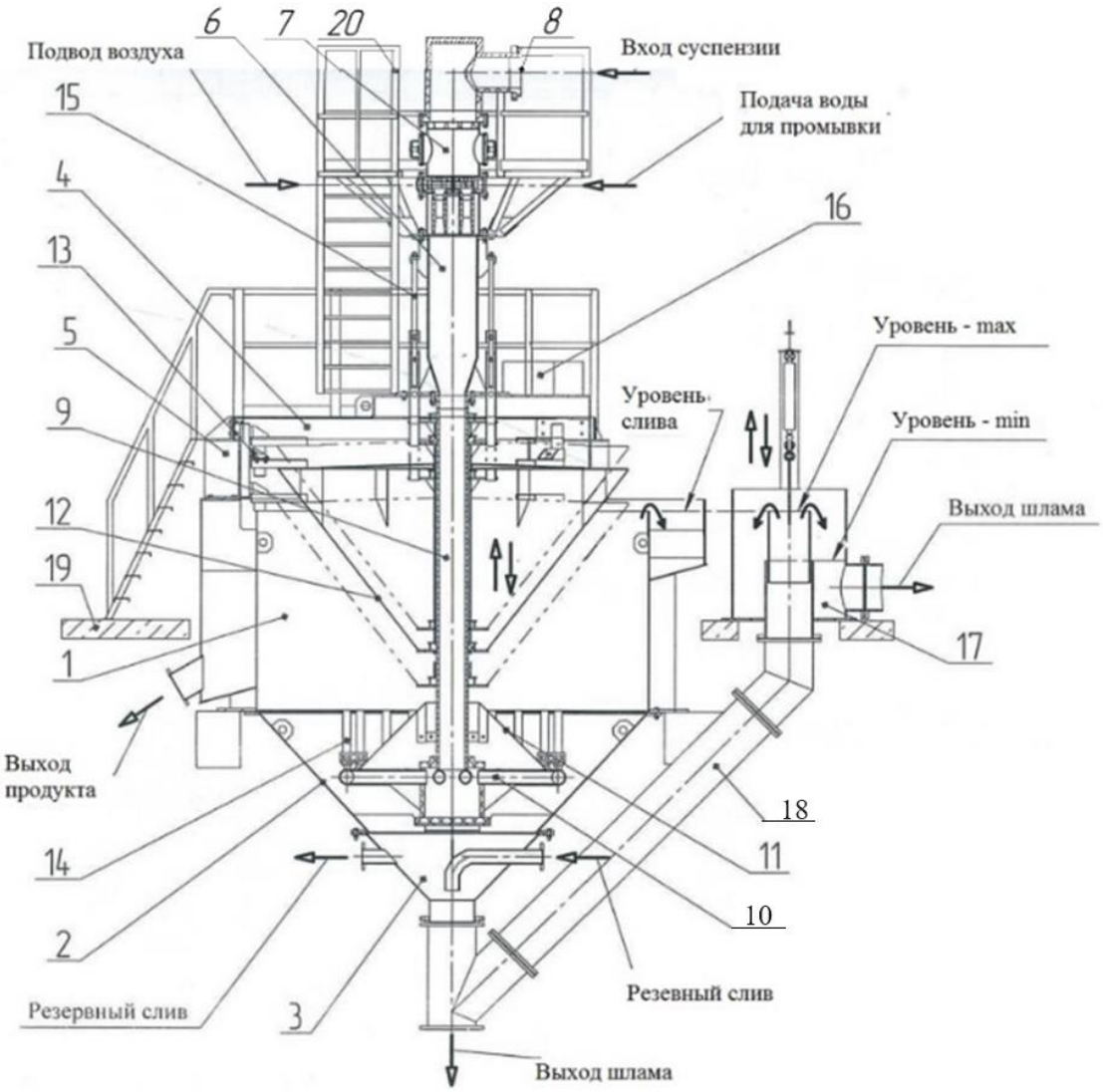


Рис. 2. Схема эжекторной флотационной машины:
1 – камера; 2 – днище; 3 – выпуск; 4 – рама; 5 – опора; 6 – колонна; 7 – аэратор;
8 – патрубок входной; 9 – трубопровод; 10 – распределитель;
11 – конус распределительный; 12 – конус регулирующий; 13 – направляющая;
14 – эжекторы; 15 – тяги для фиксации конуса регулирующего;
16 – гидропривод конуса регулирующего; 17 – узел разгрузки;
18 – трубопровод; 19 – площадка обслуживания камеры;
20 – площадка обслуживания аэратора

Аэрированная суспензия, проходя через трубопровод *9*, попадает в распределитель *10* и подается в эжекторы *14*, а далее в камеру *1* флотомашины, где происходит процесс флотации. Гидрофобные частицы поднимаются воздушными пузырьками на поверхность, образуя слой пены, и удаляются в кольцевой желоб. Эжекторы *14* расположены таким образом, что пульповоздушная смесь равномерно распределяется по всему объему камеры *1*, и восходящие потоки имеют постоянную равномерно замедленную скорость. Высота пенного слоя регулируется количеством воздуха, подаваемого в аэратор *7*, положением шибера на узле разгрузки камерного продукта *17*, а также площади образования пены, которая регулируется передвижением регулирующего конуса *12* в вертикальном направлении при помощи гидравлического привода.

Камера *1*, в соответствии с рисунком 2, представляет собой сварную конструкцию, во внутренней цилиндрической емкости которой осуществляется процесс флотации, а во внешней емкости, в форме усеченного цилиндра, осуществляется сборка пенного продукта. К нижней части корпуса крепится днище *2*, а к верхней части, через опоры *5* и раму *4*, крепится конус, регулирующий *12* и аэратор *6*.

Днище *2* представляет собой коническую сварную конструкцию, к нижней части которой крепится выпуск *3*. Внутри днища расположен конус распределительный *11* и распределитель *10* аэрированной суспензии.

Выпуск *3* представляет собой коническую сварную конструкцию и предназначен для сбора и вывода шлама из машины и подачи воды для промывки.

Выбираем объект управления – агитационный чан представлен на рис. 3.

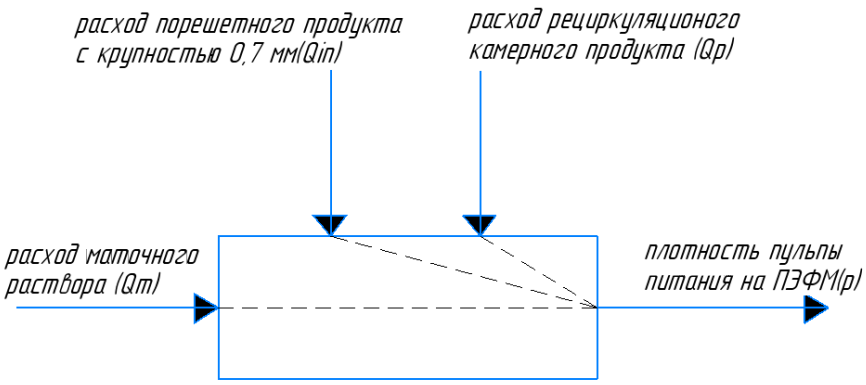


Рис. 3. Структурная схема управления агитационным чаном

Изучим математическую модель изменения плотности в зависимости от возмущения по входному параметру

$$V \cdot \frac{d\rho_{out}}{dt} = Q_{in} \cdot \rho_{in} + Q_m \cdot \rho_m + Q_p \cdot \rho_p - Q_{out} \cdot \rho_{out}, \quad (1)$$

$$V \cdot \frac{d\rho_{out}}{dt} + Q_{out} \cdot \rho_{out} = Q_{in} \cdot \rho_{in} + Q_m \cdot \rho_m + Q_p \cdot \rho_p, \quad (2)$$

$$\frac{V}{Q_{out}} \cdot \frac{d\rho_{out}}{dt} + \frac{Q_{out} \cdot \rho_{out}}{Q_{out}} = \frac{Q_{in} \cdot \rho_{in}}{Q_{out}} + \frac{Q_m \cdot \rho_m}{Q_{out}} + \frac{Q_p \cdot \rho_p}{Q_{out}}, \quad (3)$$

$$T \cdot \frac{d\rho_{out}}{dt} + \rho_{out} = k_1 \cdot \rho_{in} + k_2 \cdot \rho_m + k_3 \cdot \rho_p, \quad (4)$$

где V – объем агитационного чана, м^3;

ρ_{in} – плотность подрешетного продукта, кг/ м^3;

ρ_p – плотность рециркуляционного камерного продукта, кг/ м^3;

ρ_m – плотность маточного раствора, кг/ м^3;

ρ_{out} – плотность пульпы, кг/ м^3;

Q_{in} – расход подрешетного продукта, м^3/с;

Q_m – расход маточного раствора, м^3/с;

Q_p – расход рециркуляционного расхода, м^3/с;

Q_{out} – расход пульпы, м^3/с.

Исходные данные приведены в таблице.

Таблица

Исходные данные

Параметр	V м^3	ρ_{in} кг/м^3	$\rho_р$ кг/м^3	ρ_m кг/м^3	ρ_{out} кг/м^3	Q_{in} м^3/с	$Q_р$ м^3/с	Q_m м^3/с	Q_{out} м^3/с
Численное значение	6, 000	1390	1350	1280	1350	0,0400	0,0100	0,0200	0,0700

Рассчитаны параметры инерционного звена в формуле (4)

$$T = \frac{V}{Q_{out}} = \frac{6.00}{0,0700} = 85,71\,c;$$

$$k_1 = \frac{Q_{in}}{Q_{out}} = \frac{0,04}{0,07} = 0,571;$$

$$k_2 = \frac{Q_m}{Q_{out}} = \frac{0,02}{0,07} = 0,2857;$$

$$k_3 = \frac{Q_р}{Q_{out}} = \frac{0,01}{0,07} = 0,1428.$$

Получены передаточные функции инерционного звена подстановкой вычисленных значений:

по управлению маточным раствором

$$W_1(s) = \frac{k_2}{T \cdot s + 1} = \frac{0,2857}{85,71 \cdot s + 1}, \tag{5}$$

по возмущению подрешетного продукта

$$W_2(s) = \frac{k_1}{T \cdot s + 1} = \frac{0,571}{85,71 \cdot s + 1}, \tag{6}$$

по возмущению рециркуляционного камерного продукта

$$W_3(s) = \frac{k_3}{T \cdot s + 1} = \frac{0,1428}{85,71 \cdot s + 1}. \tag{7}$$

Передаточная функция ПИ-регулятора:

$$W_р(s) = k_р + \frac{k_i}{s}. \tag{8}$$

Значения параметров k_p - k_i-регулятора определены методом подбора в пакете *Matlab*.

Получим передаточную функцию регулятора:

$$W_4(s) = k_р + \frac{k_i}{s} = 120 + \frac{60}{s}.$$

Промоделируем полученную систему с регулятором (рис. 4).

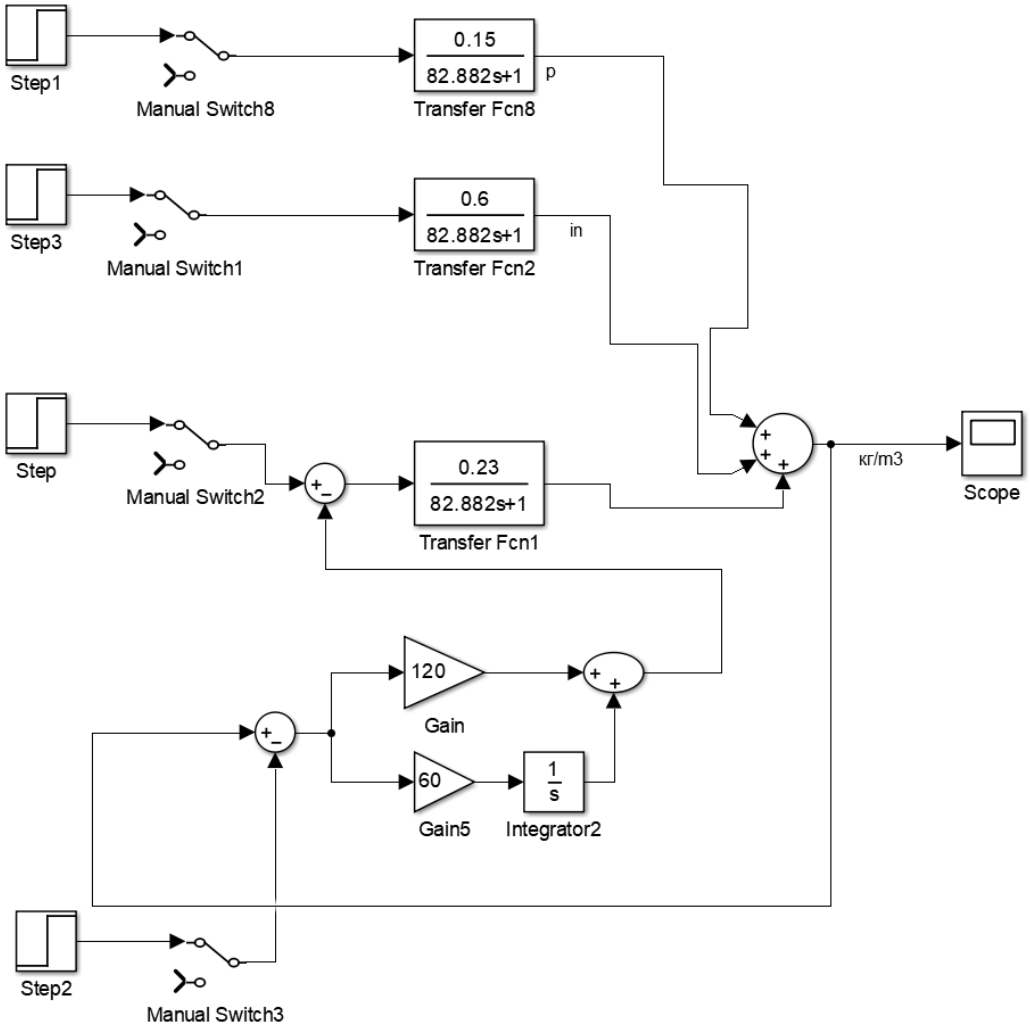


Рис. 4. Модель управления по плотности пульпы по расходам

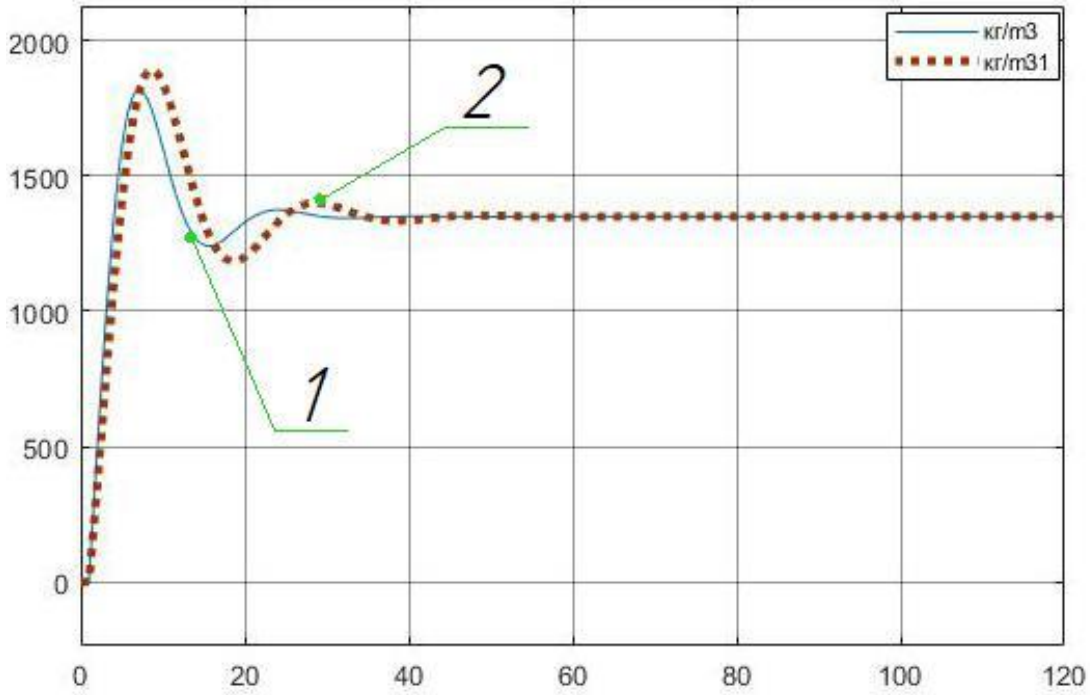


Рис. 5. Переходный процесс по каналу управления:
1 – маточный раствор с расходом 0,02 м^3/с;
2 – маточный раствор с расходом 0,01 м^3/с

На графике по управлению (рис. 5) можно отметить, что регулятор отрабатывает задание с небольшим перерегулированием 0,35%, а также при уменьшении подачи расхода маточника с 0,02 на 0,01 м^3/с перерегулирование увеличивается до 0,4%, но регулятор отрабатывает задание за 40 с. Это означает, что система работоспособна.

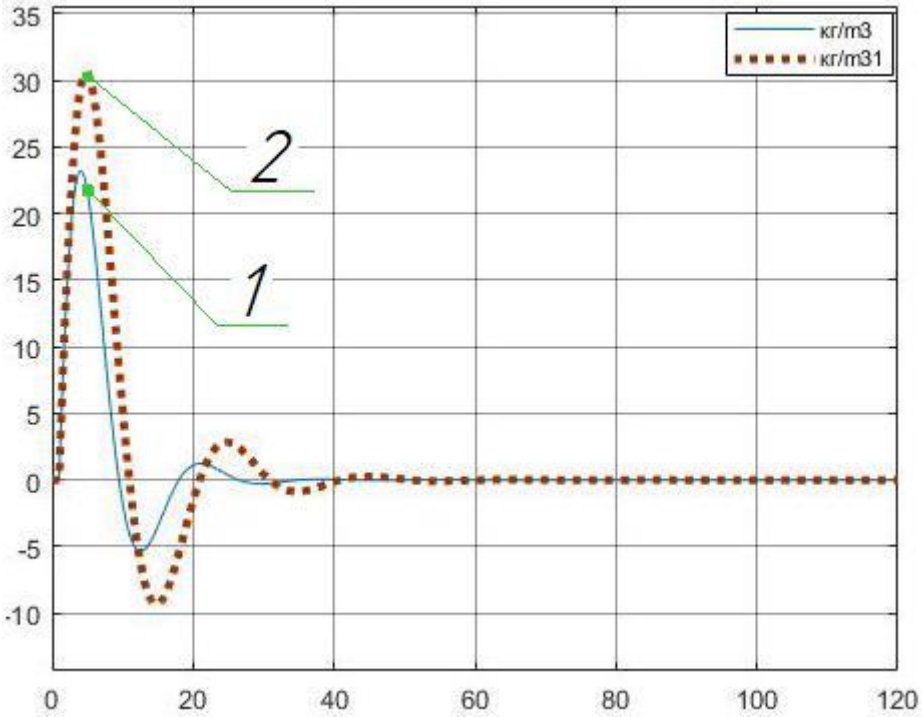


Рис. 6. Переходный процесс по возмущению:
1 – маточный раствор с расходом 0,02 м^3/;
2 – маточный раствор с расходом 0,01 м^3/с

На графике переходных процессов по возмущению, приведенных на рис. 6, можно отметить, что при уменьшении расхода маточника амплитуда колебаний увеличивается, но в итоге принимает значение 0. Это означает, что система инвариантна относительно возмущения плотности изменением подачи маточного раствора.

В ходе выполнения исследования по дифференциальным уравнениям составлена математическая модель процесса регулирования плотности пульпы с ПИ-регулятором в *MATLAB*. Получены графики переходных процессов по каналу управления и по каналу возмущения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лавриненко А.А. Современные флотационные машины для минерального сырья // Горная техника, 2008. №5.
2. Руководство по эксплуатации: эжекторная флотационная машина IMF-35. 2008. 15 с.
3. Автоматизация технологических процессов по модели [Электронный ресурс] https://nizrp.narod.ru/metod/kafavtpriviel/1617725494.pdf
4. Разработка математической модели процесса управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfile.net/preview/2524982/page:6/

Поступила 14.03.2024

УДК 65.011.56:669.1

А.А. Панина

УПРАВЛЕНИЕ ФЛОТАЦИЕЙ ХЛОРИДА КАЛИЯ В КОЛОННОЙ МАШИНЕ

Рассмотрена флотомашина колонного типа на ПАО «Уралкалий», и описан процесс отделения полезных руд от шлаков, также рассмотрена схема флотомашины и предложено совершенствование процесса.

Ранее был рассмотрен процесс седиментации хлорида калия, который описан в предыдущих статьях [3], [4], [5]. Это поможет взглянуть на процесс флотации под другим углом.

Процесс флотации является важным этапом в производстве хлорида калия, используемый для производства калийных удобрений. От качества выходящего продукта с флотации зависит как качество следующих этапов, так и качество итогового продукта. Важно, чтобы флотационный процесс происходил на высоком уровне качества. От этого зависит экономическое положение как кампании, так и работников производства. Актуальность работы состоит в том, чтобы исправить имеющиеся проблемы в производстве, так как в процессе есть неконтролируемые места. Для этого рассматривался процесс и производство более подробно в статьях ранее [1], [2].

Проблема в данном процессе может быть в недостаточном контроле используемых ресурсов. Например, расхода маточника или расхода готового, выходящего продукта.

Флотомашина колонного типа имеет такие характеристики как $D(\text{диаметр}) = 4{,}5$ м, $\text{Н(высота)} = 11$ м. Работа флотомашины осуществляется при начальном давлении 550 кПа.

Для анализа процесса создана модель данного процесса и произведены нужные расчеты. Для расчета потребуется выходной расход и входной. Выходным расходом является готовый продукт, который пойдет на сильвиновую флотацию. Входным будет расход пульпы с добавленными в нее реагентами.

Значения входного и выходного расхода:

$$\text{v}_{\text{вх}} = 500 - 1200 \text{ л/ч } (850 \text{ л/ч} - 0{,}85 \text{ м}^3/\text{ч}),$$
$$\text{v}_{\text{вых}} = 400 - 1200 \text{ л/ч } (800 \text{ л/ч } - 0{,}8 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

Колонная флотомашина описывается следующей динамической характеристикой:

$$S\frac{dh}{dt} = \text{v}_{\text{вх}} - \text{v}_{\text{вых}}.$$

Используя преобразование по Лапласу, получим:

$$\frac{Ssh(s)}{v_{\text{вых}}(s)} = -\frac{\text{v}_{\text{вых}}}{S \cdot s}.$$

После всех преобразований передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W(s) = \frac{h(s)}{\text{v}_{\text{вых}}(s)} = -\frac{1}{S \cdot s} = -\frac{k}{s},$$
$$k = -\frac{1}{S}.$$

Площадь камеры, приняв ее за цилиндр со стороной $r = 2{,}25$ м, $h = 11$ м, будет равна:

$$S = 2\pi \cdot r \cdot (r + h) = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}25 \cdot (2{,}25 + 11) = 187{,}2 \text{ м}^2.$$

На рис. 1 представлена структурная схема модели в *Simulink*, состоящая из блоков *Step*, *Transfer Fcn*, *Sum*, *Gain* и *Scope*.

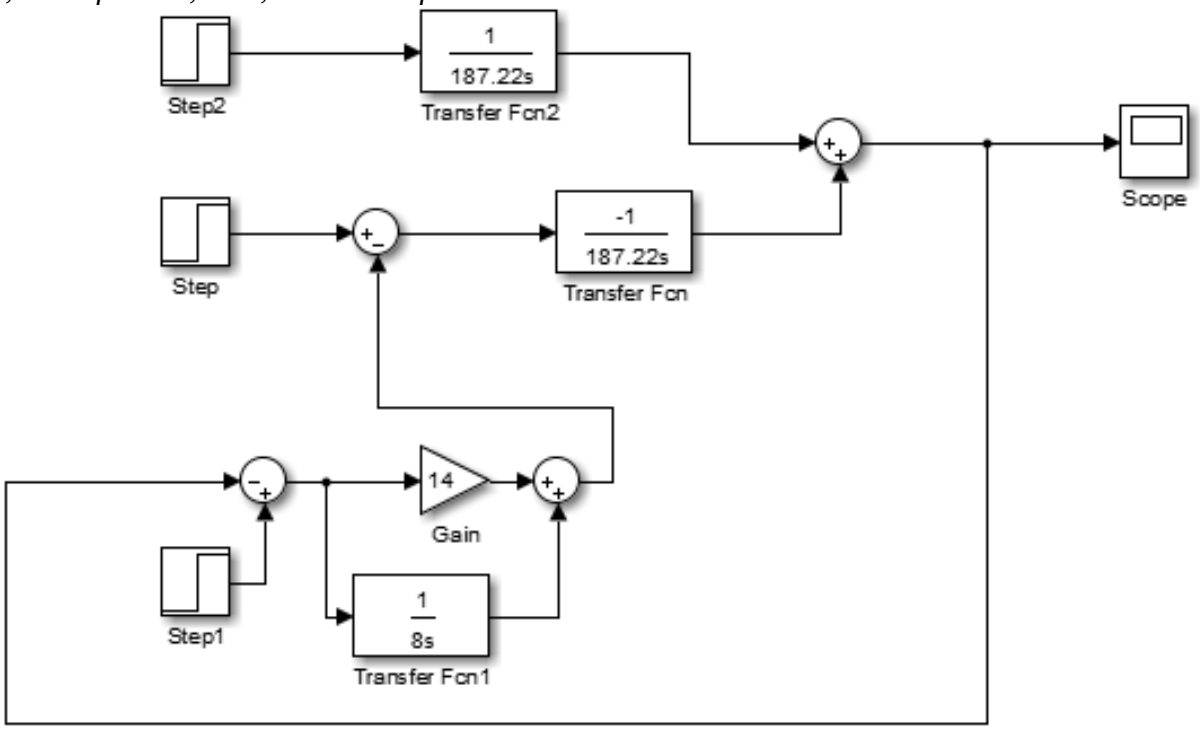


Рис. 1. Структурная схема модели в Simulink

Ниже представлены настройки блоков *Transfer Fcn*, *Transfer Fcn*1, *Transfer Fcn*2 и *Gain*.

Настройки блока *Transfer Fcn*:

1. *Numerator coefficients*: [-1]
2. *Denominator coefficients*: [187.22 0]
3. *Absolute tolerance*: *auto*
4. *State Name*: (*e.g.*, '*position*'): ''

Настройки блока *Transfer Fcn*1:

1. *Numerator coefficients*: [1]
2. *Denominator coefficients*: [7 0]
3. *Absolute tolerance*: *auto*
4. *State Name*: (*e.g.*, '*position*'): ''

Настройки блока *Transfer Fcn*2:

1. *Numerator coefficients*: [1]
2. *Denominator coefficients*: [187.22 0]
3. *Absolute tolerance*: *auto*
4. *State Name*: (*e.g.*, '*position*'): ''

Настройки блока *Gain*:

1. *Gain*: [14]
2. *Multiplication*: *Element-wise* (*K.*u*)
3. *Sample time*: [-1]

Модель рассматривается по возмущению и по управлению. Ниже описаны настройки.

Для получения переходного процесса по управлению (рис. 2) настройки параметров *Step* будут следующими:

1) общие: *Step time* = 1; *Initial value* = 0; *Sample time* = 0;
2) для *Step*: *Final value* = 0;
3) для *Step*1: *Final value* = 1;
4) для *Step*2: *Final value* = 0.

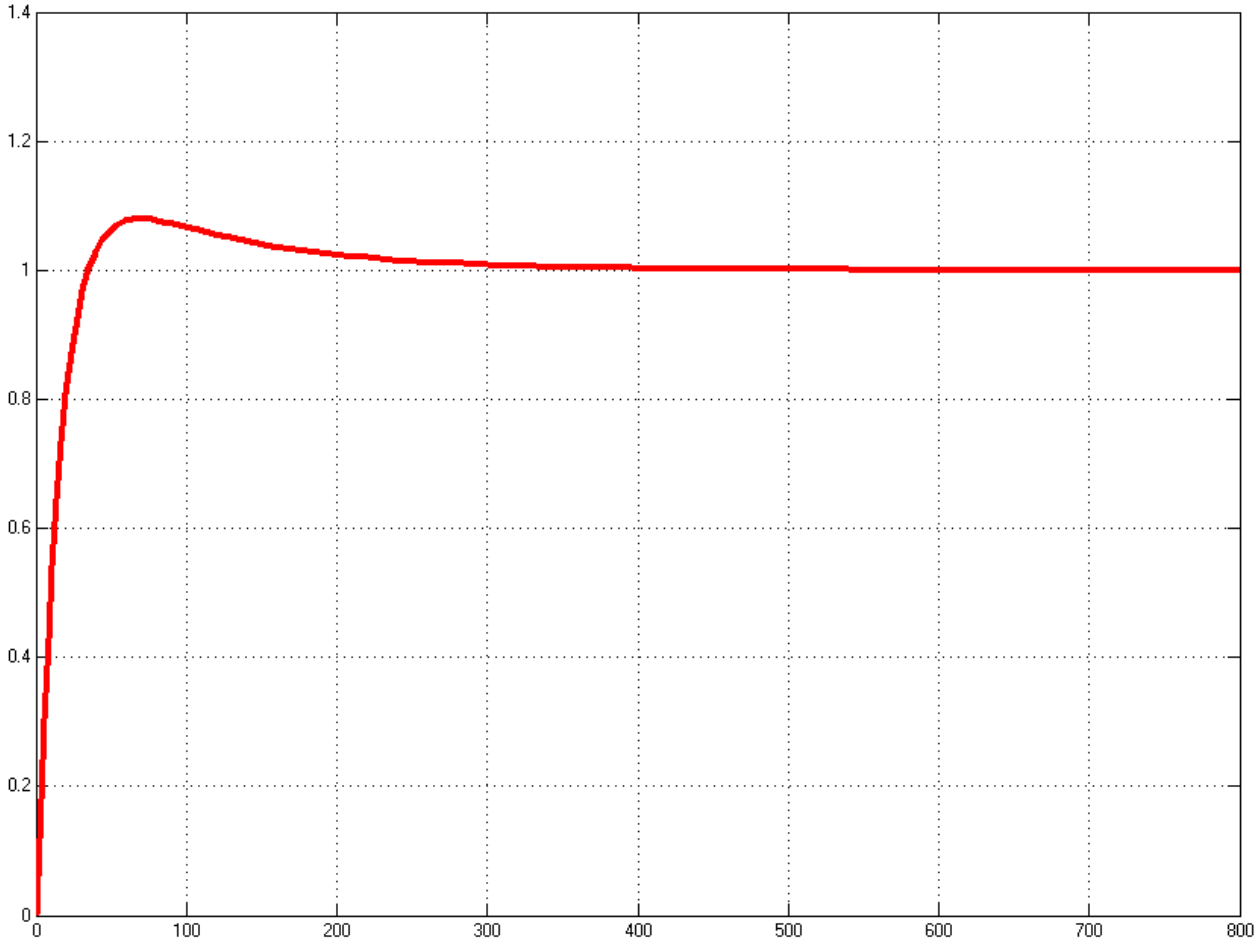


Рис. 2. Переходный процесс по управлению

Для получения переходного процесса по возмущению в первом случае (рис. 3) настройки параметров *Step* будут следующими:

1) общие: *Step time* = 1; *Initial value* = 0; *Sample time* = 0;
2) для *Step*: *Final value* = 1;
3) для *Step*1: *Final value* = 0;
4) для *Step*2: *Final value* = 0.

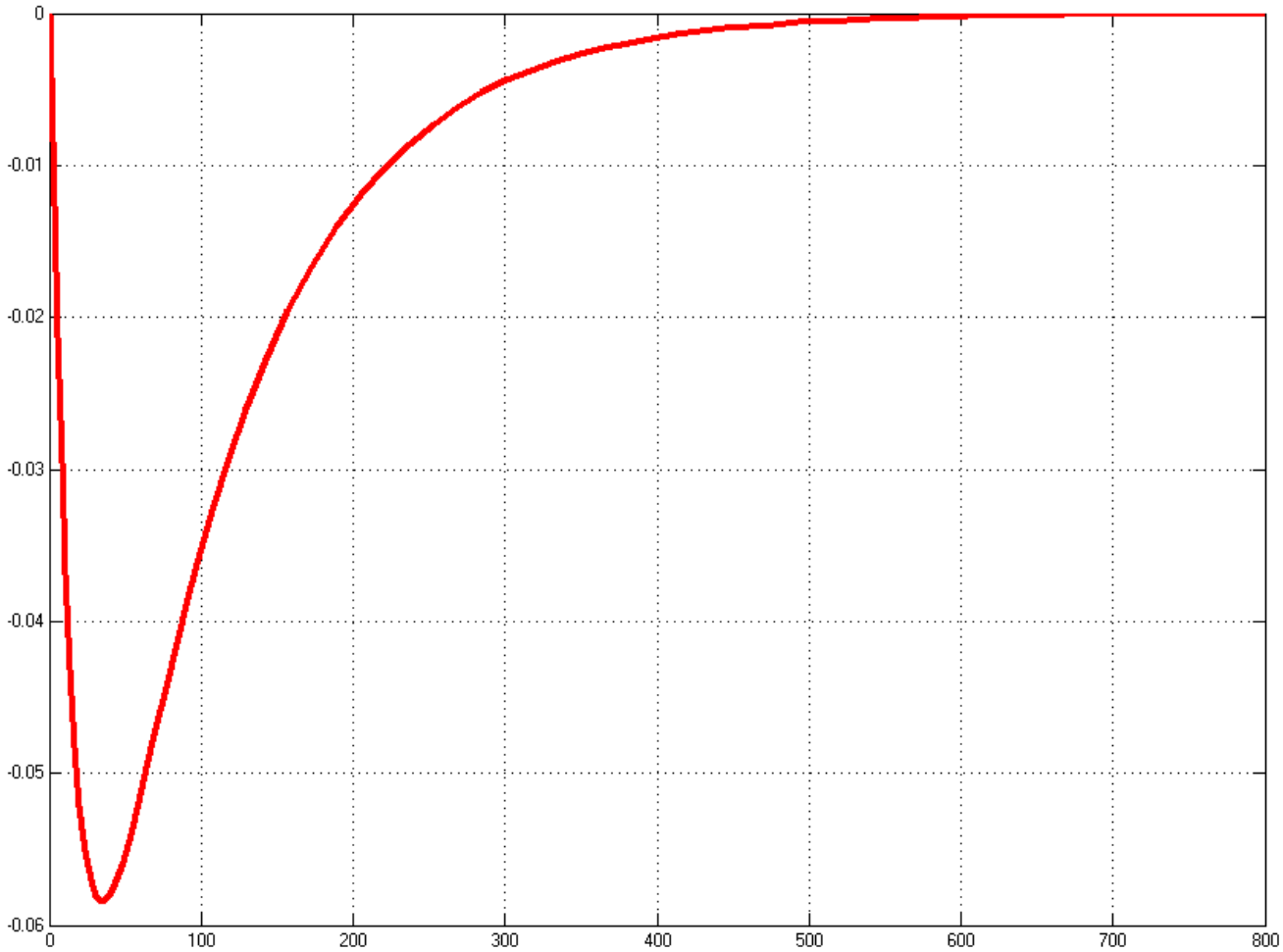


Рис. 3. Переходный процесс по возмущению через расход выходного продукта

Для получения переходного процесса по возмущению во втором случае (рис. 4) настройки параметров *Step* будут следующими:

1) общие: *Step time* = 1; *Initial value* = 0; *Sample time* = 0;
2) для *Step*: Final value = 0;
3) для *Step*1: *Final value* = 0;
4) для *Step*2: *Final value* = 1.

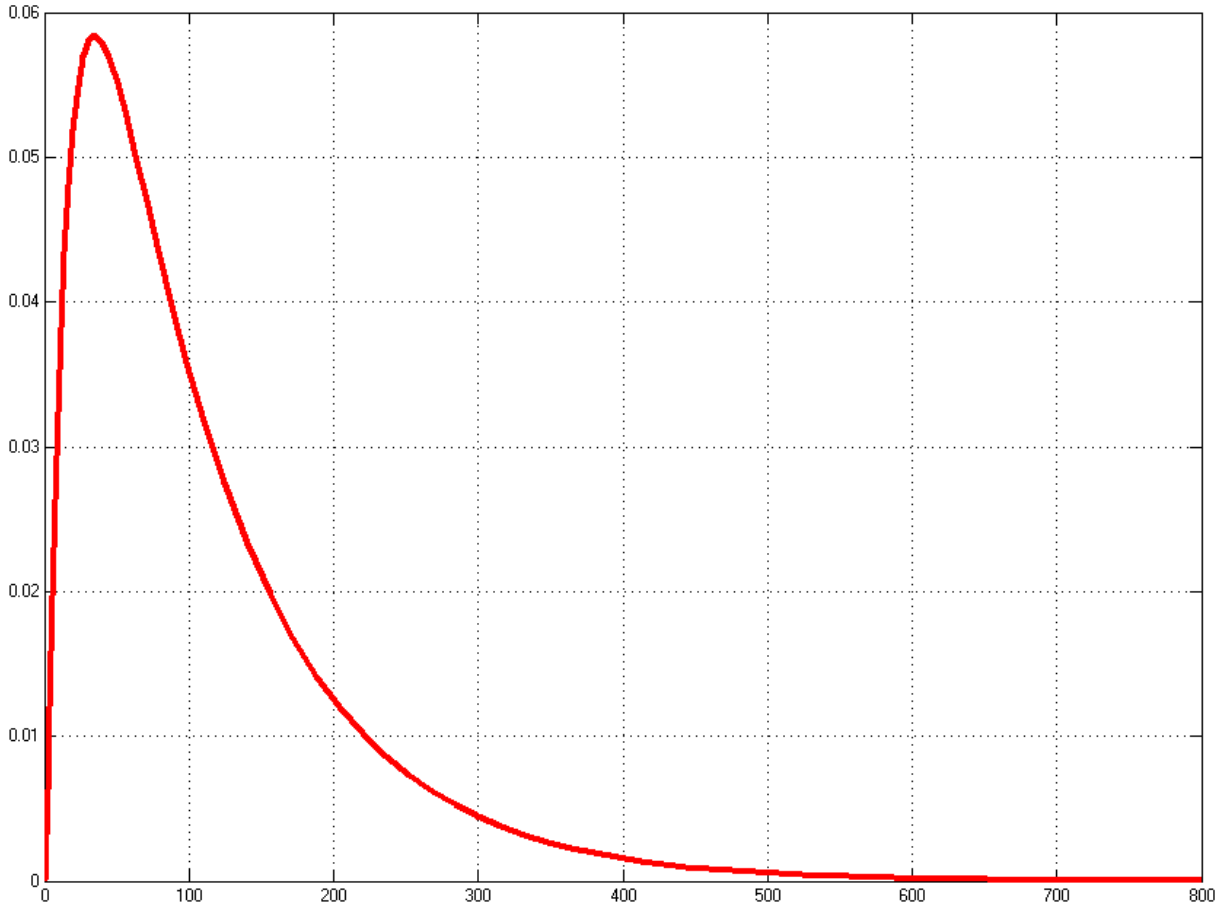


Рис. 4. Переходный процесс по возмущению через расход входного продукта

Анализируя графики, можно понять, что система является наблюдаемой и управляемой по возмущению и управлению, так как поддерживает заданные ей значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панина А.А. Процесс флотации в колонной машине в производстве хлорида калия на ПАО «Уралкалий» // Решение: Материалы Двенадцатой Всерос. науч.-практ. конф. (Березники, 21 октября 2023). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 56-58 с.

2. Панина А.А. Автоматизация процесса флотации в колонной машине в производстве хлорида калия // Решение: Материалы Двенадцатой Всерос. науч.–практ. конф. (Березники, 21 октября 2023). Пермь: Изд–во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 159-160.

3. Панина А.А. Автоматизация процесса седиментации в производстве хлорида калия // Решение: Материалы Одиннадцатой Всерос. науч. – практ. конф. (Березники, 21 октября 2022). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 240-241.

4. Панина А.А. Регулирование выгрузки сгущенной пульпы с коррекцией по концентрации твердого на выходе // Решение: Материалы Десятой Всерос. науч.-практ. конф. (Березники, 15 октября 2021). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. С. 179-180.

5. Панина А.А. Автоматизация процессов седиментации в производстве хлорида калия // Решение: Материалы Девятой Всерос. науч. – практ. конф. (Березники, 17 октября 2020). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. унта, 2020. С. 206-208.

Поступила 14.03.2024

УДК 004.942 : 62-503.51

О.И. Козлов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА ЕМКОСТИ НА ЕЕ ТЕМПЕРАТУРУ

В статье рассматриваются результаты исследования влияния объема емкости на качество регулирования, температуру в ней и расход теплоты в принципиальной модели регулирования температуры в емкости методами изменения объема V.

В качестве исследуемого объекта взята емкость с расположенным под ней нагревателем, подключенным датчиком температуры и регулятором, связанным с датчиком, изображенными на рис. 1.

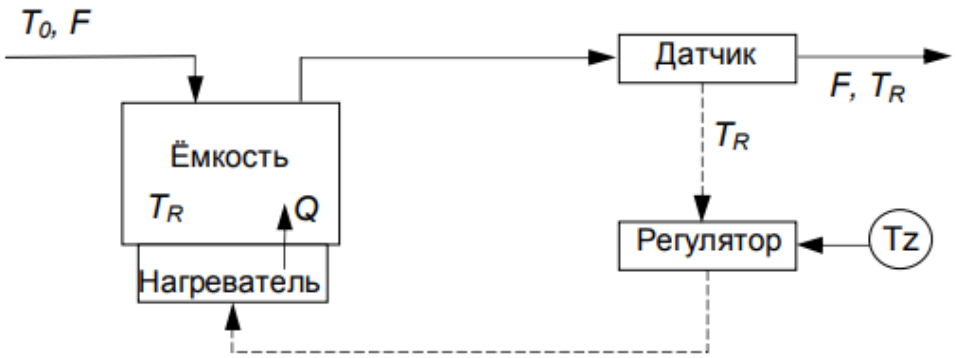


Рис. 1. Принципиальная схема управления температурой в емкости

Математическое описание энергетического баланса для емкости представляет из себя:

$$V\rho c_p \frac{dT_R}{dt} = F\rho c_p (T_0 - T_R) + Q,$$

где Q – тепло, поступающее от нагревателя, V – объем емкости, ρ – плотность жидкости, T_0 – температура жидкости на входе, T_R – температура, которую мы регулируем, F – расход жидкости.

Пропорционально-интегральный регулятор (ПИ) по отклонению может быть промоделирован в следующем виде:

$$Q = Q_0 + K_p\varepsilon + \frac{K_p}{\tau_1}\int \varepsilon\, dt,$$

где ошибка регулирования определяется соотношением: $\varepsilon = (T_{Rset} - T_R)$.

В работе используется ПИ-закон регулирования в виде:

$$\frac{dQ}{dt} = K_\text{р}\frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{K_p}{\tau_1}\varepsilon.$$

Таблица 1

Спецификация принятых обозначений и их размерность

Обозначения	Наименование	Размерность
x_0	Параметр, характеризующий качество регулирования	-
x_1	Температура в емкости	^{0}C
x_2	Величина, пропорциональная количеству теплоты, подаваемой на реактор (управляющее воздействие)	-
x_3	Температура входного потока T_0	^{0}C
v	Объем емкости	м^3
ρ	Плотность жидкости	кг/ м^3
c_p	Теплоемкость	кДж/кг*К

Для моделирования процесса регулирования температуры емкости будет использоваться математическая программа *Mathcad*. Зададим исходные данные (см. рис. 1.), где находится *v* – объем емкости, который мы и будем изменять:

$$r0 := 1 \qquad cp := 1 \qquad v := 100 \qquad f := 10 \qquad Tz := 80$$

$Kp := 1$ пропорциональная состовляющая регулятора

$\tau := 0.5$ интегральная составляющая

Рис. 2. Исходные данные процесса регулирования температуры

Теперь зададимся начальными условиями:

$$x := \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Начальные условия модели

Математическое описание процесса:

$$D(t,x) := \begin{bmatrix} (Tz - x_1)^2 \\ \dfrac{(x_3 - x_1)\cdot f}{v} + \dfrac{x_2}{v\cdot r0\cdot cp} \\ -Kp\cdot\left(f\cdot\dfrac{x_3 - x_1}{v} + \dfrac{x_2}{v\cdot r0\cdot cp}\right) + \dfrac{Kp}{\tau}\cdot(Tz - x_1) \\ 0.01\cdot\sin\left(\dfrac{\pi\cdot t}{3}\right) \end{bmatrix}$$

Рис. 3. Математическое описание процесса регулирования температуры в емкости

Обращение к процедуре решения систем дифференциальных уравнений:

$$Z := \mathrm{rkfixed}(x, 0, 120, 100, D) \qquad n := 0..100$$

Рис. 4. Процедура решения систем дифференциальных уравнений

Результат моделирования при исходном объеме емкости график изменения температуры в ней (рис. 5) на протяжении всего времени моделирования *t* = 120 будет выглядеть так:

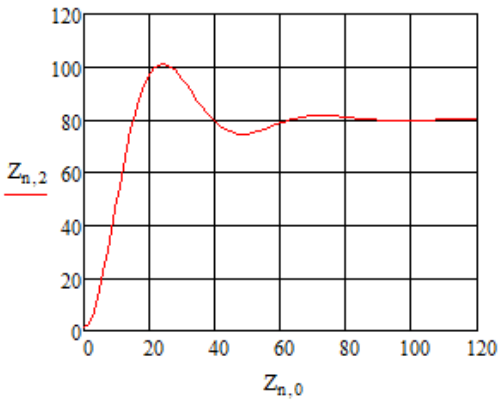


Рис. 5. График изменения температуры в емкости при начальных условиях,

где $Z_{n,2}$ – температура жидкости в емкости, $Z_{n,0}$ – время регулирования.
Теперь, чтобы понять, как объем емкости влияет на график регулирования температуры, зададимся следующими значениями *v* и покажем изменившиеся графики:

1. $V = 50$ м^3

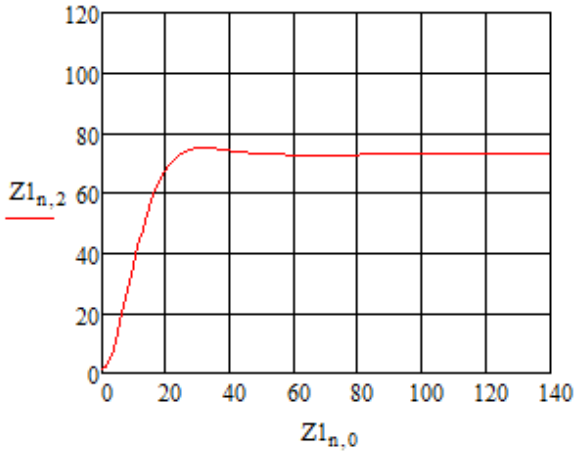


Рис. 6. График изменения температуры в емкости при V=50 м^3

2. $V = 150$ м^3

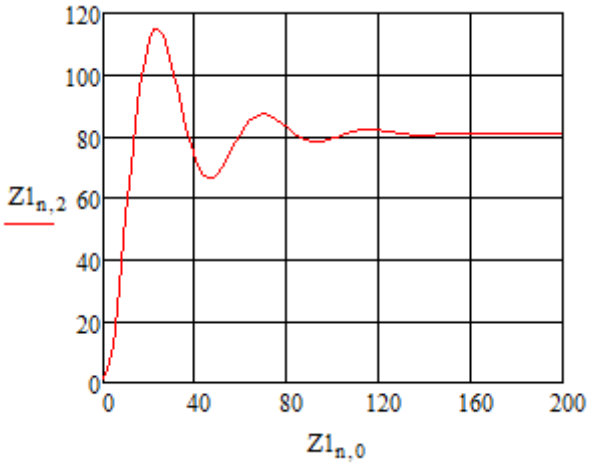


Рис. 7. График изменения температуры в емкости при V=150 м^3

3. $V = 75$ м^3

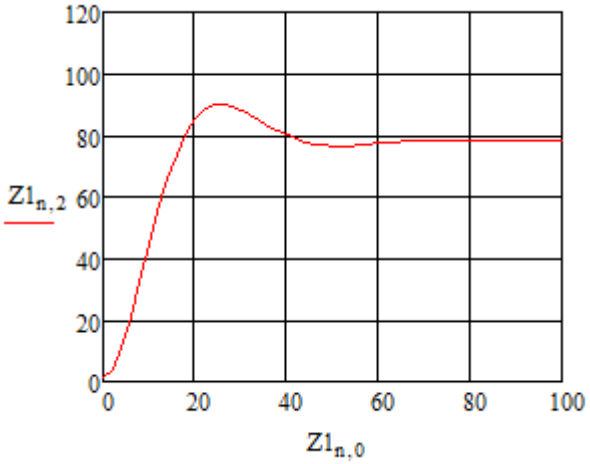


Рис. 8. График изменения температуры в емкости при V=75 м^3

4. $V = 125$ м^3

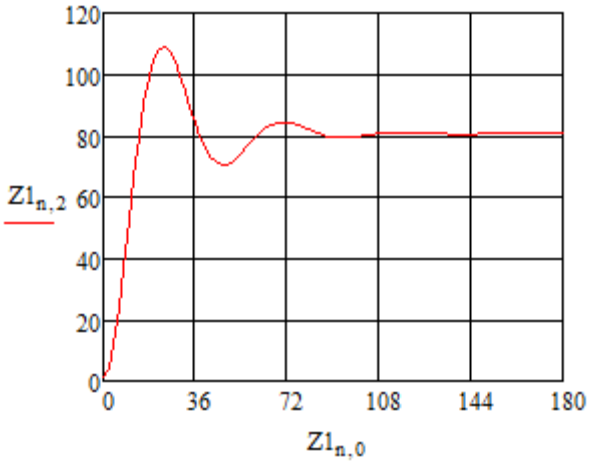


Рис. 9. График изменения температуры в емкости при V=125 м^3

Для большей наглядности разместим все графики, изображенные выше, на одной координатной плоскости:

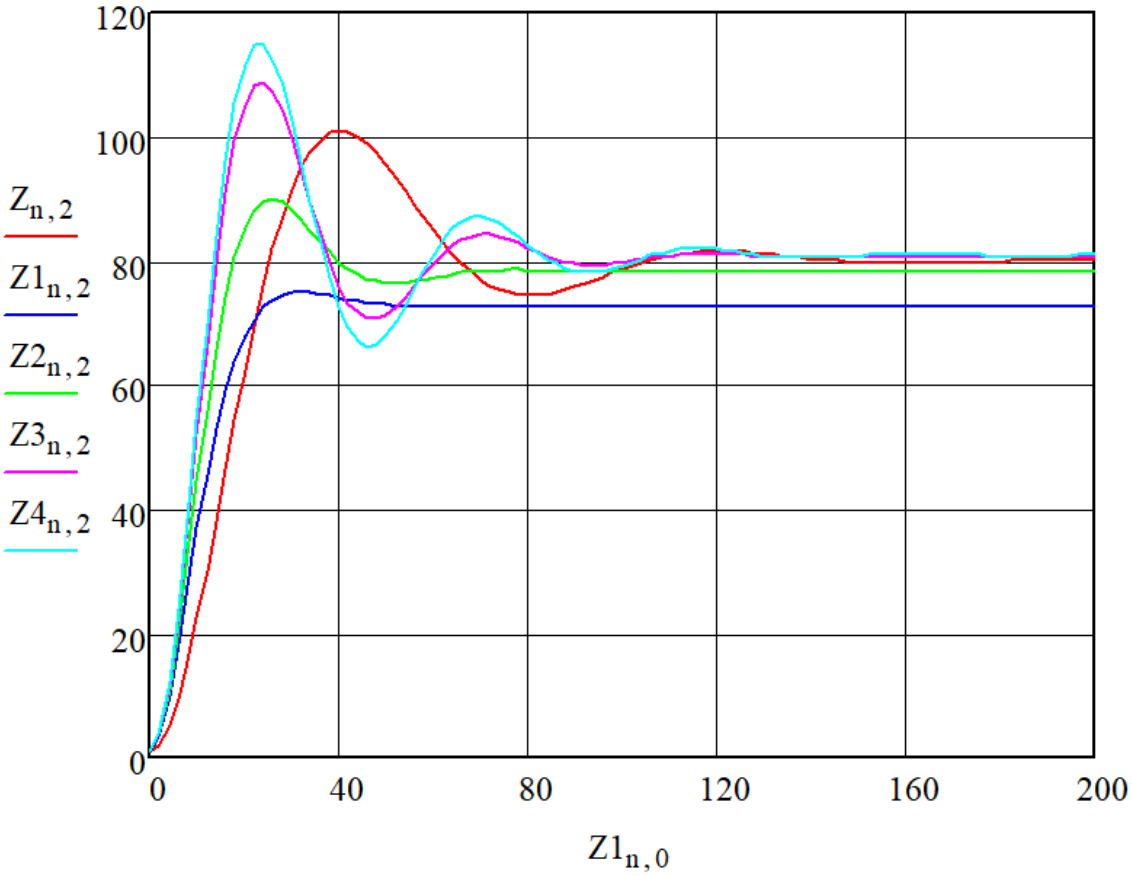


Рис. 10. Сравнение графиков изменения температуры емкости от ее объема, где $Z_{n,2}$ – при V=100 м^3 (начальные условия), $Z1_{n,2}$ – при V=50 м^3, $Z2_{n,2}$ – при V=75 м^3, $Z3_{n,2}$ – при V=125 м^3, $Z4_{n,2}$ – при V=150 м^3

В результате сравнения графиков можно выделить обратную пропорциональную зависимость температуры емкости от ее объема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *MathCAD* и *Excel*: учеб. пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

Поступила 15.03.2024

УДК: 62-1/-9

М.В. Мишуринский, В.Ф. Беккер

ДИНАМИКА УПРАВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ ХЛОРИДА КАЛИЯ

Рассматривается динамика управления процессом кристаллизации хлорида калия, который заключается в ступенчатом выпаривании и охлаждении насыщенного осветленного щелока под вакуумом на установке.

В 1984 году фирмой *Lurgi* был разработан проект производства галургического хлорида калия на фабрике БКПРУ-4, который предполагал наличие двух параллельно работающих технологических линий («А» и «Б») с мощностью по 625 тыс. тонн и 100%-ным содержанием K_2O в каждой из них. Обрабатываемой продукцией является хлорид калия, получаемый при галургической переработке сильвинитовой руды.

Также был разработан проект регулируемой вакуум-кристаллизационной установки для получения хлорида калия на БКПРУ-4.

Авторы работы [1] предложили регулировать расход воды в щелок во время процесса кристаллизации, в зависимости от температуры этого щелока. Расход воды в аппаратах для отделения щелока от кристаллизата при этом регулируется в соответствии с требуемым содержанием хлорида калия в продукте. Процесс кристаллизации основывается на ступенчатом выпаривании и охлаждении уже насыщенного и осветленного щелока в вакууме на РВКУ.

Насыщенный щелок выводится из бака при помощи насосов и направляется в первый кристаллизатор, а регулирование расхода щелока осуществляется дроссельной заслонкой.

Схема материальных потоков показана на рис. 1.

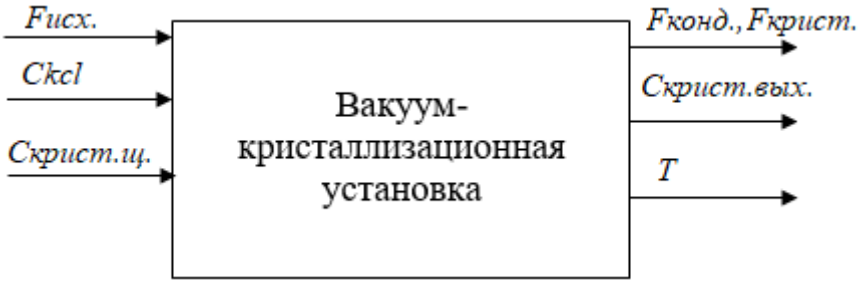


Рис. 1. Схема материальных потоков

Входные параметры: $F_{исх}$, C_{KCl}, $C_{крист}$:

$F_{исх}$– расход щелока в ВКУ, $м^3/ч$;

C_{KCl} – концентрация KCl в исходном растворе, %;

$C_{крист}$ – концентрация кристаллизата в щелоке, %.

Выходные параметры: $F_{конд}$, $F_{крист}$, $C_{крист}$, T:

T – конечная температура суспензии на выходе из аппарата, °C;

$F_{конд}$ – расход конденсата из ВКУ, $м^3/ч$;

$C_{крист}$ – концентрация кристаллизата на выходе ВКУ, %;
$F_{крист}$ – расход кристаллизата из ВКУ, $м^3/ч$.

В первом кристаллизаторе раствор испаряется под пониженным давлением, чтобы снизить температуру на 4–5°С и способствовать образованию кристаллов определенного размера. Цель – создать осадок с определенным количеством зародышей кристаллов хлорида калия и обеспечить лучшие условия для их роста. Для этого в каждом кристаллизаторе создается внутренний циркуляционный поток.

Суспензия из нижней части кристаллизатора перекачивается на следующий с помощью пропеллерного насоса. Чтобы предотвратить выпадение и растворение кристаллов хлорида калия меньшего размера, конденсат сокового пара поверхностных конденсаторов подается в верхнюю часть отстойной камеры испарителя. Средний размер необходимых кристаллов находится в диапазоне от 0,11 до 0,16 мм. Для создания вакуума в аппарате в нижнюю часть конденсатора подаются пары воды и нефтепродуктов, смешанные с парами разложения, а сверху охлаждающая вода подается на полки и встречается с парами. В результате быстрой конденсации паров в замкнутом пространстве в аппарате образуется вакуум. В барометрических конденсаторах конденсат выпускается постоянно без нарушения вакуума

Информационная схема объекта управления изображена на рис. 2.

Математическое описание модели изображено на рис. 3

На основании общего материального баланса запишем дифференциальное уравнение изменения уровня в кристаллизаторе

$$\frac{d}{dt}h = \frac{\left(F_{пр} - F_{вых}\right) - F_{п} - F_{т}}{S}$$

где h – уровень суспензии в вакуум-кристаллизаторе, м;
S – площадь сечения вакуум-кристаллизатора, $м^2$;
$F_{пр}$ – расход исходного раствора в вакуум-кристаллизатор, $м^3/с$;
$F_{вых}$ – расход жидкой фазы (маточного раствора) из вакуум-кристаллизатора, $м^3/с$;
$F_{п}$ – расход пара из вакуум-кристаллизатора, $м^3/с$;
$F_{т}$ – расход твердой фазы (суспензии) из вакуум-кристаллизатора, $м^3/с$;

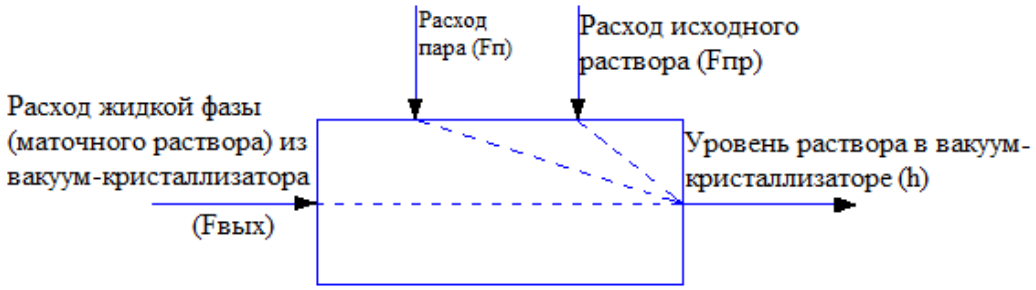


Рис. 2. Информационная схема объекта управления

Математическое моделирование системы автоматического регулирования уровня в вакуум-кристаллизаторе выполнено с помощью MathCAD-программы, представленной на рис. 3.

ORIGIN = 0

Given

$Fп := 0.02$ $Fт := 0.083$ $Fвых := 0.305$ $Fир := 0.42$ $h2 := 0$

$Hzad := 3.5$ $h1 := 0$ $Sl := 50$ $Kp := 15$ $Ti := 2$

$$x := \begin{pmatrix} h1 \\ h2 \end{pmatrix}$$

$$D(t,x) := \begin{bmatrix} \dfrac{\left[\left[(Fир) - Fвых - Kp\cdot\left(x_0 - Hzad\right) - x_1\right]\right] - Fп - Fт}{Sl} \\ \dfrac{Kp}{Ti}\cdot\left(x_0 - Hzad\right) \end{bmatrix}$$

$Z := Rkadapt(x, 0, 1500, 1500, D)$ $n := 0..1500$

$t := Z^{\langle 0 \rangle}$ $h := Z^{\langle 1 \rangle}$

Рис. 3. Математическое описание модели

График изменения уровня от времени при текущих значениях представлен на рис. 4

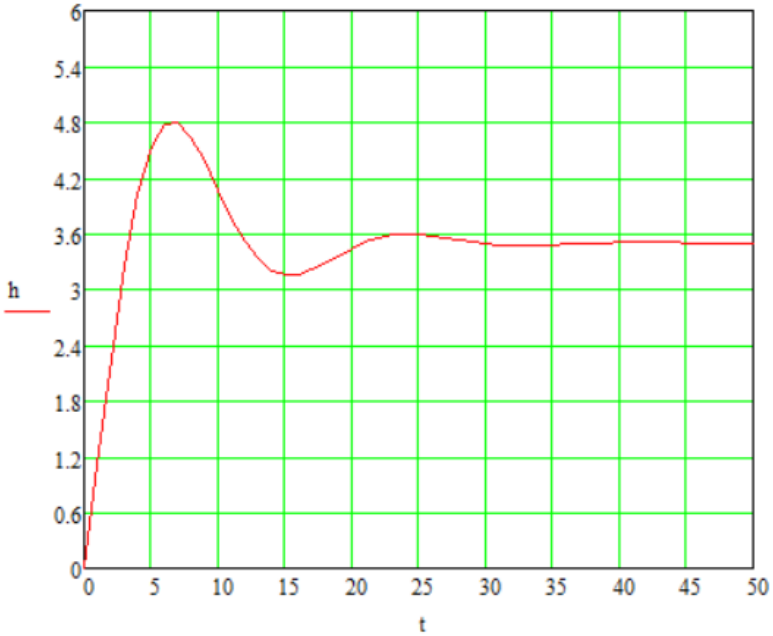


Рис. 4. Изменение уровня в ВКУ

Необходимо изучить влияние возмущающих воздействий на динамику процесса, это можно сделать по графикам переходного процесса. Имеют место два воздействия, нужно провести анализ каждого из них и сделать заключение, какое из них окажет более сильное влияние на динамику процесса.

Первое возмущающее воздействие – расход исходного раствора ($F_{и.р}$), увеличим его на 4% и проследим отклик уровня:

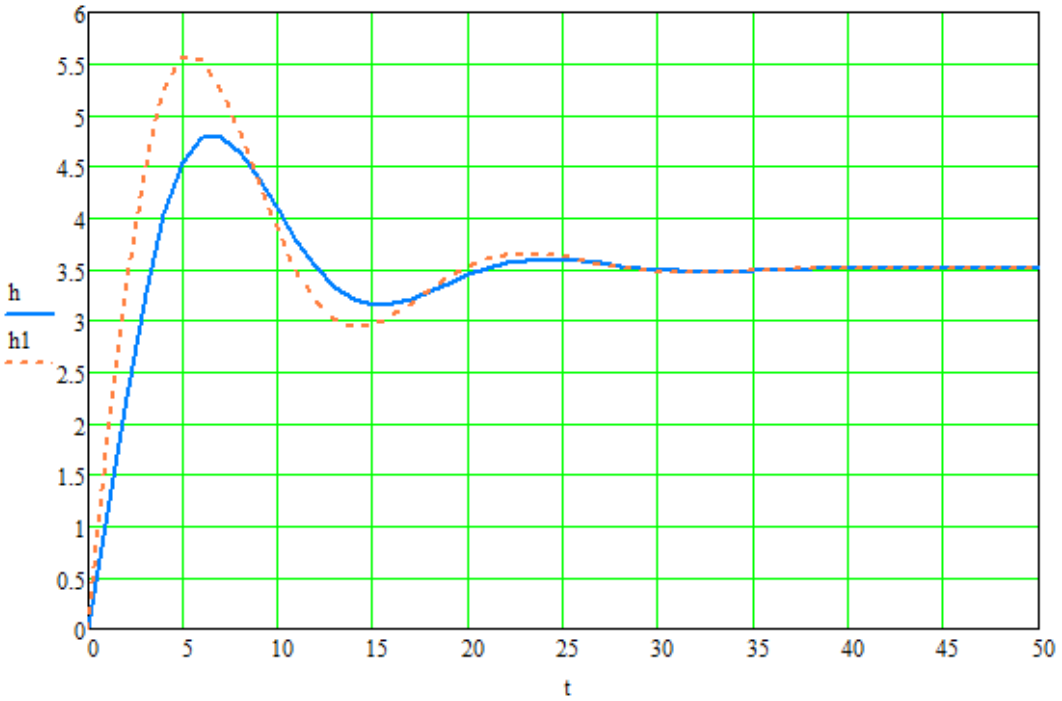


Рис. 5. Изменения уровня в ВКУ:
h_1 – переходный процесс при $F_{и.р} = 0,39\ м^3/ч$,
h – переходный процесс при $F_{и.р} = 0,42\ м^3/ч$

На графике переходного процесса с увеличенным расходом исходного раствора можно увидеть, что увеличилась амплитуда уровня и стала достигать отметки в 5,5 м., в то время, как без этого возмущения самое высокое значение уровня находилось на отметке около 4,8 м. Следовательно, при увеличенном расходе исходного раствора как возмущающего воздействия на 40 $м^3/ч$, увеличилось колебание объекта, а амплитуда уровня увеличилась более чем на 10%. Исследуем отклик системы на уменьшение этого возмущения:

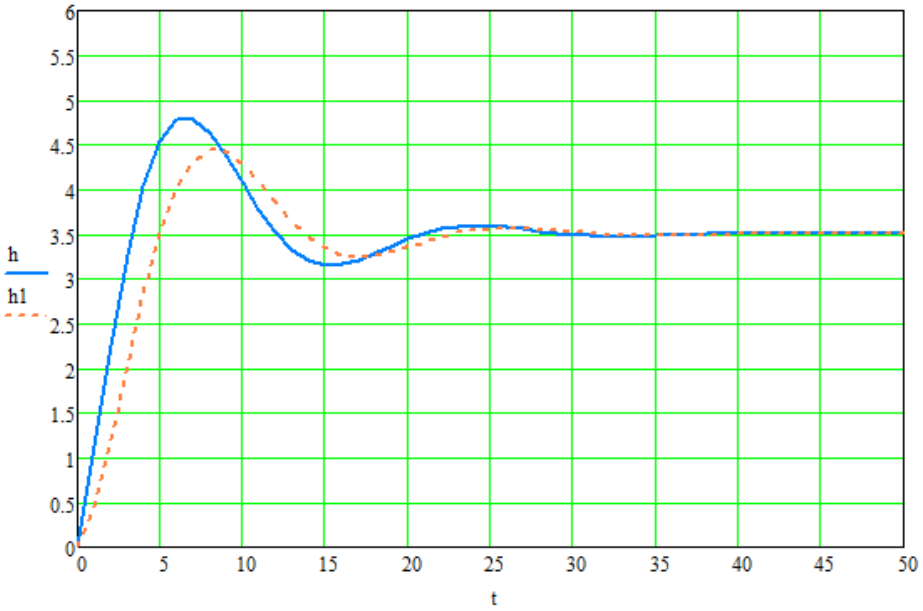


Рис. 6. Изменения уровня в ВКУ:
h_1 – переходный процесс при $F_{и.р} = 0,46\ м^3/ч$,
h – переходный процесс при $F_{и.р} = 0,42\ м^3/ч$

С уменьшенным расходом исходного раствора на 5%, амплитуда уровня уменьшилась примерно на 9%, а график стал более пологим. Исследуем второе возмущающее воздействие – расход пара $F_п$. Увеличим расход на 20%, до 120 м^3/ч, и проследим реакцию системы

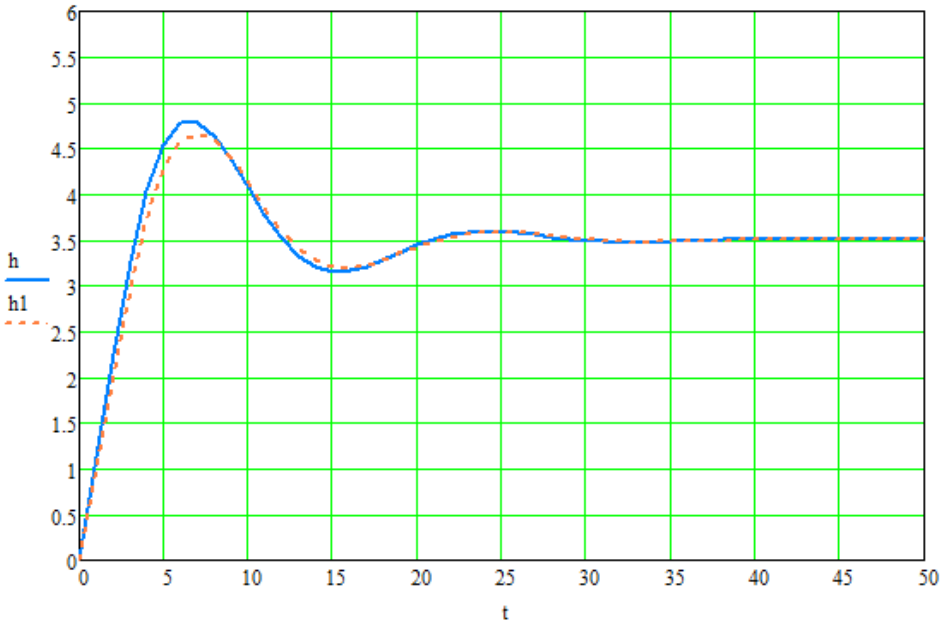


Рис. 7. Изменения уровня в ВКУ:
h_1 – переходный процесс при $F_п = 0,024\ м^3/ч$,
h – переходный процесс при $F_п = 0,02\ м^3/ч$

На рис. 7 видно, что перерегулирование уменьшилось незначительно, в пределах 4%. Графики также не сильно отличаются.

Рассмотрим реакцию системы на уменьшение расхода пара на 20%

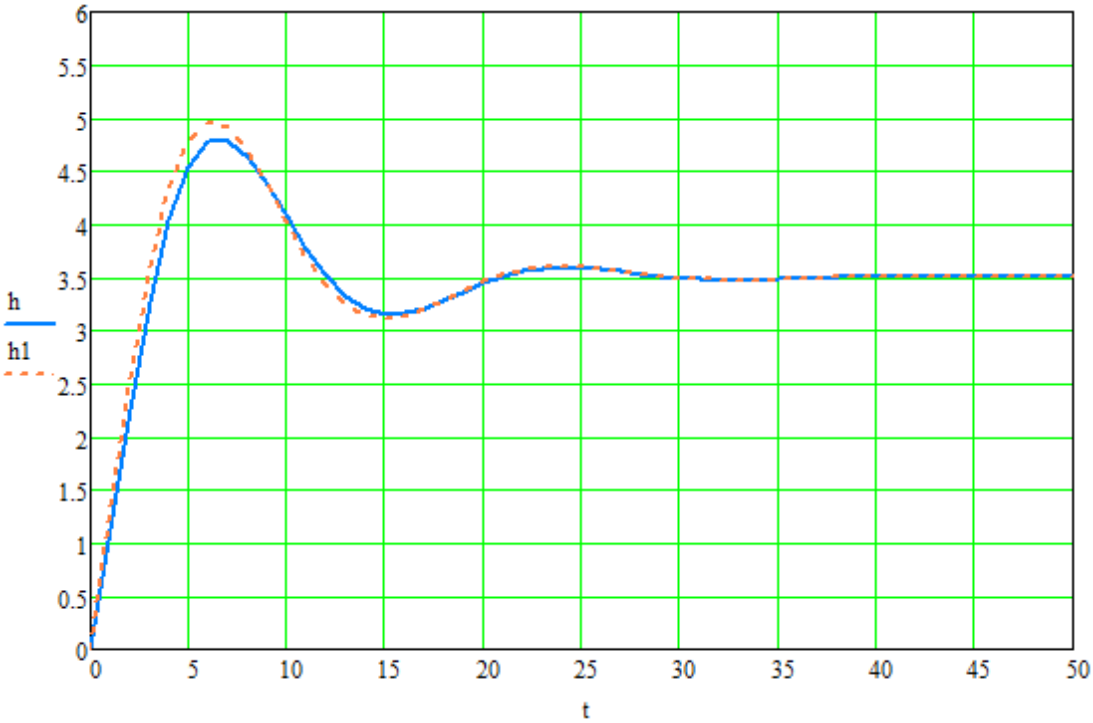


Рис. 8. Изменения уровня в ВКУ:
h_1 – переходный процесс при $F_п = 0,016\ м^3/ч$,
h – переходный процесс при $F_п = 0,02\ м^3/ч$

По графику можно отметить, что амплитуда уровня увеличилась, но на малое значение 3 … 4%, что практически не оказывает серьезного влияния на переходный процесс.

В результате исследований динамики можно сделать вывод, что расход исходного раствора оказывает наибольшее воздействие на процесс, чем изменение расхода пара. Это подтверждается анализом графиков отклика системы на изменения этих параметров. Расход пара из-за незначительного влияния на процесс можно не учитывать как основное возмущающее воздействие. Для улучшения существующего метода управления рекомендуется установить дополнительные датчики для более точного измерения потоков на кристаллизацию, из-за чего регулирование будет более точным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ управления процессом получения хлористого калия: Пат. 948884 Рос. Федерация. *C*01*D* 3/04, *G*05*D* 27/00 / Ю.С. Сафрыгин, Ю.В. Букша, В.И. Тимофеев, А.В. Паскина, К.С. Кириш, Т.И. Рутковская; №2013151045/05; заявл. 15.11.2013; опубл. 20.04.2015, Бюл. № 20.
2. Мишуринский М.В. Управление процессом кристаллизации хлорида калия // Молодежная наука в развитии регионов: материалы всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых 2023 (Березники, 26 апреля 2023 г.). Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 194-198.
3. Постоянный технический регламент БКПРУ-4.

Поступила 16.03.2024

УДК 62-503.51

Д.К. Калачев

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХЕМКОСТНОГО ОБЪЕКТА В *MATHCAD*

В статье рассматривается математическая модель двухемкостного объекта. Исследование включает в себя формализацию структуры объекта, разработку математических уравнений и применение методов моделирования для анализа динамики системы.

На рис. 1 изображена принципиальная схема, которая служит основой исследования по регулированию уровня жидкости в емкости [1]:

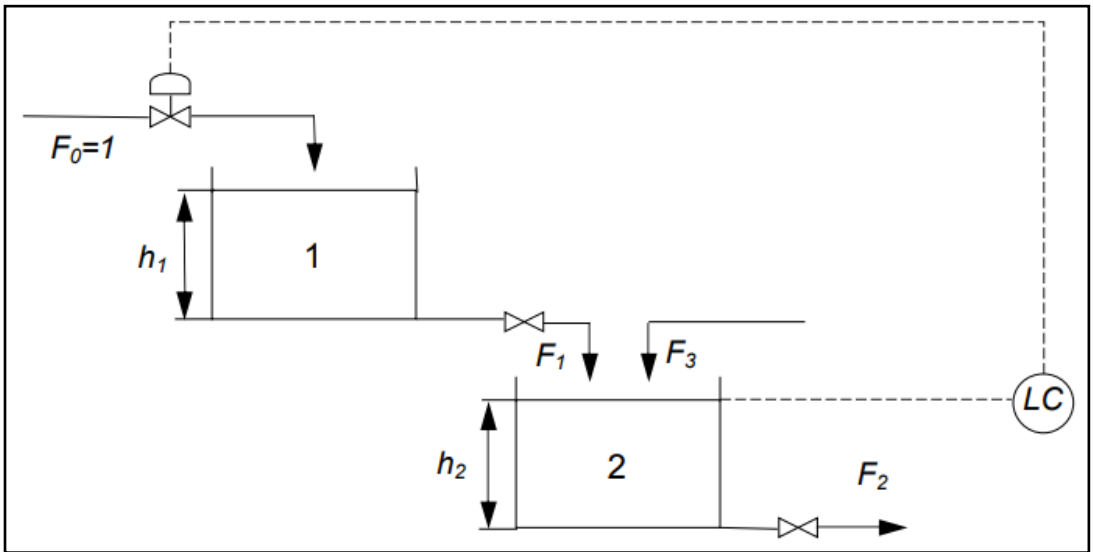


Рис. 1. Принципиальная схема регулирования уровня жидкости в емкости

Регулирование уровня жидкости в емкости 2 опирается на регулирование входного потока в емкость 1. Последняя играет роль запаздывания в системе. Основной задачей регулятора является поддержание постоянного уровня в емкости 2, в независимости от возмущений, возникающих в потоке F_3.

При неменяющейся плотности уравнения математического описания можно задать следующим образом:

Для емкости 1:

$$A_1 * \frac{dh_1}{dt} = F_0 - F_1.$$

Для емкости 2:

$$A_2 * \frac{dh_2}{dt} = F_1 + F_3 - F_2.$$

Уравнения расходов:

$$F_2 = K_1 * \sqrt{h_1};\ F_2 = K_2 * \sqrt{h_2}.$$

Возмущения, возникающие в потоке F_3:

$$F_3 = F_{30} + F_3 * AMP \sin\frac{t}{3}.$$

Уравнение пропорционально-интегрального регулирования (ПИ-регулятора):

$$F_0 = F_0 + K_p(h_2 - H) + \frac{K_p}{\tau} * \int_0^t (h_2 - H) * dt.$$

Критерий качества регулирования:

$$I = \int_0^t (h_2 - H)^2 * dt$$

На рис. 2 представлен перечень обозначений и их размерность:

Обозначения	Наименование	Размерность
a_1, a_2	Площади поперечного сечения емкостей	$м^2$
F_i	Расход соответствующего потока	$\frac{м^3}{ч}$
h	Уровень жидкости в соответствующей емкости	$м$
k_1, k_2	Коэффициенты, характеризующие пропускную способность вентилей емкостей	$\frac{м^3}{ч \cdot м}$
K_p	Пропорциональная составляющая регулятора	-
τ	Время изодрома	$ч$
AMP	Амплитуда	-
H	Заданное значение уровня h_2, который нужно поддерживать постоянным во втором баке	$м$

Рис. 2. Спецификация обозначений и их размерность

Чтобы смоделировать процесс регулирования уровня жидкости прибегнем к использованию программы *Mathcad*, предназначенной для математических и инженерных

вычислений. Задаем исходные данные (рис. 3), где *Kp* – пропорциональная составляющая, а τ – интегральная составляющая:

$$k1 := 0.4931 \quad k2 := 1.2 \quad Hzad := 2$$
$$a1 := 4 \quad a2 := 3 \quad Kp := 1 \quad \tau := 7$$
$$ORIGIN := 1$$

Рис. 3. Задание исходных данных

Создаем начальные условия (рис. 4), где $h_1 = 0$ (уровень емкости 1), $h_2 = 1$ (уровень емкости 2), $h_3 = 1$ (управляющее воздействие), $h_4 = 0$ (качество регулирования):

$$h := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 4. Создание начальных условий

Математически описываем возмущение (рис. 5):

$$f3(t) := 1 + 1 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t \cdot 240}{24}\right)$$

Рис. 5. Математическое описание возмущения

Математически описываем процесс (рис. 6):

$$D(t,h) := \begin{bmatrix} \dfrac{h_3 - k1 \cdot \sqrt{h_1}}{a1} \\ \dfrac{k1 \cdot \sqrt{h_1} + f3(t) - k2 \cdot \sqrt{h_2}}{a2} \\ -Kp \cdot \dfrac{k1 \cdot \sqrt{h_1} + f3(t) - k2 \cdot \sqrt{h_2}}{a2} + Kp \cdot \dfrac{Hzad - h_2}{\tau} \\ \left(Hzad - h_2\right)^2 \end{bmatrix}$$

Рис. 6. Математическое описание процесса

Используем функцию, которая решает системы дифференциальных уравнений (рис. 7):

$$Z := rkfixed(h, 0, 400, 500, D)$$
$$t := Z^{\langle 1 \rangle} \quad h1 := Z^{\langle 2 \rangle} \quad h2 := Z^{\langle 2 \rangle} \quad upr := Z^{\langle 3 \rangle} \quad kach := Z^{\langle 4 \rangle}$$

Рис. 7. Функция решения систем дифференциальных уравнений

График изменения уровня во второй емкости $h_2(t)$ при исходных настроечных параметрах, в частности при значении k_2 = 1,2 – коэффициента, который описывает пропускную способность вентиля на потоке F_2, представлен на рис. 8:

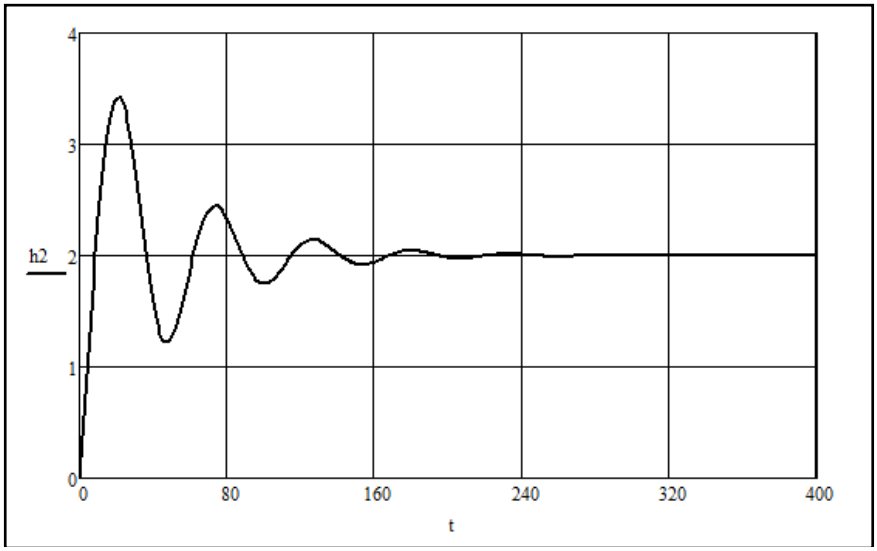


Рис. 8. Изменения уровня во второй емкости $h_2(t)$ при исходных настроечных параметрах

График изменения уровня во второй емкости $h_{22}(t)$ при новом значении k_2 = 1, который описывает пропускную способность вентиля на потоке F_2, изображен на рис. 9:

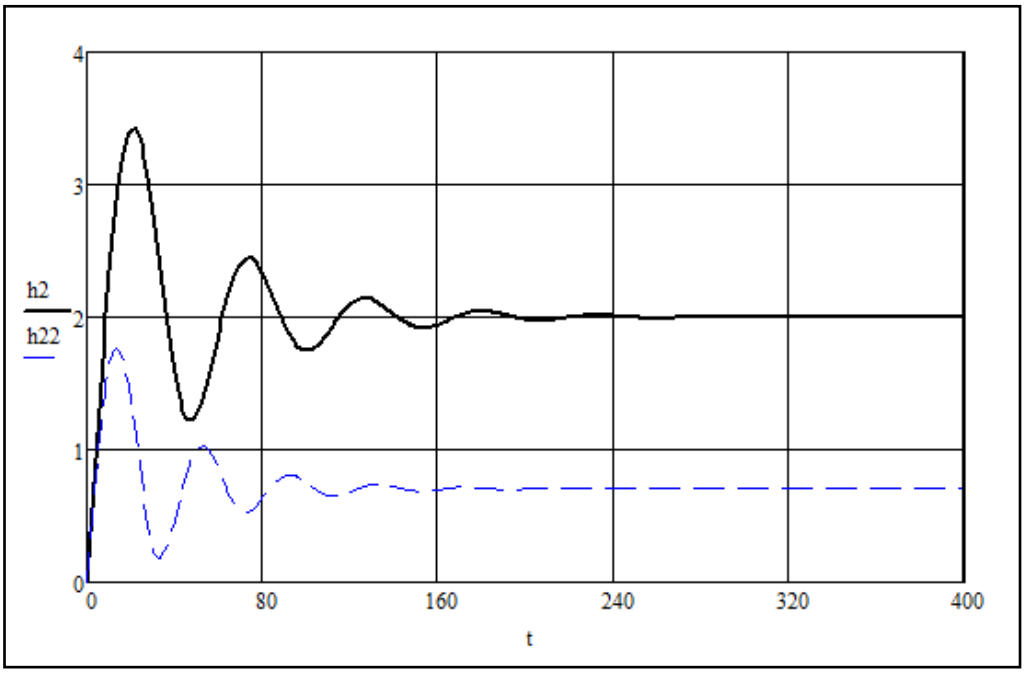


Рис. 9. Изменения уровня во второй емкости $h_{22}(t)$ при новом значении k_2

При изменении величины k_2 время регулирования уменьшилось с 280 до 200 секунд, а установившееся значение уровня изменилось с 2 до 0,8 м.

График изменения уровня во второй емкости $h_{22}(t)$ при новом значении k_1 = 0,6, который описывает пропускную способность вентиля на потоке F_1 через первую емкость, изображен на рис. 10:

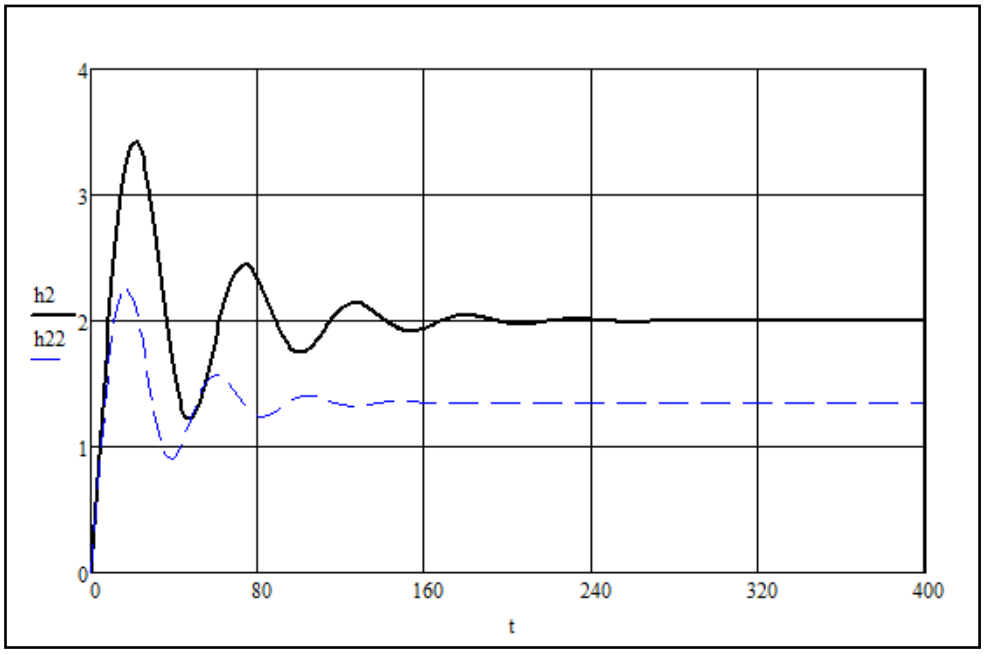


Рис. 10. Изменения уровня во второй емкости $h_{22}(t)$ при новом значении k_1

При изменении величины $k1$ время регулирования уменьшилось с 280 до 190 секунд, а установившееся значение уровня изменилось с 2 до 1,4 м.

Полученные результаты исследования влияния величины потоков, проходящих через первую и вторую емкости, на динамические свойства системы регулирования уровня показывают широкие возможности рассмотренной модели для изучения влияния положения клапанов на потоках на динамические свойства системы регулирования уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Холоднов В.А. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в *Mathcad* и *Excel*.: учеб. пособие / В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.

Поступила 16.03.2024

УДК 543.421

В.Л. Коваленко

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПАРА В КОТЛЕ ДКВР 20-13

В статье рассматриваются результаты исследования процесса получения пара в котле ДКВр 20-13 в ПАО «Уралкалий».

Котел ДКВр-20-13ГМ имеет эффективную систему регулирования и автоматизации работы, что обеспечивает стабильную работу и высокую производительность. Он способен работать как на природном газе, так и на мазуте, что делает его универсальным и удобным в использовании.

Важными преимуществами данного котла являются высокая эффективность и надежность, а также компактные размеры и простая конструкция, что облегчает его

установку и обслуживание. Кроме того, он отличается экологической безопасностью и экономичностью, что делает его привлекательным выбором для различных отраслей промышленности.

В целом, котел ДКВр-20-13ГМ представляет собой надежное и эффективное оборудование для производства пара и обеспечения теплоснабжения различных объектов.

Для облегчения доступа к узлам и деталям котла предусмотрены люки и дверцы, закрепленные на замках или шарнирах.

На переднем фронте котла располагаются приборы контроля и управления, такие как датчики температуры, давления, автоматика регулирования, пульт управления и т.д.

Таким образом, котел имеет сложную конструкцию с множеством узлов и элементов, обеспечивающих его надежную и эффективную работу. Все эти элементы и узлы взаимодействуют друг с другом для обеспечения стабильного процесса генерации пара.

Котел ДКВр-20-13ГМ обладает высокой эффективностью и надежностью благодаря своей конструкции и удобству обслуживания. Все необходимые площадки, лестницы и трапы обеспечивают легкий доступ к различным узлам и деталям котла для обслуживания и ремонта.

Для контроля температуры перегретого пара необходимо обратить внимание на работу регулятора, возможно, он требует настройки или замены. Дренажный вентиль на паропроводах пароохладителя также важен для поддержания оптимального уровня пара в системе.

Важно также следить за состоянием шуровочных лючков и очисткой конвективных труб для эффективной работы котла. Регулярное техническое обслуживание и проверка оборудования помогут предотвратить возможные проблемы и обеспечить надежную работу котла.

Данная информация описывает устройство и принцип работы парового котла ДКВр-20-13ГМ, а также указывает на возможность перевода этого котла в водогрейный режим для улучшения эффективности работы котельных установок и снижения расхода топлива.

Установка лючков для контроля за состоянием изоляции верхнего барабана и удаления золы, осмотра пучка и эжекторов возврата уноса позволяет обеспечить надлежащий уход за котельным оборудованием. Также упоминается использование вентиляторов, дымососов, водоподготовительных установок, фильтров, деаэраторов, теплообменных устройств, насосов и комплектов автоматики для работы с котлами данного типа.

Внедрение водогрейного режима может привести к увеличению среднеэксплуатационного коэффициента полезного действия (КПД) котлов в среднем на 2,0-2,5%, что в свою очередь позволит снизить расход топлива и сократить затраты на эксплуатацию оборудования.

Акцент делается на важности контроля за оборудованием, его обслуживании и применении современной технологии для повышения эффективности работы котельных установок.

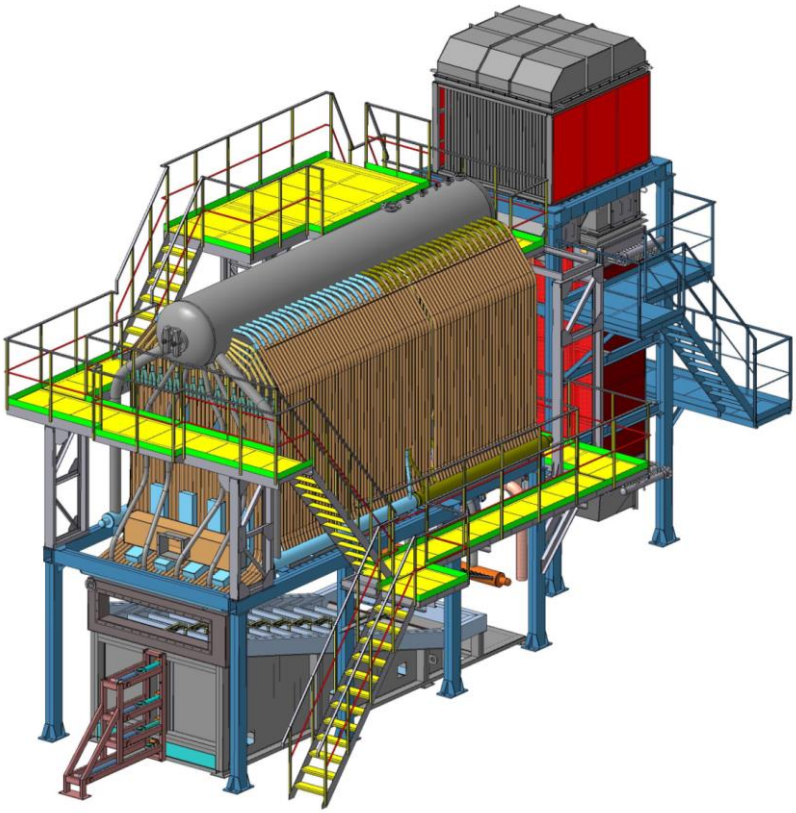


Рис. Внешний вид котла ДКВр 20-13 без обмуровки

Понимание технологического процесса в котле с помощью упрощенной модели (рисунок) позволяет более наглядно отслеживать характеристики и параметры процесса. Количественные параметры, такие как нагрузка котла, играют ключевую роль в управлении процессом и могут изменяться в зависимости от изменений в графике нагрузок потребителей.

Качественные параметры, такие как уровень жидкости в барабане L, давление пара P и температура перегретого пара T, являются важными для контроля процесса нагрева жидкости в котле. Предварительный нагрев жидкости до определенной температуры T_2 происходит тепловым потоком $Ф_1$ в барабане котла. Коллекторы экранов котла играют роль вторичной емкости нагрева, где тепловой поток $Ф2$ приводит к кипению жидкости при определенной температуре $T3$ и давлении пара P.

К известным граничным условиям, таким как объем в барабане V_1, объем экранных труб V_2 и температура входящих потоков $T_{вх}$, можно добавить дополнительные параметры для более детального моделирования процесса и повышения точности прогнозирования его характеристик. Отслеживание всех этих параметров поможет эффективно контролировать работу котла и обеспечивать оптимальные условия для процесса нагрева.

В условной первой емкости уровень воды в барабане – постоянный, а значит V_1=const. Упрощенный материальный баланс первой емкости можно представить в виде:

$$\frac{dV_1}{dt} = F_B - F_2 \quad ,$$

где $F_В$ – расход воды,

F_2 – расход пара из котла.

Уравнение теплового баланса имеет следующий вид:
[скорость накопления тепла в емкости]=[приход тепла]+[приход тепла с тепловым потоком]–[отвод тепла].

$$\frac{d}{dt}(V_1 \cdot c \cdot \rho \cdot T_2) = F_B \cdot T_1 \cdot c \cdot \rho + \Phi_1 - F_2 \cdot T_2 \cdot c \cdot \rho,$$

где с – теплоемкость жидкости,

ρ – плотность жидкости.

Упростим уравнение

$$V_1 \cdot c \cdot \rho \cdot \frac{d}{dt}(T_2) + F_2 \cdot T_2 \cdot c \cdot \rho = F_B \cdot T_1 \cdot c \cdot \rho + \Phi_1.$$

Разделим обе части на $F_2 \cdot c \cdot p$

$$\frac{V_1 \cdot c \cdot \rho \cdot \frac{d}{dt}(T_2)}{F_2 \cdot c \cdot \rho} + \frac{F_2 \cdot T_2 \cdot c \cdot \rho}{F_2 \cdot c \cdot \rho} = \frac{F_B \cdot T_1 \cdot c \cdot \rho}{F_2 \cdot c \cdot \rho} + \frac{\Phi_1}{F_2 \cdot c \cdot \rho},$$

$$\frac{V_1 \cdot \frac{d}{dt}(T_2)}{F_2} + T_2 = \frac{F_B}{F_2} \cdot T_1 + \frac{1}{F_2 \cdot c \cdot \rho} \cdot \Phi_1,$$

$$\frac{V_1}{F_2} \cdot \frac{dT_2}{dt} + T_2 = \frac{F_B}{F_2} \cdot T_1 + \frac{1}{F_2 \cdot c \cdot \rho} \cdot \Phi_1,$$

$$\frac{V_1}{F_2} \cdot \frac{dT_2}{dt} + T_2 = \frac{F_B}{F_2} \cdot T_1 + \frac{1}{F_2 \cdot 4200 \cdot 1000} \cdot \Phi_1,$$

$$\frac{V_1}{F_2} = T,$$

$$T \cdot \frac{dT_2}{dt} + T_2 = \frac{F_B}{F_2} \cdot T_1 + \frac{1}{F_2 \cdot 4200 \cdot 1000} \cdot \Phi_1.$$

Из уравнения теплового баланса можно определить температуру T_2.

Уравнение материального баланса жидкой фазы для условной второй емкости: $\frac{dV_2}{dt} = F_2 - \frac{m_П}{\rho}$, где $m_п$ – поток пара. Из этого уравнения можно определить V_2.

Материальный баланс паровой фазы : $\frac{dM}{dt} = m_П - m_1$, где m_1 – поток пара, проходящий через выходной вентиль. Из уравнения материального баланса паровой фазы определим массу *M*. Это предположение основано на том, что при равновесии пар и жидкость имеют одинаковую температуру. Если бы температура пара и жидкости в барабане отличалась, то это указывало бы на наличие теплового неравновесия, что противоречило бы нашей модели. Поэтому, для построения модели можно пренебречь уравнением теплового баланса пара и принять температуру пара равной температуре жидкости. Тепловой баланс жидкой фазы:

[изменение теплосодержания]=[входящее тепло]+[поток тепла]–[теплосодержание паровой фазы]

$$\frac{dV_2}{dt} \cdot T_3 \cdot c \cdot \rho = F_2 \cdot c \cdot \rho + \Phi_2 - (c \cdot T_3 + \lambda) \cdot m_П,$$

где коэффициент трения – λ – трение пара о стенки трубопровода на выходе из барабана

Из данного уравнения можно определить поток пара $m_П$.

Давление в паровом пространстве можно найти из закона газового состояния: $P \cdot V_Г = M \cdot R \cdot T_3$.

Объем, занимаемый паром, $V_Г$ находим $V_Г = V_0 - V$, где V_0 – полный объем емкости.

Температуру кипящей жидкости найдем из соотношения, выражающего связь между давлением и температурой кипения:

$$T_3 = f(P).$$

Поток пара, проходящий через вентиль, определяется из выражения:

$$G = Q * K_v * \sqrt{(P_1 - P_2)}.$$

Тепловые потоки Φ_1 и Φ_2 определяются:

$$\Phi_1 = k \cdot S_1 \cdot (T_{BX} - T_2)$$

$$\Phi_2 = k \cdot S_2 \cdot (T_{BX} - T_3)$$

где k – коэффициент теплоотдачи через стенку, S – площадь нагрева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко В.Л. Конспект по ТАУ. Тетрадь по ТАУ 2023. С. 1-38.
2. Иванов К.Д., В.Л. Коваленко, М.Н. Семенова Проявление групповой динамики через стадии развития коллектива // Молодежная наука в развитии регионов. 2022. С. 250-252.
3. Коваленко В.Л. Управление выходом аммиака в процессе синтеза изменением подачи холодного синтез-газа. Решение. 2021. С. 167.

Поступила 20.03.2024

РАЗДЕЛ III.
АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 616-7

И.Н. Федорчук, А.А. Волков, А.О. Назарова

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Представлена структурная модель системы реабилитации с биологической обратной связью для восстановления опорно-двигательной функции у пациентов с различными заболеваниями и травмами через модель реабилитации. Структура системы включает в себя современные устройства для опорно-двигательной реабилитации и функционального состояния, помогающие пациентам получать информацию о восстановлении. Эти системы применяются для формирования правильных двигательных навыков, что достигается благодаря адаптации системы к уровню физического состояния пользователя. В целом, статья предлагает подробное описание методики выбора компонентов для оптимального построения структуры аппаратной части тренажеров для опорно-двигательной реабилитации.

Структурная модель системы опорно-двигательной реабилитации (ОДР) с биологической обратной связью (БОС) представляет собой комплексный подход к восстановлению опорно-двигательной функции у пациентов с различными заболеваниями и травмами. Эта модель основана на использовании современных методов физической терапии, а также на принципах БОС, которая позволяет пациенту получать информацию о процессе своего восстановления.

Системы ОДР на основе БОС успешно применяются в реабилитации после травм и операций, а также в восстановлении двигательной активности пациентов при артрите, болевых синдромах, инсульте, болезни Паркинсона и др. [1, 2]. Процесс реабилитации обеспечивается формированием правильных двигательных навыков и привычек при сохранении вовлеченности в реабилитационный процесс, что способствует долгосрочному сохранению здоровья и предотвращению возможных рецидивов заболеваний [3, 4].

Основной методикой, применяемой в рамках данной модели, является использование специальных устройств и оборудования для тренировки опорно-двигательной системы. Данные устройства являются необходимой частью систем БОС, поскольку выполняют роль интерфейса взаимодействия пользователя с системой. Устройства измеряют движение, постуральный контроль, силу, уровень стресса, позволяют контролировать движения пациента и корректировать их при необходимости [5].

После измерения целевой биомедицинской переменной и ее обработки в программном обеспечении для управления тренажером пользуются средствами обратной связи. Биологическая обратная связь предоставляется пациенту и клиницисту с помощью визуальных дисплеев, акустической или тактильной обратной связи. Обеспечивают и выполняют обратную связь устройства: активные беговые дорожки [6]; манипуляторы [7]; устройства виртуальной реальности [8].

Архитектуру системы ОДР можно разделить на три основные составляющие: программное обеспечение, отвечающее за управление системой ОДР; центральный контроллер ОДР и аппаратное обеспечение, отвечающее за организацию и исполнение процесса реабилитации (манипуляторы для конечностей, беговая платформа и датчики).

Программное обеспечение интерфейса реализует функции калибровки, настройки,

обработки ошибок, ручного или автоматического управления манипуляторами и подъемником системы ОДР. Важной составляющей системы управления является модуль реконструкции траектории движения конечностей, записанный в файлы с использованием различных систем захвата движений, которые осуществляют преобразование исходных данных в команды для манипуляторов для полного соответствия траекторий их перемещения исходным движениям человека. В состав интерфейса также входит модуль обмена данными с контроллером системы ОДР по заданному протоколу передачи информации.

Далее рассмотрим контроллер системы ОДР, являющийся центральным и связующим звеном между интерфейсом и аппаратным обеспечением. Его построение возможно как на базе существующих систем на чипе (например, *ESP*), так и на основе собственных разработок с интеграцией микроконтроллера *STM*32. Необходимость в разработке собственного решения для контроллера системы ОДР обусловлена следующими недостатками *ESP*32: недостаточное количество портов для подключения датчиков, низкая отказоустойчивость, стабильность и производительность.

Структурная схема контроллера системы ОДР представлена на рис. 1. Схема включает взаимодействие с программным обеспечением клиентского приложения на персональном компьютере, с которого поступают управляющие команды, и на который отправляются сообщения об ошибках, а также все необходимое для взаимодействия с аппаратным обеспечением:

– управление манипуляторами для левой и правой нижних конечностей, включая отдельное управление бедренным и коленным суставами через соответствующие драйверы и отслеживание положения каждого звена манипулятора через магнитные энкодеры;

– управление подъемным механизмом системы ОДР для регулирования высоты манипуляторов под рост человека;

– управление драйвером беговой платформы, регулирующей скорость перемещения полотна в соответствие с заданной скоростью перемещения манипуляторов;

– мониторинг оптических датчиков лазерной сетки для отслеживания положения стопы на дорожке и фиксации неправильного момента касания, что потребует остановки системы;

– мониторинг тензодатчиков для отслеживания усилия пользователя системы ОДР при движении по беговой дорожке, что может использоваться лечащим врачом для отслеживания динамики реабилитации.

Контроллер также управляет подачей питания на все компоненты системы ОДР, что в случае возникновения экстренной или нештатной ситуации, а также допущенной пользователем ошибки приводит к остановке всей системы.

Для реализации данной структурной схемы разработана принципиальная схема контроллера системы ОДР на базе *STM*32, а также дополнительного оборудования.

Аппаратное обеспечение манипуляторов включает набор из двух манипуляторов, осуществляющих перемещение нижних конечностей, а также подъемный механизм, осуществляющий регулировку под рост человека и подвес человека в страховочном механизме. Это нужно для облегчения нагрузки от веса человека на ноги. Подъем осуществляется ходовыми винтами по направляющим валам в корпусе механизма подъема.

Все приводы в системе ОДР реализованы на основе ременных передач. В приводах манипуляторов системы ОДР используются шаговые серводвигатели, так как они обладают следующими преимуществами: большой крутящий момент, точность позиционирования, наличие режима удержания. Привод беговой платформы реализован на основе синхронного (*PMSM*) серводвигателя, что позволяет полотну беговой платформы развивать высокую скорость при относительно большой грузоподъемности.

Каждый манипулятор состоит из двух приводов: привода, отвечающего за перемещение всей ноги целиком, ось вращения которого расположена в районе бедра (бедренный) и привода, отвечающего за перемещение голени и стопы, ось вращения которого расположена в районе колена (коленный). Конструктивно реализация двух типов

приводов практически идентичная, основное различие заключается в разных передаточных отношениях редукторов, так как усилие, развиваемое в районе бедра, должно быть существенно больше усилия, развиваемого в районе колена.

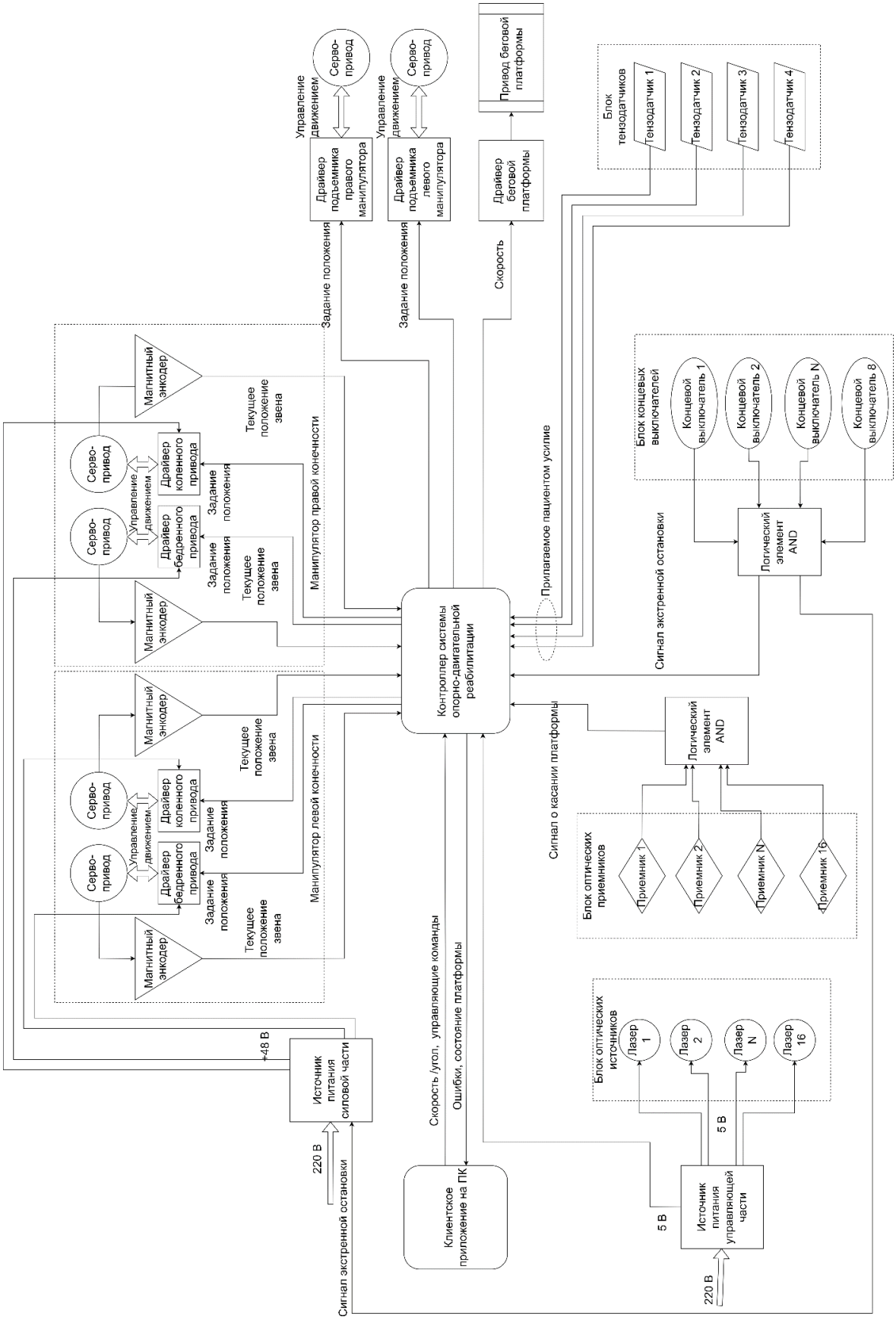


Рис. 1. Структурная схема системы

В качестве одной из мер обеспечения безопасности пользователя в конструкции ОДР, используются концевые выключатели, размещенные попарно в предельных положениях каждого из звеньев. При активации одного из концевых выключателей должна происходить аварийная остановка системы и оповещение оператора о нештатной ситуации. Для того, чтобы не нагружать контроллер излишними вычислениями, выходы всех концевых выключателей объединены при помощи логического элемента *AND*, выходной сигнал с которого уже непосредственно поступает на вход контроллера системы.

Подобный подход применен и в конструкции лазерной сети. В общей сложности имеется 16 точечных источников лазерного излучения, расположенных над полотном беговой платформы, излучающие параллельно направлению движения, и 16 приемников, расположенных с противоположной стороны. Выходы приемников объединены при помощи логических элементов *AND*, благодаря чему одна сигнальная линия позволяет детектировать состояние лазерной сетки.

Источники питания силовой и управляющей частей разделены при помощи сетевого фильтра. Это позволяет уменьшить количество импульсных помех, создаваемых силовой частью. Для стабилизации питающего напряжения управляющей части применены линейные стабилизаторы и входные и выходные *LC*-фильтры.

Беговая дорожка основана на полученных ранее результатах по созданию адаптивной системы перемещения, интегрированных в общую систему ОДР [9].

Таким образом, сформированная система ОДР включает необходимое программное и аппаратное обеспечение для организации перемещения нижних конечностей пользователя.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Разработка медицинских *VR* тренажерных систем для опорно-двигательной реабилитации с биологической обратной связью» (*FEMU*-2024-0001).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alnajjar F., Ozaki K.I., Itkonen M., Yamasaki H., Tanimoto M., Ueda I., Shimoda S. Self-support biofeedback training for recovery from motor impairment after stroke // Ieee Access*. 2020. Т. 8. С. 72138-72157.

2. *De la Barra Ortiz H.A., Matamala A.M., Inostroza F.L., Araya C.L., Mondaca V.N. Efficacy of biofeedback in rehabilitation of musculoskeletal disorders: a systematic review // Postepy Rehabilitacji*. 2022. Т. 36. №. 1. С. 41.

3. *Dang R., Wang H. Effect of somatosensory simulation training combined with EMG biofeedback on upper limb dysfunction in stroke patients // American Journal of Translational Research*. 2023. Т. 15. №. 3. С. 1842.

4. *Lucas I., Solé-Morata N., Baenas I., Rosinska M., Fernández-Aranda F., Jiménez-Murcia S. Biofeedback Interventions for Impulsivity-related Processes in Addictive Disorders // Current Addiction Reports*. 2023. Т. 10. №. 3. С. 543-552.

5. *Giggins O.M., Persson U.M.C., Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation // Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2013. Т. 10. С. 1-11.

6. *De Luca A., Mattone R., Giordano P.R., Ulbrich H., Schwaiger M., Van den Bergh M., Van Gool L. Motion control of the cybercarpet platform // IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 2012. Т. 21. №. 2. С. 410-427.

7. *Shi D., Zhang W., Zhang W., Ding X. A review on lower limb rehabilitation exoskeleton robots // Chinese Journal of Mechanical Engineering*. 2019. Т. 32. №. 1. С. 1-11.

8. *Kiani S., Rezaei I., Abasi S., Zakerabasali S., Yazdani A. Technical aspects of virtual augmented reality-based rehabilitation systems for musculoskeletal disorders of the lower limbs: a systematic review // BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023. Т. 24. №. 1. С. 1-25.

9. *Obukhov A., Karpushkin S., Siukhin A., Patutin K., Averin Y. Development of a stress-free algorithm for controlling active running platforms // ITM Web of Conferences. EDP Sciences*. 2024. Т. 59. С. 02004.

Поступила 28.02.2024

УДК 628.3

В.С. Журавлев, Ю.А. Садырева

СИСТЕМА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ МОЙКИ

Соблюдение санитарных норм является одной из задач любого производственного процесса. Согласно санитарным нормам и правилам слив сточных вод после мойки автомобильного транспорта в городскую канализационную сеть запрещен. В статье рассмотрен вопрос о возможности создания системы очистки сточных вод и многократного использования очищенной воды для обслуживания автомобильного транспорта.

АО «Газпром газораспределение Пермь» – занимается проектированием, монтажом и обслуживанием газораспределительной системы Пермского края. Для обеспечения мобильности рабочего персонала частью Березниковского филиала акционерного общества является автотранспортный цех (АТЦ). Состав транспорта, используемого для выполнения производственных задач, разнообразен: от легковых автомобилей и автобусов до автомобилей повышенной проходимости. Поддержание транспортного парка в чистоте требует системы мойки автомобилей. Транспортный цех находится в пределах городской черты, а значит должны соблюдаться СанПиНы.

Сточные воды автомобильных моек содержат как механические загрязнения, так и вещества нефтехимии, примеси топлива, смазочных материалов и других веществ. Сети городской канализации спроектированы без учета этих факторов, что может привести к ухудшению их работы и нанести вред окружающей среде.

В СанПиН 2.1.3684-21 отмечено, что на каждой автомойке должна быть предусмотрена *система очистки сточных вод,* обеспечивающая максимально возможный уровень фильтрации стоков от взвешенных частиц, нефтепродуктов, тяжелых металлов, до достижения нормативных показателей [1].

Сточные воды автомойки, содержащие специфические компоненты: бензин, нефтепродукты, взвешенные вещества, ПАВ, могут быть очищены с использованием методов отстаивания, реагентной очистки и фильтрации [2].

При выборе способа очистки и подборе оборудования наибольшее внимание привлекают системы замкнутого цикла. Такой способ очистки позволяет многократно использовать объем отработанной воды, что позволяет существенно экономить бюджет компании.

Преимущества очистки замкнутого цикла

Системы замкнутого цикла для очистки воды автомоек представляют собой комплекс оборудования для фильтрования стоков и повторного использования воды в системе. В процессе очистки сточных вод при удалении примесей в каждом цикле расходуется до 10% от общего объема воды. Многократное использование очищенной воды экономит 90% от затрат за один цикл.

Для автомоек замкнутого цикла при обработке жидкостей в системах очистки воды применяются различные методы и технологии:

– механическая очистка осуществляется в комплексе фильтров с различными видами фильтрующих материалов, последовательно обеспечивающих высокую степень очистки;

– обработка реагентами предусматривает введение специальных веществ, нейтрализующих загрязнения и расщепляющих молекулы нефтехимии, которые далее отфильтровываются или осаждаются в специальных отстойниках.

Таким образом, система очистки сточных вод замкнутого цикла для автомоек включает в себя:

– емкости-отстойники – несколько последовательно расположенных емкостей для первоначальной очистки жидкостей. В отстойниках отделяются примеси песка, глины,

грунта и т.д.;

– следующая стадия – фильтрование, оно позволяет удалить до 98% загрязнений, устранить запахи и осветлить жидкость для последующего использования;

– накопительные емкости – применяются для сбора очищенной воды и ее последующего использования. Позволяют иметь запас очищенной воды для постоянной работы мойки [3].

Подбор оборудования для системы очистки выполняют с учетом объемов расходуемой воды, циркулирующей в системе оборотного водоснабжения, и подпитки свежей водой (10% от объема оборотной).

По результатам оценки необходимого количества воды и интенсивности ее использования для автомойки транспорта в АТЦ предлагается следующая схема (рис. 1).

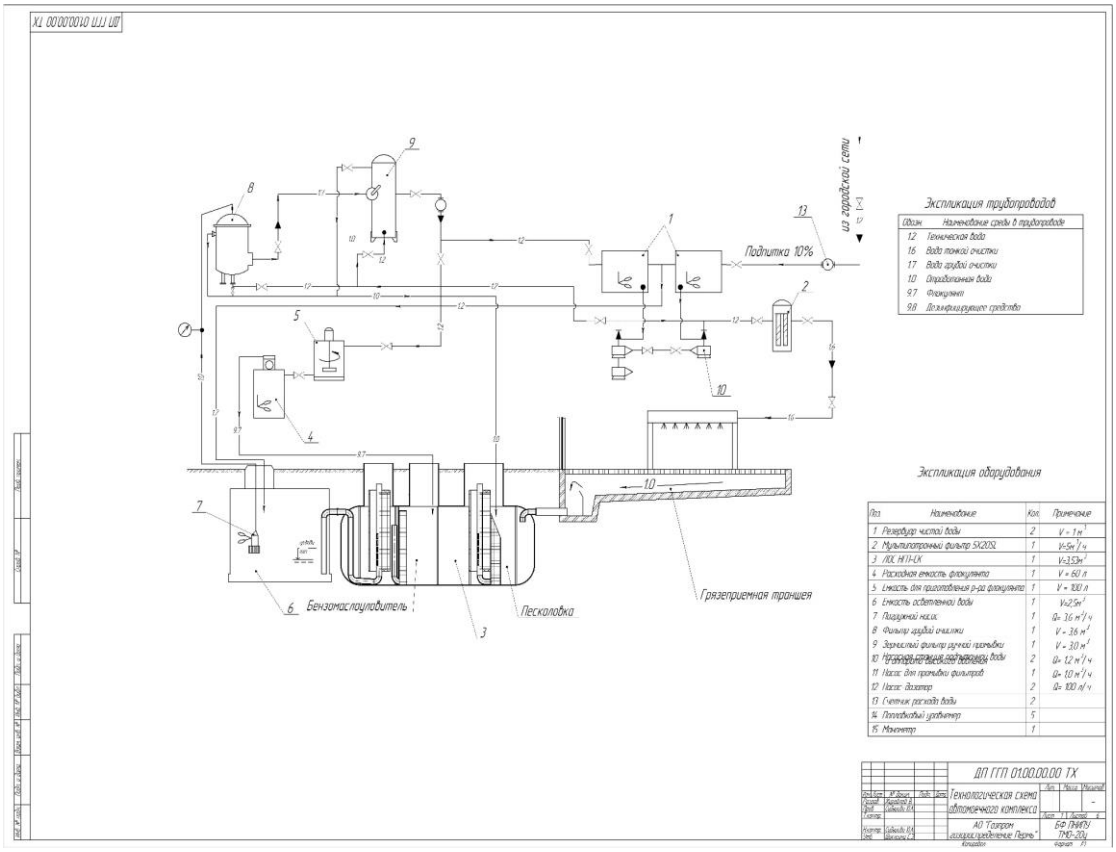


Рис. 1. Схема автомойки с системой очистки сточных вод:
1 – накопительный бак, 2 – мультипатронный фильтр, 3 – ЛОС, 4 – емкость флокулянта, 5 – мешалка флокулянта, 6 – емкость осветленной воды, 7 – погружной насос, 8 – насыпной фильтр, 9 – механический фильтр

Перед запуском системы в работу выполняется ее заполнение водой.

Из накопительного бака *1* вода насосом подается на мультипатронный фильтр *2*, где проходит очистку по крупности 5 мкм, и поступает на форсунки мойки высокого давления. Образующиеся стоки самотеком попадают в грязеприемную траншею, где осаждают наиболее крупные частицы. Затем по сливной трубе стоки попадают в локальную очистную систему *3* (ЛОС). Для полноты очистки ЛОС включает в себя три камеры, имеющие различное назначение и периодичность обслуживания. Песколовка предназначена для осаждения твердых частиц. Следующая камера предназначена для отделения нефтяных и масляных включений. Для эффективного разделения смеси воды и нефтепродуктов в камеру дополнительно подается раствор флокулянта из емкости *4*. Частично очищенная вода через выходной фильтр поступает в емкость осветленной воды *6*, откуда погружным насосом попадает на стадию фильтрования *7*. Оставшиеся в воде примеси последовательно удаляются

в насыпном фильтре *8*, заполненном песком, и в фильтре ручной промывки *9*, заполненным углем. Очищенная вода поступает обратно в накопительные емкости *1*.

Регенерация механического фильтра *8* и фильтра ручной промывки *9* выполняется обратным током воды при повышении гидравлического сопротивления фильтров.

Во время процесса мойки и при очистке воды происходит потеря 10% жидкости, что требует периодической подпитки системы из городской системы водоснабжения.

Локальные очистные сооружения представляют собой горизонтальный цилиндрический резервуар, выполненный из стеклопластика. На корпусе ЛОС предусматриваются колодцы для обслуживания резервуара, выполненные в виде надстроек с крышками. Резервуар устанавливается вблизи помещения автомойки подземным способом (рис. 2).

Рис. 2. Локальные очистные сооружения

Процесс очистки сточных вод происходит следующим образом:

– первый этап очистки в отстойнике-пескоуловителе заключается в успокоении потока и выделении из него крупных твердых частиц. Накопившийся ил удаляют из камеры с периодичностью не реже двух раз в год;

– далее предварительно очищенный сток попадает в камеру с коалесцентными фильтрами. Благодаря подаче флокулянтов и коалесцерам капли нефтемасляной эмульсии укрупняются и поднимаются на поверхность. Очистка камеры от скопившихся нефтепродуктов производится каждые два месяца;

– в последней камере дополнительно располагают адсорбирующие фильтры *FIBROIL*. Очистка воды на этих фильтрах позволяет окончательно удалить нефтесодержащие примеси и достигнуть нормативных значений качества воды [4].

Подобные системы очистки и оборотного водоснабжения автомоек не только эффективны в плане улавливания выбросов, но и выгодны, поскольку значительно сокращают водопотребление. Очищенная вода повторно используется в процессе мойки машин, а свежая вода применяется лишь для конечного ополаскивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.1.3684-21. «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» 28.01.2021.

2. Оборотное водоснабжение автомоек [Электронный ресурс]. Режим доступа: [1]https://www.vo-da.ru/articles/oborotnoe-vodosnabjenie-avtomoek/zagryaznyayuschie-veschestva.

3. Как устроена система очистки воды для автомойки [Электронный ресурс].

https://flotenk.ru/press-centr/posts/kak-ustroena-sistema-ochistki-vody-dlya-avtomoi-ki/.
4. Очистка поверхностного стока на НГП-С и НГП-СК [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.aquaserviss.ru/liven/ngp.

Поступила 04.03.2024

УДК 621.928.37

А.А. Бежовская

ФУТЕРОВКА ГИДРОЦИКЛОНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИДА КАЛИЯ

В статье представлены варианты футеровочных материалов внутренней части гидроциклона, предназначенные для защиты технологического оборудования, эксплуатируемого в абразивной рабочей среде, проведено сравнение влияния футеровки на долговечность аппарата, выполнен расчет корпуса аппарата на прочность в программе ПАССАТ.

В производственных процессах часто встречаются неоднородные системы, требующие разделения. В этом случае используются такие аппараты как пылеочистное оборудование – для газовых систем, и отстойники, центрифуги, фильтры, гидроциклоны – для жидких систем. При необходимости быстрого и непрерывного процесса разделения используют гидроциклоны.

Гидроциклон – это аппарат, в котором разделение смеси происходит под действием центробежной силы, твердые частицы отбрасываются к стенкам аппарата и под действием тяжести нисходящим спиральным потоком движутся в нижнюю часть конуса к разгрузочному песковому отверстию, а жидкость концентрируется в центральной части аппарата и вытесняется внутренним спиральным потоком вверх к сливному отверстию, где выходит из аппарата [1].

Актуальность исследования: многие производства, направленные на добычу и переработку полезных ископаемых, используют технологическое оборудование, которому необходима защита внутренних и внешних частей от износа, коррозионных повреждений и истирания абразивными средами.

Гидроциклоны при постоянной работе с жидкими абразивными средами испытывают как коррозионное, так и эрозионное воздействие. Для защиты гидроциклонов от воздействия среды гидроциклону необходима внутренняя футеровка [2].

Футеровка оборудования – это защитная внутренняя облицовка, в результате которой оборудование и детали получают защиту от абразивного изнашивания, от ударных, истирающих и налипающих воздействий.

Футеровка заменяется по мере ее изнашивания, благодаря чему продлевает срок службы аппарата и его частей. В качестве материалов для создания футеровки используют дешевые и широко распространенные компоненты с высокими механическими и термическими свойствами. Футеровка позволяет достичь оптимальных технологических показателей процесса за счет придания конструктивных форм рабочим зонам аппарата и их восстановлению при перефутеровке [3].

Виды футеровочных покрытий гидроциклонов:

1. Резиновые футеровочные изделия являются классическими материалами для защиты горного оборудования благодаря высоким амортизирующим свойствам и сопротивлению износу. При изготовлении применяются резиновые смеси из каучука. Ударопрочные и износостойкие футеровки, изготовленные методом литья под высоким давлением, гасят силу удара и помогают снизить уровень вибрации и шума. Вкладыши гибкие и могут быть легко разрезаны на месте в соответствии с требованиями.

Преимущества:

- возможность установки в ограниченном пространстве;
- уменьшает вибрацию и уровень шума;
- снижает нагрузки ударной волны;
- устойчивы к изменениям температур;
- устойчивость к химическим веществам и коррозии.

Недостатки:

- срок эксплуатации 6 месяцев.

2. Полиуретановая футеровка – полимерное покрытие или отделка, предназначенная для защиты поверхности от внешних воздействий и для увеличения срока службы аппарата. Температурный диапазон эксплуатации от – 25 до + 80 °С. Этот материал совмещает свойства резины и пластика (табл. 1).

Таблица 1

Свойства полиуретановой футеровки

Назначение	Свойство полиуретана	Преимущества
Защита от абразивного износа	Полиуретан обладает отличной стойкостью к абразивному износу	Снижение затрат на ремонт оборудования, сокращение простоев для частой замены недолговечной резиновой/стальной футеровки
Защита от налипания и намерзания материала	Полиуретан обладает низким коэффициентом сцепления и гладкой, непористой поверхностью	Нет необходимости в постоянной трудоемкой механической очистке или сложных вибрационных механизмах. Полиуретан легко очищается
Амортизация, защита от ударов	Полиуретан обладает хорошей эластичностью и стойкостью к ударным нагрузкам	В условиях сочетания абразивного износа и средних ударных нагрузок полиуретановая футеровка долговечнее резиновой

Достоинства:

- высокая износостойкость;
- инертность по отношению к агрессивным средам;
- абразивная стойкость;
- способность выдерживать многократные ударные нагрузки;
- продлевает срок службы металлических элементов оборудования;
- стойкость к старению.

Недостатки:

- срок эксплуатации при постоянной работе 6 месяцев.

3. Карбидокремниевая футеровка. Для защиты от износа поверхностей оборудования, эффективным является использование износостойкого монолитного поликристаллического карбида кремния. Данный материал имеет высокую термическую и химическую стойкость, износостойкость его в 60–80 раз выше, чем у других материалов [4] (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики карбида кремния

Характеристика	Показатель	Характеристика	Показатель
Максимальная рабочая температура, °С	1380	Теплопроводность, В/м·К	при 1200°С - 45
Плотность, г/см³	≥3.02	Коэффициент термального расширения, К-1×10^{-6}	4,5
Пористость, %	<0.1%		
Прочность на изгиб, МПа	при 20°С - 250		
	при 1200 °С - 280	Твердость, кгс/см^2	9,1
Модуль упругости, ГПа	при 20°С - 330	Кислотно-щелочная устойчивость	Превосходная
	при 1200 °С - 300		

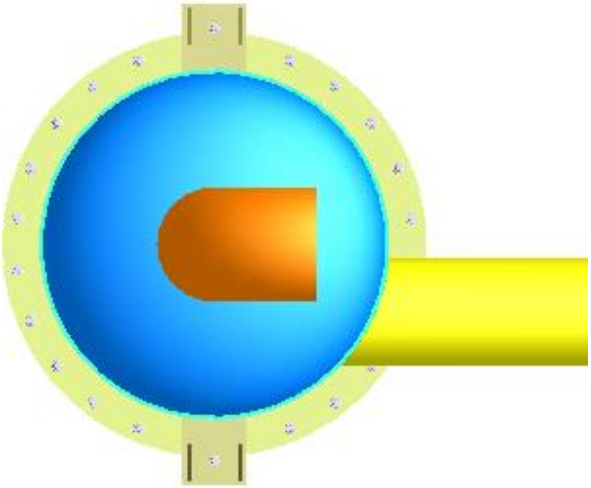
Достоинства:

- высокая твердость;
- термостойкость;
- коррозионная стойкость;
- износостойкость;
- срок службы при постоянной работе 5–7 лет.

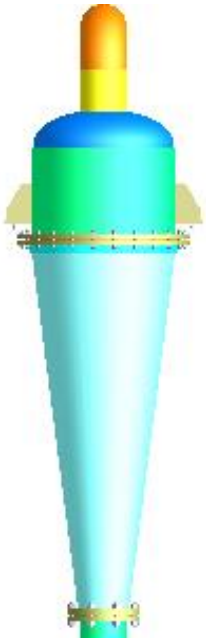
Рис. 1. Футеровочные элементы из карбида кремния

Из сравнения вышеперечисленных материалов можно отдать преимущество карбидокремнию, так как данная футеровка живет свой срок столько же, сколько и сам гидроциклон (рис. 1). При эксплуатации гидроциклона он имеет свойство корродировать снаружи, что приводит к его разрушению за срок эксплуатации 5-6 лет. Таким образом, карбидокремниевую футеровку не нужно заменять каждые полгода, что снижает время на ремонтные работы. Данную футеровку утилизируют вместе с утилизацией аппарата [5].

Замена футеровки оборудования приведет к увеличению веса конструкции из-за большей плотности карбида кремния по сравнению с полиуретановой футеровкой.



Вид сверху



Вид слева

Рис. 2. Конструкция гидроциклона в программе ПАССАТ

Прочностной расчет гидроциклона выполнен в программе ПАССАТ с учетом нового веса конструкции в рабочих условиях и условиях испытаний (рис. 2). Все условия прочности выполняются. Проведенные расчеты подтверждают, что выбранная футеровка способствует увеличению срока службы оборудования (табл. 3, 4).

Таблица 3

Рабочие условия

Элемент	Расчетная температура, °С	Расчетное давление, МПа	Допускаемые напряжения, МПа	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Обечайка цилиндрическая № 1	20	0,27414	140	3,147	12,484	выполнено
Обечайка цилиндрическая № 2	20	0,55811	190,91	3,7319	5,2717	выполнено
Переход конический № 1	20	0,27281	140	3,4821	3,6842	выполнено
Днище эллиптическое № 1	20	0,25	140	3,4466	0,55944	выполнено

Таблица 4

Условия испытаний

Элемент	Расчетное давление, МПа	Допускаемые напряжения, МПа	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Обечайка цилиндрическая № 1	0,5722	190,91	3,2251	17,024	выполнено
Обечайка цилиндрическая № 2	0,55811	190,91	3,7319	5,2717	выполнено
Переход конический № 1	0,57128	190,91	3,7407	5,0239	выполнено
Днище эллиптическое № 1	0,55492	190,91	3,7272	0,76287	выполнено

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терновский И.Г., Кутепов А.М. Гидроциклонирование. М: Наука, 1994 г. 350 с.
2. Защитные футеровки и покрытия горно-обогатительного оборудования / А.А. Взоров, В.А. Настоящий, А.А. Тарасенко, Е.Ф. Чижик. М.: Недра, 1985 г., 204 с.
3. Холодников Ю.В. Футеровка оборудования полимерными композитами. Теория, исследования и практика химической защиты. М.: Научное обозрение, 2019. 285 с.
4. Керамическая футеровка из карбида кремния SIC [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://qdsic.com/ru/product-item/керамическая-футеровка-из-карбида-кр/
5. Футеровка из спеченного карбида кремния [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rbsic-sisic.com/sisic-wear-resistant-silicon-carbide-sic-cylinder-cone-spigot-manufacturer-factory-russian.html.

Поступила 06.03.2024

УДК 534.521

Л.М. Иванов, А.О. Корчанов, Н.В. Кулагина

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ КОНФИГУРАЦИИ ФИГУР ХЛАДНИ ОТ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

В данной статье рассматриваются аспекты конструирования лабораторного оборудования для визуальной демонстрации фигур Хладни в политехническом исследовательском центре «Тэйнштейниум» и исследования зависимости конфигурации фигур Хладни от частоты звуковых колебаний.

В БФ ПНИПУ функционирует политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум», где учащиеся своими руками конструируют экспериментальные установки. В рамках работы исследовательского центра существует техническая возможность создания лабораторных установок, позволяющих наглядно наблюдать конфигурацию фигур Хладни с применением сыпучих и жидких веществ и исследовать изменения формы и конфигурации орнаментов при изменении характеристик звуковых волн.

Целью работы является конструирование лабораторного оборудования, для политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум», на котором можно

проводить исследования зависимости конфигурации фигур Хладни от частоты звуковых колебаний.

В физике под стоячей волной понимается звуковая волна, образующаяся при наложении двух движущихся волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми частотами и амплитудами [1-3]. Существует множество методов демонстрации стоячих волн, одним из наиболее наглядных являются фигуры Хладни [4]. Этот метод основан на формировании точных геометрических орнаментов на горизонтально установленной пластине под воздействием звука, давления звуковых волн и вибраций. При этом форма орнамента зависит от акустических характеристик волн [5].

Для успешного получения фигур Хладни нужен правильный материал. Нельзя применять тяжелые металлические пластины, а также гофрированные материалы. Металлические пластины не подходят ввиду своей тяжести. Пластина, склеенная из нескольких листов, не подходит ввиду невозможности выпрямления. Картон и пластиковые панели малопригодны для проведения таких экспериментов, так как гофрированная прослойка глушит звуковые волны. Но это значит, что и другие, похожие на них, материалы можно использовать для звукоизоляции. Для таких экспериментов лучше всего подойдут: стекло, тонкий листовой метал, плотный картон без гофрированного слоя.

В процессе выполнения работы сконструированы следующие лабораторные установки:

– мембранная установка для демонстрации фигур Хладни с использованием сыпучих веществ;

– установка с пластинами различной конфигурации для визуальной демонстрации фигур Хладни;

– лазерно-мембранная установка для демонстрации фигур Хладни на большом экране;

– установка с кюветой для жидкости, с помощью которой можно демонстрировать и изучать фигуры Хладни на поверхности жидкости.

В процессе выполнения работы установлена зависимость конфигурации фигур Хладни при использовании сыпучих веществ, от частоты звуковых колебаний и площади рабочей пластины, выполненной из полипропилена. С повышением частоты в диапазоне от 25 до 2500 Гц меняется картина узлов и пучностей [6]. Изображения становятся более сложными. Простые фигуры получаются на низких частотах, а на высоких частотах – фигуры сложные, с большим количеством ячеек. Также форма фигур зависит от толщины пластины: чем толще пластина, тем рисунок менее явный, чем тоньше – тем более отчетливо видны детали рисунка. Конфигурация фигур Хладни зависит и от формы пластин, так как чем проще форма пластины (например, круг или квадрат), тем больше узловых линий, следовательно, фигура более сложная. Выявлена зависимость формы фигур Хладни от площади пластин. С ростом площади пластин растет количество ячеек, и фигуры получаются более замысловатые.

Форма фигур Хладни зависит от частоты звуковых колебаний, площади пластин, формы и толщины пластин.

Опыты с получением фигур Хладни в жидкости показали, что образование фигур можно наблюдать и в жидкой среде, но их внешний вид не такой симметричный и визуализируется в виде ячеек, своеобразной ряби на воде. Конфигурация рисунка зависит от частоты звуковых колебаний, с увеличением частоты размер ячеек уменьшается, а также от массы воды в сосуде: чем меньше масса воды, тем на тех же частотах ячейки получаются больше по размерам.

По результатам проведенной работы разработаны и функционируют лабораторные установки для демонстрации фигур Хладни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика: Пер. с англ. В.В. Коляды / Под ред. А.А.

Павельева. М.: Постмаркет, 2001. С. 559.
2. Уокер Дж. Физический фейерверк: 2-е изд. Пер. с англ. / Под ред. И.Ш. Слободецкого. М.: Мир, 1988. С. 298.
3. Определение стоячей волны [Электронный ресурс]. *URL*: https://habr.com/ru/articles/406637 (дата обращения: 30.10.23).
4. Таблица фигур [Электронный ресурс]. *URL*: https://zelengarden.ru/2-foto/narisovat-figuru-lissazhu.html (дата обращения: 30.10.23).
5. Формулы стоячей волны [Электронный ресурс]. *URL*: https://5terka.com/node/12788 (дата обращения: 06.01.24).
6. Формулы сложения синусов и косинусов [Электронный ресурс]. *URL*: https://www.youtube.com/v/a4ZlMDaqD_g (дата обращения: 06.01.24).

Поступила 11.03.2024

УДК 537

А.А. Новикова, Н.В. Кулагина

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СВЕТОДИОДОВ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО МАКЕТА ГОРОДА СО СВЕТОДИОДНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

В статье идет речь об исследовании свойств светодиодов и изучении работы выпрямителя с помощью электронного осциллографа для конструирования действующего макета города со светодиодным освещением в политехническом исследовательском центре «Тэйнштейниум».

В настоящее время все больше и больше городов и поселков во всем мире обращают внимание на преимущества установки уличного освещения, использующего светодиодные лампы. Это современное решение, которое не только обеспечивает достаточное освещение на улицах, но и приносит множество других преимуществ. Во-первых, низкие энергозатраты: расход электричества в 2–3 раза меньше, чем при использовании газоразрядных ламп. Во-вторых, устройство обеспечивает больший уровень освещенности. В-третьих, длительный срок эксплуатации и простота обслуживания осветительных установок.

Целью работы является изучение свойств светодиодов и особенностей работы выпрямителя с помощью электронного осциллографа для конструирования действующего макета города со светодиодным освещением, которое работает от сети.

В процессе выполнения работы изучены свойства светодиодов и выявлено, что диод в одну сторону ток пропускает, а в другую нет, то есть играет в электрической цепи функцию клапана. При его подключении необходимо рассчитать сопротивление к светодиодам, так как сопротивление самих светодиодов очень мало. Еще необходимо соблюдать полярность подключения светодиодов в цепь: то, как яркость свечения светодиода зависит от величины протекающего через него тока. Чем больше сопротивление, которое мы включаем последовательно со светодиодами, тем меньше ток в цепи, тем менее ярко светится светодиод.

В ходе эксперимента установлено, что отсутствие свечения при низких напряжениях, до 1.5 В связано с наличием потенциального барьера на p-n-переходе. При малых токах (ниже 1,5 В) светодиод не светится. Далее яркость светодиода становится прямо пропорциональной силе тока. Чем больше ток, тем сильнее светится светодиод. Токи более 20 мА становятся критическими, светодиоды не выдерживают такого тока и полностью сгорают. Таким образом, оптимальный режим работы светодиода лежит в пределах от 1 до 20 мА.

Изучив работу выпрямителя с помощью электронного осциллографа, можно сделать вывод, что коэффициент сглаживания пропорционален произведению *RC*. Коэффициент фильтрации зависит от этого произведения. Сглаживание тем больше, чем больше произведение *RC* - емкости конденсаторов и сопротивления нагрузки.

В результате проведенной работы сконструирован макет города со светодиодным освещением, при этом система освещения работает от сети. Действующий макет города со светодиодным освещением подарен политехническому исследовательскому центру «Тэйнштейниум».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полищук А., Туркин А. Перспективы применения светильников со светодиодами для энергосберегающего освещения // Энергосбережение, №2.
2. Пантелеев А.В. Современный инструментарий для разработки энергоэффективных источников света и систем освещения. Учебный эксперимент в образовании. 2012. № 3. С. 78-81.
3. Бухарин С.Л. Специальные источники света. Метод. указания, 2011.
4. Вейнерт Дж. Светодиодное освещение. Принципы работы, преимущества и области применения: справочник.
5. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Поступила 11.03.2024

УДК 621.45.034.3

М.В. Морозов

ВИДЫ ФОРСУНОК И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В статье рассматриваются виды форсунок, использующиеся на данные момент, их конструктив и место применения. В зависимости от своего назначения они бывают разных видов, а значит и разнятся проблемы, в которых они применяются. Важно использовать форсунки по месту их назначения, так как это влияет на эффект распыляемой жидкости.

Форсунка – устройство, представляющее собой распылительный механизм для каких-либо жидкостей под низким или высоким давлением. Зачастую используется в промышленности, в двигателях внутреннего сгорания, в сельском хозяйстве, для тушения пожаров и дезинфекции в помещениях, для увлажнения воздуха и как система охлаждения.

Основными функциональными и эксплуатационными параметрами форсунок являются объемный расход, давление, угол раскрытия, распределение жидкости, сила удара, а также размер и скорость капель.

Применяются четыре вида топливных форсунок: механические, электромагнитные, электрогидравлические и пьезоэлектрические. В свою очередь, они подразделяются по принципу распыления жидкости на пневматические, паровые и комбинированного типа. Распространены плоскоструйные и конические; струйные, вихревые и центробежные форсунки. На самом деле, существует огромное количество разновидностей форсунок для эффективного распыления жидкостей, все зависит от специфики применения и требуемых параметров.

Системы впрыска топливных форсунок:

1. Механические. Самый простой вид и основан на открытии иглы при достижении

необходимого давления. Одновременно их плюсом и минусом является простота, они надежны, но не удовлетворяют характеристикам быстроразвивающихся устройств. Пример такой форсунки показан на рис. 1.

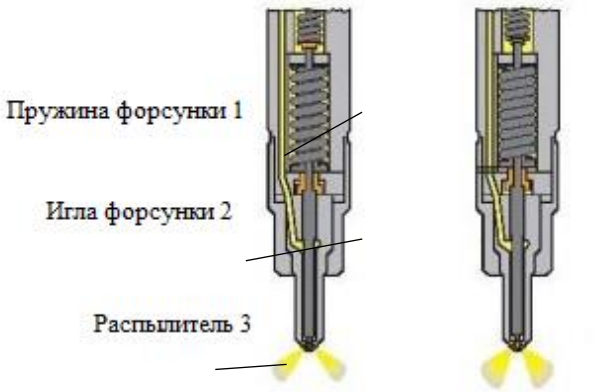


Рис. 1. Механическая форсунка с пружиной:
1 – пружина форуснки; 2 – игла форсунки; 3 – распылитель

2. Электромагнитные. Форсунка контролируется с помощью электронного блока управления. Сначала подается напряжение на обмотку возбуждения клапана, создается электромагнитное поле, преодолевающее усилие пружины. В результате втягивается якорь с иглой и освобождается сопло, происходит впрыск жидкости. На рис. 2 показаны составные части такой форсунки [1].

.

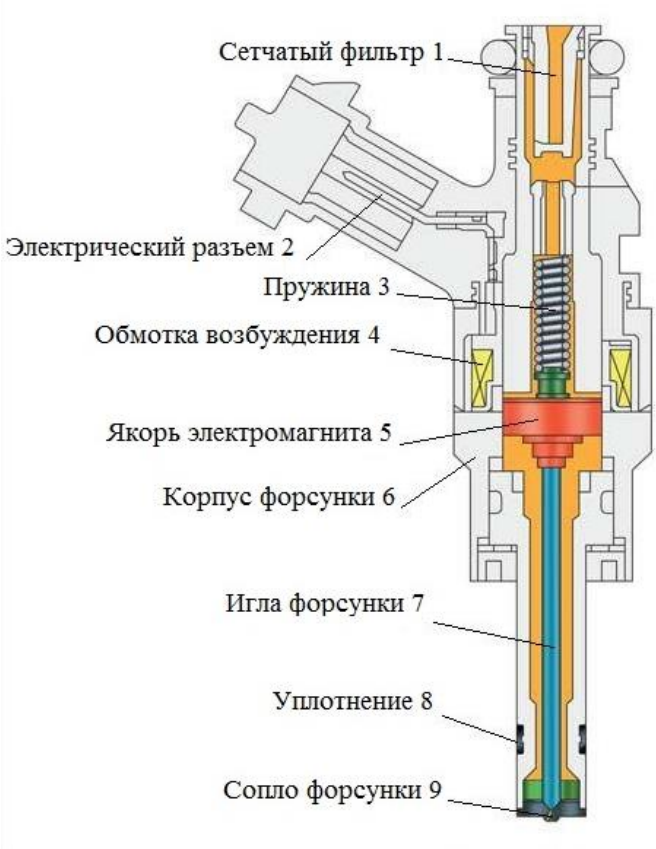


Рис. 2. Электромагнитная форсунка

Рис. 3. Пьезометрическая форсунка

3. Электрогидравлические. Благодаря электронному блоку управления открывается сливной дроссель, далее через сливной дроссель жидкость вытекает в сливную магистраль, где препятствует давлению в камере управления и впускной магистрали. Вследствие этого давление на поршень снижается, а на иглу нет. Игла поднимается, происходит впрыск.

4. Пьезоэлектрические (рис. 3). В основе работы гидравлический принцип. Изменение длины пьезометра (пьезокристалла) действует на поршень толкателя. Открывается переключающий клапан, и топливо поступает в сливную магистраль [2].

Данные типы форсунок применяются в двигателях внутреннего сгорания. Их принцип работы напоминает функционирование насоса и клапана одновременно. Происходит попадание топливной смеси, которая затем впрыскивается в камеру сгорания.

Промышленные форсуночные системы:

– плоскоструйные (пневматические) распылительные форсунки используют при распылении под низким давлением. Создается плоская струя с мелкими каплями с углом разбрызгивания до 800. Используются, когда требуется широкое, линейное распыление с мелкими каплями. Одна из самых распространенных форсунок, рис. 4 (а);

– широкоугольные плоскоструйные распылительные форсунки так же применяются для распыления под низким давлением. Самый широкий угол распыления около 1600, благодаря чему получили широкое распространение в сельском хозяйстве, рис. 4 (б);

– конические распылительные форсунки используют для распыления под высоким давлением. Встречаются с полым конусом, рис. 4 (в), и со сплошным конусом распыления, рис. 4 (г) [3].

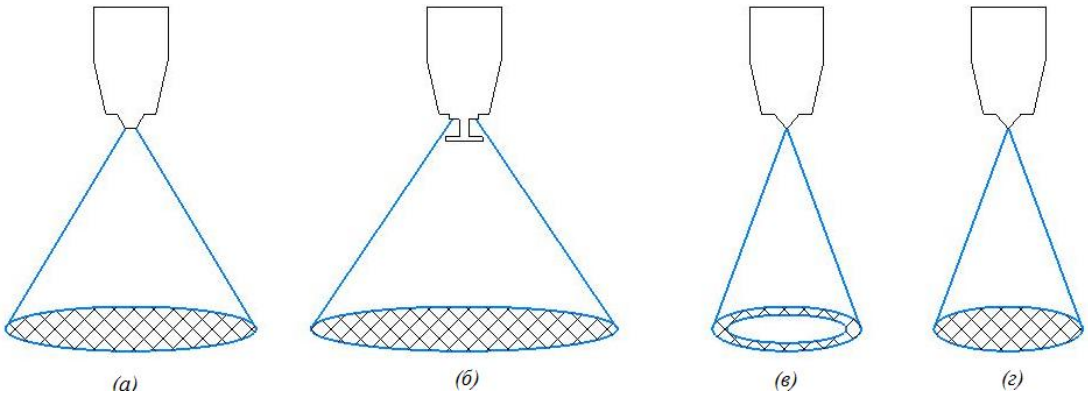


Рис. 4. Промышленные форсунки

В абсорбционных процессах потоки газа уносят с собой капли абсорбента и очень важно добиться наибольшей степени распыления абсорбента для увеличения поверхности реакции. Также используются в скрубберах Вентури и каплеуловителях для увлажнения теплообменников и компрессоров.

В случае экстренных ситуаций форсунки могут использоваться для тушения пламени. При проектировании зданий необходимо предусмотреть систему пожаротушения, так как от этого зависят жизни людей. В таких случаях применятся полноконусные, полоконусные и плоскоструйные.

Благодаря быстроразвивающимся технологиям форсунки нашли широкое применение во всех сферах производства. Важно помнить, что они, как и любой механизм, нуждаются в диагностике, ремонте и чистке. Происходит изнашивание во время работы из-за трения с последующим влиянием на распределение жидкости и формы распыления. В случае инжекторов причиной неправильной работы чаще всего является образование налета на внутренней поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общие принципы работы системы управления инжекторного двигателя / А.П. Панычев, А.П. Пупышев, А.И. Шкаленко, Д.В. Шатунов, И.С. Шик // Электронный архив УГЛТУ, 2013, С. 22-23.
2. Форсунки для химической промышленности [Электронный ресурс]. *URL*: https://rusforsunka.ru/primenenie/forsunki-dly-himicheskoy-promishlennosti.
3. Промышленные форсунки [Электронный ресурс]. *URL*: https://spray-expert.ru/.

Поступила 12.03.2024

УДК 661.525.3

В.А. Шишканова-Каменских

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАДИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОЙ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

В статье рассматриваются возможные варианты решения проблем, возникших в процессе гранулирования и последующего охлаждения гранул аммиачной селитры, изготовленной по ГОСТ 2-2013. Приводятся результаты расчета на прочность корпуса гранулятора в программе ПАССАТ.

В современном обществе все чаще поднимаются фундаментальные вопросы человечества, которые являются основной ступенью пирамиды Маслоу. Получение безопасных и качественных продуктов питания, к сожалению, для некоторых является

труднодостижимым. Далеко не каждые возделываемые почвы плодородны, а без достаточного питания растениям сложнее справляться с болезнями, вредителями и неблагоприятными погодными условиями.

Жители города Березники вносят свой неотъемлемый вклад в решение данной проблемы. Горожане трудятся на предприятиях, производящих минеральные удобрения, которые играют ключевую роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и улучшении качества продукции. Урожай, выращенный с их использованием, обычно обладает лучшим вкусом, ароматом и питательными свойствами.

Высокотехнологичное производство компании «Уралхим» ориентировано на повышение эффективности сельского хозяйства в условиях роста численности населения планеты и дефицита пахотных земель [1]. Именно поэтому миссией компании является создание мира без голода, о чем говорит и слоган: «Потому что еда нужна каждому».

Минеральные удобрения обеспечивают растения питательными веществами, такими как азот, фосфор, калий, магний и другие важные элементы, которые способствуют улучшению их здоровья и повышению урожайности. Азот является одним из основных элементов, необходимых для жизни растений. Он участвует в процессах синтеза белка – основного строительного блока любой клетки, и хлорофилла, необходимого для фотосинтеза. Растения не способны самостоятельно фиксировать азот из атмосферы, а в усваиваемую форму его преобразуют почвенные микроорганизмы, такие как грибы и бактерии. Поэтому недостаток азота в почве может привести к замедлению роста, ухудшению состояния растений и, как следствие, снижению урожайности.

Согласно требованиям ГОСТ 2–2013, аммиачная селитры выпускается с суммарной массовой долей нитратного и аммонийного азота в пересчете на процентное содержание азота в сухом веществе – не менее 34,4%. Агрегат производства водоустойчивой аммиачной селитры филиала «Азот» АО «Объединенная химическая компания «Уралхим» в городе Березники производит 200 000 тонн продукции ежегодно. В 2022 году предприятия АО «ОХК «Уралхим» произвели 23,9% российской аммиачной селитры [1].

Цех производства водоустойчивой гранулированной аммиачной селитры, в процессе свей деятельности неоднократно модернизировался и осваивал производство новых продуктов. Агрегат АС-67 введен в эксплуатацию в июле 1987 г. Затем, на технологической линии производства водоустойчивой аммиачной селитры в 1994 г. освоен выпуск гранулированной аммиачной селитры; в 1996 г. освоен выпуск гранулированной пористой аммиачной селитры; в 2005 г. освоен выпуск модифицированной гранулированной пористой аммиачной селитры.

В связи с увеличением ассортимента производились изменения внутренних технологических систем, что повлияло и на само производство готовой продукции. На сегодняшний день агрегат производит четыре вида аммиачной селитры, отличающихся не только химическими и физическими свойствами, но и визуально — по цвету.

Процесс производства аммиачной селитры состоит из стадии нейтрализации; выпаривания полученного раствора до состояний высококонцентрированного плава; введения добавки в плав; гранулирования; последующей обработки гранул.

Процесс гранулирования (от лат. *granulum* — зернышко) — образование твердых частиц из капель жидкости определенных размеров, формы и с заданными характеристиками. Грануляция осуществляется в железобетонной башне, в верхней части которой установлен гранулятор для получения капель плава, в нижней части имеются два металлических конуса, защищенные транспортерной лентой, с двумя круговыми зазорами для подсоса воздуха из атмосферы.

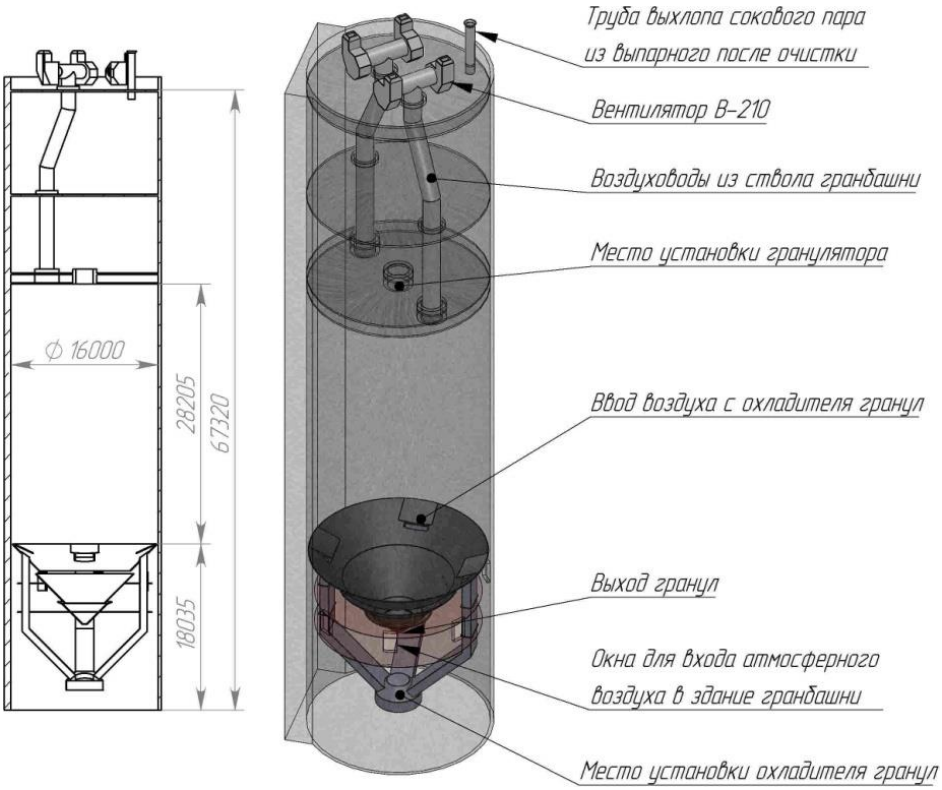


Рис. 1. Схема грануляционной башни

Изначально предназначение агрегата заключалось в производстве водоустойчивой аммиачной селитры, а в настоящее время при работе с разными видами продукции происходит прилипание продукта к материалу покрытия конусов.

Рис. 2. Конус грануляционной башни с налипаниями

Это связано с недостаточным охлаждением гранул в полом стволе грануляционной башни. В зимний период количество налипаний значительно меньше, так как температура атмосферного воздуха значительно ниже.

Аммиачная селитра имеет несколько кристаллических модификаций, каждая из которых существует лишь в определенном диапазоне температур, а переход из одной в другую сопровождается изменением кристаллической структуры (рис. 3).

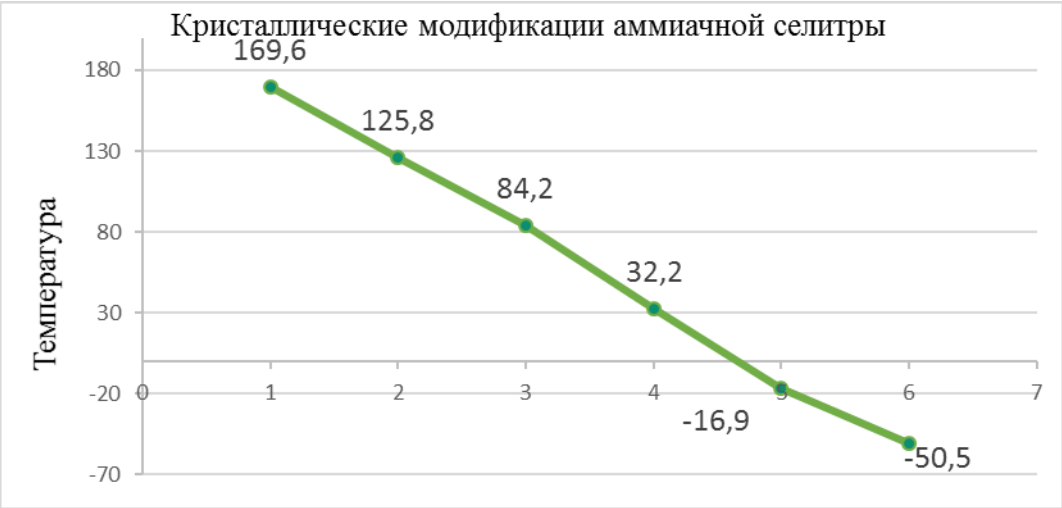


Рис. 3. График кристаллических модификаций аммиачной селитры

Готовый продукт поступает в отделение отгрузки при температуре 40 – 50° С, поэтому модификации IV и V не рассматриваются технологическим процессом. Переход от III к IV модификации протекает за пределами грануляционной башни.

Поддержание оптимального температурного режима необходимо при производстве, поскольку недостаточное охлаждение гранул приводит к прилипаниям, а переохлаждение к разрушению самой гранулы. Продукт не может достичь III модификации в грануляционной башне высотой 30 м, поэтому возможно рассмотрение модернизации по увеличению данного расстояния, дополнительное охлаждение подаваемого воздуха или увеличение массового расхода воздуха.

Охлаждение воздуха возможно, если дополнительно применить теплообменное оборудование. Стоит учитывать, что атмосферный воздух не является осушенным до конца, даже с применением нагревателей на входе в аппарат кипящего слоя, которые используются в зимний период. Влажность поступающего в ствол воздуха, пройдя через дополнительное охлаждение может увеличить точку росы, что приведет к смешиваемости с селитрой, впоследствии повышению влаги выше регламентированного показателя, а значит слеживаемости готового продукта.

Количество поступающего через конструкционные отверстия воздуха регулируется вентиляторами, установленными в верхней части башни. Поступающий поток воздуха обволакивает гранулы, задерживая их и замедляя скорость падения, тем самым охлаждение протекает более эффективно. Увеличивая мощность вентиляторов, создается обратный эффект. Большая масса гранул, задерживаясь в полом стволе, создаст налипания еще в процессе падения, гранулометрический состав будет изменен, а частицы менее 1 мм, будут уноситься в скруббера, это влечет превышение предельно допустимых концентраций, выбрасываемых в атмосферу веществ, а также преждевременный износ оборудования.

Высота падения гранул неизменна – 30 метров, для любого вида производимой селитры. Рассматривается возможность изменения конструкции железобетонной башни, с целью увеличения высоты падения гранул, что должно позволить дополнительно охлаждать гранулы.

Для увеличения расстояния от гранулятора до конусов рассматривается изменение конструкции нижней части. Сдвиг конусов ведет к капитальной перестройке каркаса и перетрассировке последующего оборудования. Расчеты данной модернизации подробнее рассматриваются в ВКРБ автора.

Расчет корпуса гранулятора на прочность был выполнен в программе ПАССАТ. Все условия прочности выполняются (рис. 4, табл.).

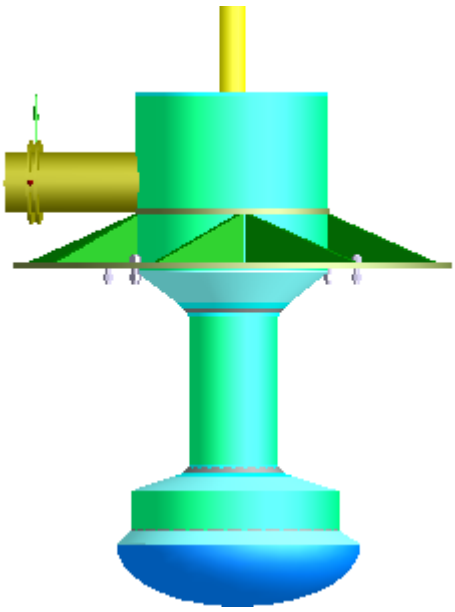


Рис. 4. Модель гранулятора в программе ПАССАТ

Таблица

Рабочие условия

Элемент	Расчетная температура, °С	Расчетное давление, МПа	Допускаемые напряжения, МПа	Расчетная толщина с уч. прибавок, мм	Допускаемое давление, МПа	Условие прочности
Днище эллиптическое №1	185	0,016932	162	1,0225	0,75041	выполнено
Переход конический №3	185	0,015531	162	10,077	0,17467	выполнено
Обечайка цилиндрическая №4	185	0,015237	162	10,017	0,91411	выполнено
Обечайка цилиндрическая №3	185	0,014775	162	8,1163	0,81276	выполнено
Обечайка цилиндрическая №2	185	0,013697	162	2,0067	2,0392	выполнено
Переход конический №1	185	0,010336	162	2,0412	0,25074	выполнено
Обечайка цилиндрическая №5	185	0,0092839	162	2,0098	0,94369	выполнено
Днище плоское(крышка) №1	185	0,0052228	162	2,8094	0,0079731	выполнено

Таким образом, применив предложения по модернизации аппарата, возможно увеличить производительность агрегата.

Каждая тонна произведенного удобрения вносит свой вклад в создание более устойчивой и здоровой среды на нашей планете. Наша продукция помогает бороться с голодом. Наш вклад имеет значение!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт АО «ОХК «Уралхим» [Электронный ресурс]. *URL*: https://www.uralchem.ru/ (дата просмотра: 05.03.2024).

Поступила 14.03.2024

УДК 53.072.1

Н.В. Кулагина

«АТОМНОЕ КОТОВОДСТВО ВСЕЛЕННОЙ» ИЛИ ВЫЯВЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «ТЭЙНШТЕЙНИУМ» ДЛЯ МОТИВАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ 1-2 КУРСОВ БФ ПНИПУ И УЧАЩИХСЯ ТРЕТЬЕЙ СТУПЕНИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

В статье рассматриваются результаты использования потенциала политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум» для мотивации и повышения успеваемости студентов 1-2 курсов БФ ПНИПУ и учащихся третьей ступени общеобразовательных учреждений по предмету «Физика».

В последнее время у наших предприятий возникает острая необходимость в высококвалифицированных кадрах, в инженерах с хорошо устроенными «мозгами», в личностях с творческим стилем мышления, не только готовым к постоянным изменениям, но и рассматривающим эти изменения как возможность получить жизненно-моральное удовлетворение от решения возникающих интеллектуальных задач. Огромная роль в воспитании таких кадров принадлежит вузу. При обучении студентов первого курса сталкиваемся с огромной проблемой: большинство работает по сменам, многие окончили школу 15 лет назад, школьный материал забыт. Практика показала, что последовательность дисциплин в университете оставляет желать лучшего. Например, студенты-первокурсники, не изучив еще высшую математику, не зная, что такое дивергенция, ротор, дифференциалы второго порядка (когда по высшей математике они прошли только матрицы), попадают на физику (раздел «Механика»), где встречаются определения с дифференциалами второго порядка, дивергенциями и роторами. Естественно, никто ничего не понимает. Материал запоминается очень сложно, особенно у тех, кто не учился в 10-11 классах. Успеваемость падает. Студенты, переживая, что не сдадут экзамен по физике, забирают документы и уходят. Что делать?

В интернете есть удивительная картинка «Квантовое котоводство». Множество разных котов с фамилиями крупнейших ученых. В ней закодирована вся квантовая, атомная и ядерная физика. Это своеобразная точка опоры для студентов.

Проблема повышения успеваемости студентов стоит очень остро перед вузами. Эту работу нужно начинать еще со школы, а в университете с 1-2 курсов. Что же влияет на успеваемость студентов в вузе? Исследователи международной программы по оценке образовательных достижений, учащихся *PISA*, охватившей более 500000 студентов в 72 странах, выделили факторы, влияющие на успеваемость: общие установки образа мышления 25%; отношение предмету 10%; домашняя обстановка 15%; поведение студента 10%;

возможности учебного заведения 20%; роль преподавателя 17%. Таким образом, больше всего на успеваемость влияют образ мышления – мотивация и ожидания от учебного процесса, возможности учебного заведения, а также личность преподавателя. Есть студенты продвинутые – их мало. Есть студенты умные, но неуверенные в себе. Есть студенты умные, с завышенной самооценкой, но ленивые. Есть рукастые, но испытывающие сложности с теорией физики. Есть откровенно слабые личности. Всех их нужно мотивировать, высвечивая их сильные стороны.

Над возможностями учебного заведения нужно серьезно работать в команде. Здесь нужна поддержка руководства вуза, студентов и школьников.

Цель: выявить и использовать потенциал политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум» для повышения успеваемости студентов 1-2 курсов БФ ПНИПУ и учащихся третьей ступени общеобразовательных учреждений.

Задачи:

1. Организовать в г. Березники на базе БФ ПНИПУ политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум». Продумать дизайн помещения и содержание образовательных стендов центра.
2. Разработать программу инновационной образовательной практики – «Физика в профессиях наших предприятий» для учащихся 10 – 11 классов.
3. Организовать выставку технических конструкций и проведение тематических экскурсий для школьников в политехническом исследовательском центре «Тэйнштейниум» при БФ ПНИПУ. Разработать тексты экскурсий, обучить студентов и учащихся-экскурсоводов. Пригласить учащихся школ города на экскурсии в центр «Тэйнштейниум» при БФ ПНИПУ. Организовать экскурсии на предприятия города.
4. Организовать сотрудничество учащихся школ города с ведущими специалистами БФ ПНИПУ. Организовать работу интеллектуального клуба «Золотой электрон».
5. Организовать проведение на базе БФ ПНИПУ площадок большого городского фестиваля по физике и информатике «Золотой электрон» для студентов, учащихся школ города и учителей физики. Организовать проведение научно-практической конференции «Потенциал» на базе БФ ПНИПУ.

Политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум». Войдя в любое помещение, первым делом бросаются в глаза яркие элементы, освещение, интерьер. В зависимости от общей идеи оформления – оригинальная или стандартная – пространство можно наполнить стендами, стеклянными шкафами, полочками с техническими моделями. Если даже взрослому человеку интересно читать информацию на аккуратных ярких информационных стендах, то что говорить о школьниках и студентах? Поэтому заниматься они будут прилежнее, если учебный кабинет разумно наполнен не только цветами в горшках, но и полезной информацией на стендах. Оформление учебного заведения стендами позволяет не только наполнить пространство яркими, красивыми деталями, сформировать единый стиль помещения, но и наполнить его смысловой нагрузкой. Это способ доведения важной информации до студентов и школьников

Стенды в стенах вуза – предметы давно привычные. Но чтобы они стали по-настоящему эффективными помощниками в организации учебы, необходимо знать где и для каких целей их нужно размещать. Они бывают 3-х видов: информационные, образовательные (профильные) и лабораторные. Информационные – способ донесения важной информации до студентов и учащихся. Позволяют узнавать различные сведения большому количеству людей без непосредственного контакта с работниками учреждения. Образовательные (профильные) – стенды со сведениями по той или иной учебной дисциплине. Лабораторные – панели с закрепленными на них механизмами и приспособлениями, с которыми столкнутся в своей деятельности будущие специалисты. Позволяют будущим специалистам получить не только теоретические, но и практические навыки работы. Только с помощью учебных лабораторных стендов можно безопасно и максимально приближенно к реальности работать с реальными и виртуальными объектами.

С помощью таких конструкций студенты: получают представление об устройстве приборов и машин, разбираются в их особенностях, учатся работать с ними.

Образовательные или профильные стенды – панели со сведениями по учебной дисциплине «Физика». На них размещены таблицы, списки, формулы, расшифровка основных понятий науки физика.

Функции, которые выполняют подобные стенды:

1) помогают структурировать материал;

2) способствуют лучшему запоминанию пройденного материала;

3) обеспечивают наглядность, облегчая понимание изучаемых сведений, визуализация изучаемого материала для более быстрого запоминания;

4) позволяют учащимся конспектировать информацию в удобном им темпе;

5) работают опорным пунктом при воспроизведении студентами материала (во время устного и письменного опроса) опорные материалы всегда способствуют повышению успеваемости;

6) студенты лучше и быстрее усваивают теоретический материал, который постоянно перед глазами;

Стеклянные прозрачные шкафы мы используем в качестве выставки лучших работ студентов: моделей, лабораторных установок, технических устройств по разным темам физики.

Польза этого неоценима. Усвоение информации проходит с большим успехом, а именно на 70%, когда ее слышат, пишут и видят. В нашем вузе работает проект: «У нас и стены говорят». Разработан и воплощен в жизнь, при поддержке руководства, дизайнерский проект политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум».

Разработано 9 образовательных и информационных стендов: «Развитие представлений о электромагнетизме»; «Развитие представлений о строении атома»; «Космологические модели»; «Политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум»; «Таблица производных и интегралов»; «Десятичные приставки. Таблица Менделеева. Формулы приведения»; три стенда – «Стенды-мотиваторы»; три стенда – «Опорные пункты»: «Атомное котоводство Вселенной». В мечтах – современные большие интерактивные стенды.

Программа инновационной образовательной практики. Разработана программа на 20 часов для абитуриентов - «Физика в профессиях наших предприятий»: 5 занятий по 4 часа каждое; 5 презентаций для визуализации материала на занятиях; подготовлены лотки с оборудованием для практических работ. Темы занятий: 1. Прогулки по шахте. Фонарь горняка. 2. Уличное освещение и охранная сигнализация наших предприятий. 3. Зачем предприятиям нужен метролог? Точно ли метролог предсказывает погоду? 4. Кто такой инженер по наладке и испытаниям электрооборудования? 5. Инженер-энергетик необходим и очень полезен!

Основной задачей инновационных образовательных практик является помощь ученику и студенту в обоснованном выборе профиля дальнейшего обучения. На занятиях учащиеся знакомятся с такими видами деятельности, которые являются ведущими во многих инженерных и технических профессиях, связанных с практическими применениями физики. Опыт самостоятельного выполнения сначала простых физических экспериментов, затем заданий исследовательского и конструкторского типа позволяет ученику либо убедиться в правильности своего предварительного выбора, либо изменить свой выбор и испытать свои способности в каком-то ином направлении.

Планируемые личностные и метапредметные результаты в ходе реализации программ: опыт совместной деятельности с учителем и сверстниками; опыт публичного представления своих работ; опыт конструирования и проектирования; овладение компетентностями в области использования информационно-коммуникативных технологий; овладение элементами исследовательской деятельности.

Организована выставка технических конструкций, проводятся тематические

экскурсии для школьников в политехническом исследовательском центре «Тэйнштейниум» при БФ ПНИПУ. Разработаны тексты экскурсий, обучены студенты и учащиеся-экскурсоводы. Организованы экскурсии на предприятия города. Экспонатами центра стали модели, созданные студентами 1-2 курсов и учащимися школ при работе над проектно-исследовательскими работами. Для ребят нашего города организовано проведение тематических экскурсий. Экспонаты центра сконструированы силами учащихся и студентов, поэтому именно они отвечают за их проведение. Учащиеся разрабатывают тексты экскурсий, и являются главными экскурсоводами. За полгода работы проведено 8 экскурсий для учеников 4-11 классов восьми школ г. Березники, в группах по 25 человек (200 учеников, плюс их родители и преподаватели). Группа делится на 5 групп по 5 человек, которые двигаются по кругу. Темы круга: «Гидро и аэродинамика» и «Тепловые явления»; «Электромагнетизм»; «Космос и Вселенная»; «Механика» и «Звуковые явления»; «Оптические явления». Сконструировано 5 демонстрационных установок и 5 моделей для демонстрации механических волн, фигур Хладни и т.д., выращено 12 кристаллов для выставки в политехническом исследовательском центре. Поставлена новая лабораторная работа «Исследование электростатического поля методом моделирования»

Организовано сотрудничество учащихся школ города с ведущими специалистами БФ ПНИПУ. Организована работа интеллектуального клуба «Золотой электрон». Люди склонны перенимать поведение, социальные нормы и привычки друзей и сверстников. Выявили, чем лучше успехи в учебе, тем больше склонность заводить друзей. Студенты, которые учатся примерно одинаково, часто помогают друг другу, а такая взаимовыручка повышает успеваемость, поэтому приветствуется работа в группах.

Студенты и учащиеся школ получили возможность участия в выездных мастер-классах по решению физических задач повышенной сложности; в открытых научно-популярных лекциях; в научно-практической конференции школьников и студентов «Потенциал»; в экскурсиях по физическим лабораториям университета. Доступна индивидуальная работа над проектными работами учащихся и студентов в лабораториях университета; точечные консультации учащихся центра с ведущими преподавателями университета. Ведется работа по пропаганде научных знаний, профориентационная работа среди школьников.

Организовано проведение на базе БФ ПНИПУ площадок большого городского фестиваля по физике и информатике «Золотой электрон» для студентов, учащихся школ города и учителей физики.

Итогами проектной, учебно-исследовательской и конструкторской деятельности следует считать не столько предметные результаты, сколько интеллектуальное, личностное развитие студентов и школьников, рост их компетенции в выбранной для проекта сфере, формирование умения сотрудничать в коллективе и самостоятельно работать, понимание сущности проектной работы, которая, по сути, является показателем успешности будущих инженеров. Центр – стартовая площадка для одаренных и талантливых учащихся; тренинг для учащихся, который позволяет в дальнейшем выходить на конференции и конкурсы более высокого – краевого и Всероссийского уровня – и возвращаться оттуда призерами и победителями; возможность для учащихся представить небольшие по объему, но качественные разработки, конструкции, проекты.

Заключение. В результате работы над проектом был организован на базе БФ ПНИПУ политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум», он плодотворно работает и дает результаты. Повысилась успеваемость студентов по предмету «Физика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меерович М. Основы культуры мышления / Меерович М., Шрагина Л. // Школьные технологии. 1997, №5. С. 9-194.

2. Поливанова К.Н. Проектная деятельность школьников. М.: «Просвещение», 2011. 191 с.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования *URL*: http://минобрнауки.рф/документы/543/файл/749/приказ%20Об%20утверждении%201897.rtf

Поступила 18.03.2024

УДК 533.1

О.П. Калинин, Н.В. Кулагина

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ СКОРОСТИ ПОТОКА ВОЗДУХА

В данной статье рассматриваются аспекты конструирования лабораторного оборудования для визуальной демонстрации законов аэродинамики в политехническом исследовательском центре «Тэйнштейниум» и исследования зависимости статического давления от скорости потока воздуха.

В БФ ПНИПУ функционирует политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум», где учащиеся своими руками конструируют экспериментальные установки. В рамках работы исследовательского центра существует техническая возможность создания лабораторных установок, позволяющих наглядно наблюдать действие закона Бернулли с применением воздушных потоков и жидких веществ, исследовать зависимость статического давления от скорости воздушного потока, демонстрировать действие эффекта Магнуса.

Целью работы является конструирование лабораторного оборудования для политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум», на котором можно проводить исследования зависимости статического давления от скорости потока воздуха и демонстрировать действие других законов аэродинамики.

В физике движение жидкости называется течением, а совокупность частиц движущейся жидкости – потоком. Графически движение жидкостей изображается с помощью линий тока, которые проводятся так, что касательные к ним совпадают по направлению с вектором скорости жидкости в соответствующих точках пространства. Часть жидкости, ограниченную линиями тока, называют трубкой тока [1]. Произведение скорости течения несжимаемой жидкости на поперечное сечение трубки есть величина постоянная для данной трубки тока. Это соотношение называют уравнением неразрывности для несжимаемой жидкости. То есть при течении жидкости по горизонтальной трубе, имеющей различные сечения, скорость жидкости больше в местах сужения. Также известно, что закон Бернулли устанавливает зависимость между скоростью потока и его статическим давлением, согласно закону вдоль линии потока жидкости, если скорость течения уменьшается, то статическое давление увеличивается. В общем, при течении жидкости по горизонтальной трубе, имеющей различные сечения, скорость жидкости больше в местах сужения, а статическое давление больше в более широких местах, т.е. там, где скорость течения меньше [3].

Если в потоке жидкости или газа вращается твердое тело, то возникает поперечная сила, которая действует на это тело, это явление называется эффектом Магнуса [4]. Представляет интерес движение объекта несимметричной формы с более выпуклой верхней частью, например, крыло самолета в воздушном потоке. При обтекании такого объекта потоком воздуха возникает подъемная сила, перпендикулярная вектору скорости движения тела в потоке жидкости или газа, которая толкает объект вверх за счет разницы давлений в верхней и нижней части объекта. Несимметричная форма крыла, увеличивающая подъемную

силу, называется «Профиль Жуковского» [5-7].

Существует множество методов демонстрации зависимости между скоростью потока и его статическим давлением, одним из наиболее наглядных методов является демонстрация принципа действия «Трубки Вентури», «Эффекта Магнуса» и «Профиля Жуковского». В основе принципа действия трубки лежит эффект Вентури – явление уменьшения давления в потоке жидкости или газа, когда этот поток проходит через суженный участок трубы, что, в свою очередь, является прямым следствием закона Бернулли. Вдоль трубы устанавливается ряд манометров. В соответствии с уравнением Бернулли в манометрической трубке, прикрепленной к узкой части трубы Вентури, уровень жидкости ниже, чем в манометрических трубках, прикрепленных к широкой части трубы.

В основе принципа действия «Профиля Жуковского» и «Эффекта Магнуса» лежит явление уменьшения статического давления в потоке воздуха, движущегося с большей скоростью [1].

В процессе выполнения работы были сконструированы следующие лабораторные установки:

– трубка Вентури для визуальной демонстрации зависимости статического давления от скорости потока воздуха с использованием многорежимного фена;

– установка из двух подвесных шаров и двух подвесных пластин для визуальной демонстрации закона Бернулли;

– емкость переменного объема с входным отверстием переменной площади для демонстрации зависимости статического давления от скорости потока воздуха.

– наклонная плоскость с вращающимся цилиндром для демонстрации эффекта Магнуса;

– модель профиля Жуковского для демонстрации разности давлений в верхней и нижней части крыла самолета.

В процессе выполнения работы установлена зависимость статического давления от скорости воздушного потока с помощью трубки Вентури, с использованием многорежимного фена. С ростом скорости потока увеличивается разность уровней в двух коленах манометра. Чем больше диаметр сосуда, тем меньше скорость и больше статическое давление.

Исследование зависимости статического давления от скорости воздушного потока с помощью установки из двух подвесных шаров и двух подвесных пластин, с использованием многорежимного фена показало, что чем больше скорость потока воздуха, тем меньше статическое давление воздуха между подвесами, тем больше сила притяжения подвесов. Емкость переменного объема с входным отверстием переменной площади для демонстрации зависимости статического давления от скорости потока воздуха дала тот же результат. С ростом скорости воздушного потока давление во входном отверстии становится меньше, и большее количество воздуха устремляется в емкость.

Эксперименты на аэродинамическом профиле показали, что в верхней и нижней части крыла наблюдается разность давлений. В верхней части крыла давление меньше, чем в нижней [2]. В воздушном потоке бумажную полоску к нижней части крыла прижимает, а над верхней частью – поднимает. Значит, под крылом находится зона повышенного давления, а над крылом – зона разряжения. С увеличением угла атаки (угла, между направлением вектора скорости набегающего на тело потока жидкости или газа и хордой крыла), подъемная сила увеличивается.

В процессе выполнения работы установлено, что именно разность давлений на аэродинамическом профиле создает подъемную силу самолета. Под крылом находится зона повышенного давления, а над крылом – зона разряжения, поэтому крыло поднимается вверх. Исследование зависимости подъемной силы от установочного угла (угла атаки) и от скорости потока воздуха показали: чем больше угол наклона, тем больше подъемная сила. Также подъемная сила увеличивается с увеличением скорости потока воздуха.

Эксперименты с наклонной плоскостью и вращающимся цилиндром для

демонстрации эффекта Магнуса показали, что последний зависит от скорости вращения твердого тела [4]. Чем больше угол наклона плоскости, тем больше скорость вращения цилиндра, тем сильнее искажается траектория движения тела, тем больше поперечная сила, которая действует на это тело.

По результатам проведенной работы разработаны и функционируют лабораторные установки для демонстрации закона Бернулли и эффекта Магнуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аржаников Н.С., Садекова Г.С. Аэродинамика летательных аппаратов. Издательство 2021г. С. 488.
2. Васильев Б.А., Землянский Д.С. Сборник «Крылья Родины» / сост. В.В. Рыбалка, Л.М. Шилов. М.: ДОСААФ. 1983 г.
3. Савельев И.В. Курс общей физики, том 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. М.: Наука; 1970 г. С. 200-215.
4. Перельман Я.И. Занимательная физика. М.: Наука, 1965.
5. Закон Бернулли [Электронный ресурс]. *URL*: https://www.youtube.be/Qdr6pyQELz4?si=rELs8N35EPfiTmcd
6. Пять главных открытий «Отца русской авиации» Жуковского [Электронный ресурс]. *URL*: https://rg.ru/2014/03/16/zukovskiy-site.html.
7. Основы и особенности аэродинамики [Электронный ресурс]. *URL*: https://fb.ru/article/338151/aerodinamika-eto-osnovyi-i-osobennosti-aerodinamiki.

Поступила 18.03.2024

УДК 537.1

К.В. Куимов, Н.В. Кулагина

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СВЕТОДИОДОВ И ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ СВЕТЯЩЕЙСЯ ПИРАМИДЫ В ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ТЭЙНШТЕЙНИУМ»

В статье говорится об исследовании свойств светодиодов и изучении работы выпрямителя с помощью электронного осциллографа для конструирования светящейся пирамиды в политехнический исследовательский центр «Тэйнштейниум».

В политехническом исследовательском центре есть удивительный светящийся куб для демонстрации множественных изображений в зеркалах. В рамках работы исследовательского центра существует техническая возможность конструировать подобные устройства другой формы с более интересной конфигурацией зеркальных лабиринтов [2-3], питание которых осуществляется источником переменного тока.

Целью работы является исследование свойств светодиодов и изучение выпрямителя с помощью электронного осциллографа для конструирования светящейся разными цветами пирамиды, с применением светодиодной ленты и набора зеркал в форме треугольников. Питание пирамиды осуществляется источником переменного тока. Эта конструкция послужит пополнением коллекции установок для политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум» при БФ ПНИПУ.

Диод – полупроводниковый прибор, имеющий два вывода: положительный – анод и

отрицательный – катод. Основу выпрямительного диода составляет электронно-дырочный переход (*p-n*-переход). Если к аноду приложить положительное напряжение, а к катоду отрицательное, то диод будет пропускать ток – это называется прямым включением. Диод «открыт». При обратном включении ток практически равен нулю – это называется обратным включением: диод «закрыт».

Светодиод – это электронный полупроводниковый прибор с *p-n*-переходом, который начинает светиться при прохождении через него электрического тока. Обычный диапазон рабочих токов 5-20 мА, но выпускаются сверхяркие светодиоды с рабочим током 60-200 мА. Светодиод обязательно нужно подключить к батарее с соблюдением полярности и обязательно через токоограничивающий резистор. Падение напряжения на светодиодах, в зависимости от их типа и протекающего тока, от 1,5 до 4 В, следовательно, подключать светодиод надо к напряжению большему этой величины хотя бы на 0,3 В. Светодиоды могут отличаться по цвету, яркости, мощности, размеру. Светодиодные ленты – источник света, собранные на основе светодиодов [5]. Они расположены параллельными блоками по три последовательных светодиода. Светодиоды питаются постоянным током. При включении в сеть необходим адаптер, преобразующий сетевое переменное напряжение 220 В, в постоянное. В каждом таком адаптере находится несколько диодов, выполняющих функцию выпрямления тока. Выпрямители переменного тока строятся на полупроводниковых диодах (вентилях). Возможны схемы однополупериодного и двухполупериодного выпрямления.

Существует множество методов исследования свойств диодов и светодиодов. Одним из наиболее наглядных является изучение их работы с помощью электронного осциллографа, когда график зависимости, выходящего с диода сигнала, транслируется на экран осциллографа.

В процессе выполнения работы сконструирована и функционирует светящаяся разными цветами пирамида для демонстрации множественных изображений в зеркалах с эффектом «глубины» [3], питание которой осуществляется источником переменного тока. Немаловажным введением стала возможность подключить конструкцию к сети для оптимизации траты на подзарядку.

В процессе выполнения работы получены осциллограммы переменного тока, двухполупериодного выпрямления, осциллограмма однополупериодного выпрямления. Получена зависимость формы выпрямленного напряжения от емкости фильтра при постоянном сопротивлении нагрузки *R*, зависимость формы выпрямленного напряжения от сопротивления нагрузки *R* при постоянной емкости фильтра *C*, зависимость формы выпрямленного напряжения от сопротивления нагрузки *R* и от емкости фильтра *C*. Таким образом, коэффициент сглаживания пропорционален произведению емкости конденсаторов и сопротивления нагрузки. Коэффициент фильтрации зависит от произведения *RC*: чем больше произведение *RC*, тем больше сглаживание. Установлено, что гладкость работы выпрямителя напрямую зависит от произведения сопротивления нагрузки *R* и емкости конденсаторов *C*. Для конструкции лучше подойдет двухполупериодный выпрямитель, чем однополупериодный, так как ток на выходе при должной фильтрации пульсаций получается гораздо стабильнее. Батарейки садятся, аккумуляторы долго заряжать, поэтому для подключения установки в сеть использовался адаптер.

Эксперименты со светодиодами показали, что диоды пропускают ток только в одном направлении, поэтому они могут выполнять контрольно-пропускную функцию. Светодиоды работают аналогично диодам, поэтому подключаются похожим образом. При использовании светодиодов или диодов требуется обязательно соблюдать полярность [1].

Эксперимент также показал, что отсутствие свечения при низких напряжениях (до 1,5 В) связано с наличием потенциального барьера на границе *p*- и *n*- областей. При малых токах светодиод не светится. Начиная с некоторого значения, яркость светодиода становится прямо пропорциональной силе тока. Токи более 20 мА светодиоды не выдерживают и сгорают. Таким образом, оптимальный режим работы светодиода лежит в диапазоне от 1 до 20 мА. Значит, светодиод необходимо включать в цепь только через токоограничивающий

резистор.

По результатам проведенной работы сконструирована и функционирует светящаяся разными цветами пирамида для демонстрации множественных изображений в зеркалах, питание которой осуществляется источником переменного тока. Конструкция пополнила коллекцию установок политехнического исследовательского центра «Тэйнштейниум» при БФ ПНИПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахметьев А.А. Электронный конструктор «Знаток». Практические занятия по физике 8, 9, 10, 11 классы [Электронный ресурс]. *URL*: www.znatok.ru
2. Михеенко А.В. Геометрическая оптика. Хабаровск: Издательство Тихоокеанского государственного университета, 2018.
3. Многократное отражение. Мир знаний [Электронный ресурс]. *URL*: https://dzen.ru/a/Yyl85_SXfT0YA758
4. Многократное отражение света [Электронный ресурс]. *URL*: https://www.youtube.com/watch?v=MUOzHxbul2s
5. Что такое светодиодная лента и как ее использовать в интерьере [Электронный ресурс]. *URL*: https://dzen.ru/a/Yyl85_SXfT0YA758

Поступила 18.03.2024

УДК 721

А.А. Шерстобитов, М.В. Александров, С.Э. Шаклеина

МИНИМИЗАЦИЯ МАССЫ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ПРОДУКТАХ АПМ

В статье представлены примеры по топологической оптимизации в продуктах научно-технического центра «АПМ».

Топологическая оптимизация – достаточно важный процесс в проектировании изделий. Данная оптимизация позволяет сэкономить материал при изготовлении деталей и конструкций. Минимизация массы изделий особенно важна при серийном производстве, в авиапромышленности и других отраслях. В задачи топологической оптимизации входит поиск конструкции оптимальной жесткости. В среде *APM* решение задач по реализации топологической оптимизации основано на совмещении методов оптимизации и методов конечных элементов [1].

Сначала необходимо разработать прототип конструкции. У модели конструкции необходимо задать конструкцию опор, а также место приложения нагрузки. Далее задается пространство проектирования, каждому элементу которого ставится в соответствие проектная переменная, ее значение, равное 0, соответствует отсутствию материала, а 1 – полному заполнению материалом в данном конечном элементе, это и позволяет сформировать задачу оптимизации, а также учесть технологические ограничения.

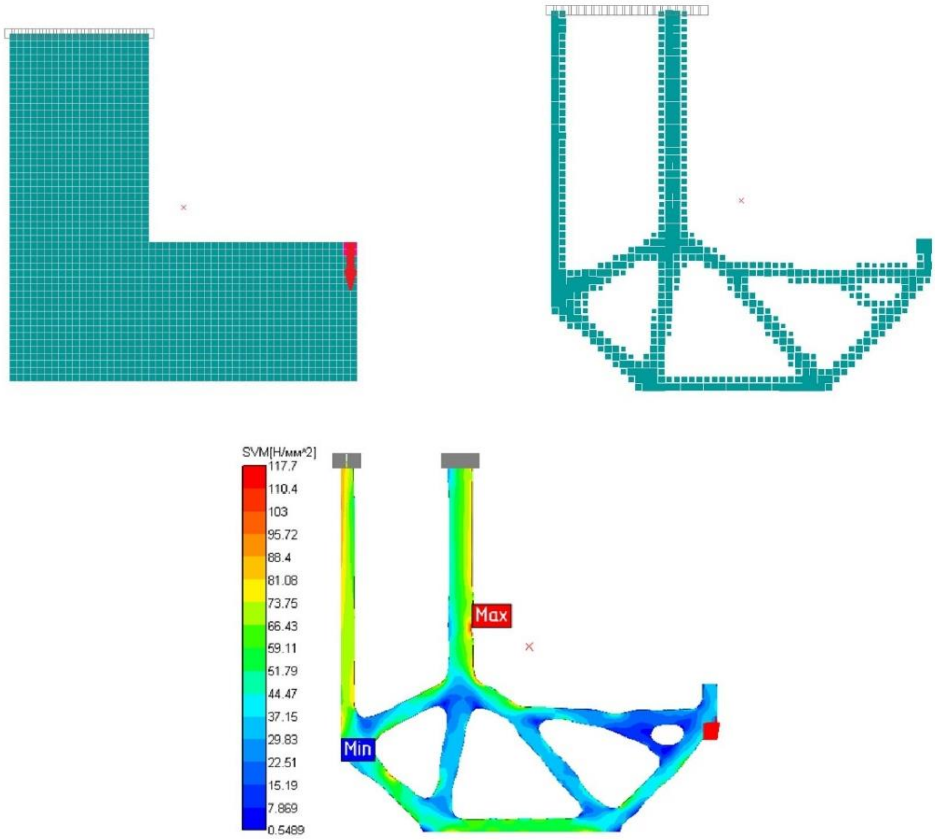


Рис. 1. Пример проектирования детали при помощи топологической оптимизации

Программа позволяет оставить только ту часть материала, которая позволяет обеспечить жесткость конструкции. В результате расчета на прочность карта напряжений показывает наиболее нагруженные участки модели. Затем пользователь может более точно перестроить модель, выбрать оптимальное расположение ребер жесткости и более экономичное распределение материала, а затем снова провести проверочный расчет на прочность. На модели создается новая сглаженная сетка конечных элементов и выполняется итоговый расчет.

Постобработка предназначена для возможности осуществления проверочного анализа и дальнейшей работы с моделью, полученной с помощью топологической оптимизации конструкции. В результате постобработки на месте пространства проектирования создается полностью новая, сглаженная поверхностная сетка, а также объемная тетраэдральная сетка.

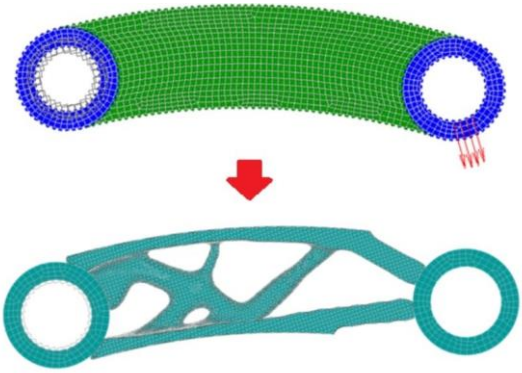


Рис. 2. Пример уменьшения массы детали при помощи топологической оптимизации

Таким образом, при топологической оптимизации можно получить деталь, которая обладая достаточной прочностью и жесткостью сэкономит достаточное количество материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топологическая оптимизация конструкций. *URL*: https://apm.ru/optimization?ysclid=ltwpb8anor644393969

Поступила 18.03.2024

УДК 624.014

А.С. Снигирева, С.Д. Колпаков

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В ПРОГРАММЕ APM STRUCTURE 3D С УЧЕТОМ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

В статье представлены результаты расчета на прочность и устойчивость металлоконструкций, опоры линии электропередач от ветровой нагрузки.

Металлоконструкции, находящиеся на открытых участках вне помещений, необходимо рассчитывать на прочность и устойчивость с учетом ветровой нагрузки.

Согласно [1], для зданий и сооружений необходимо учитывать следующие воздействия ветра:

а) основной тип ветровой нагрузки;

б) пиковые значения ветровой нагрузки, действующие на конструктивные элементы ограждения и элементы их крепления;

в) резонансное вихревое возбуждение;

г) аэродинамически неустойчивые колебания типа галопирования, дивергенции и флаттера.

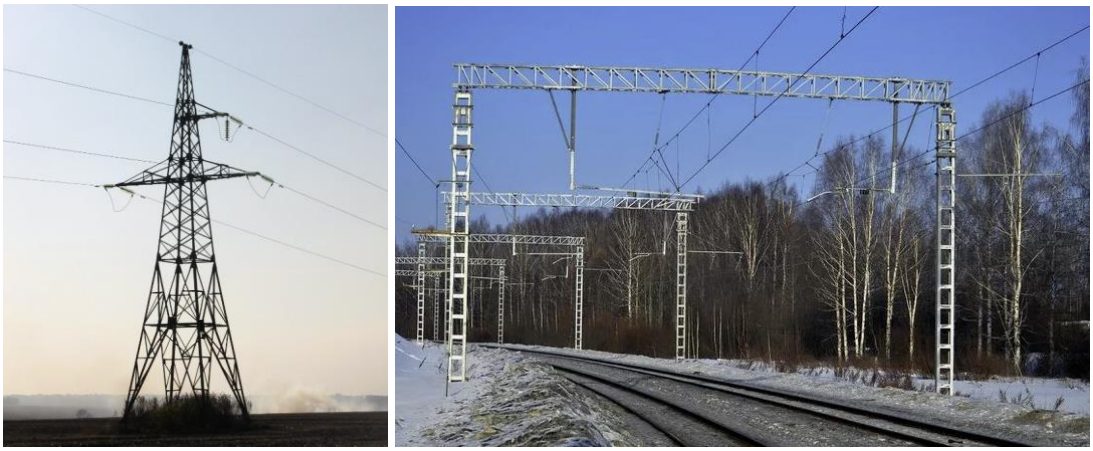


Рис. 1. Примеры опор линии электропередач, опор контактной сети

Рассмотрим примеры расчета металлоконструкций (рис. 1) с учетом ветровой нагрузки в программе *APM Structure 3D*. Такие конструкции, как опоры линий электропередач, мачты, рекламные сооружения очень удобно рассчитывать с применением программных продуктов. Можно определить, выдержит ли конструкция ветровую нагрузку,

требуется ли ее усиление, выбрать сечение стрежней, установить при необходимости дополнительные связи.

Нормативное значение ветрового давления принимается в зависимости от ветрового района, в нашем регионе – II район с нормативным давлением 0,3 кПа.

Далее в диалоговом окне по ветровой нагрузке необходимо выбрать тип местности:

А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С – городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

После того как на конструкцию приложены постоянные нагрузки задаем направление ветровой нагрузки по осям *X* и *Y* (рис. 2).

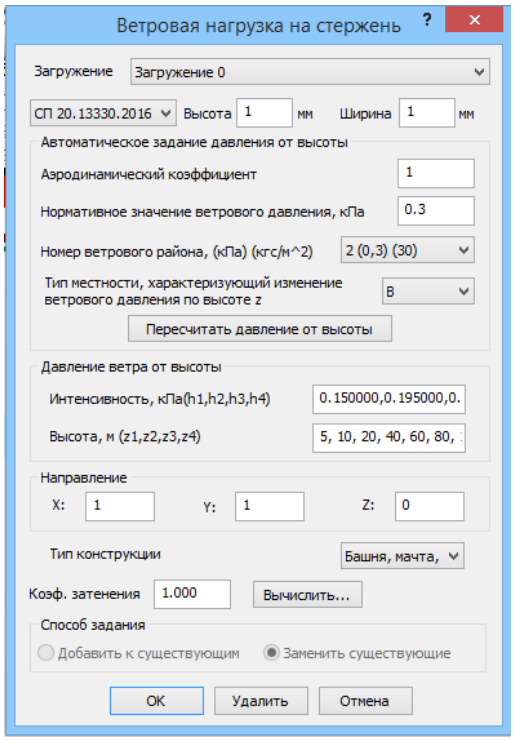


Рис. 2. Диалоговое окно по выбору параметров ветровой нагрузки

В качестве результатов расчета загружаем карту напряжений и перемещений, а также коэффициент запаса устойчивости [2].

По величине напряжений определяем опасные сечения и, при необходимости, усиливаем конструкцию. По карте перемещений можно определить максимальные прогиб и сравнить с допустимым значением для данной конструкции. Ведь конструкция может обладать достаточной прочностью, но не проходить по условиям жесткости и прогибам (рис. 3).

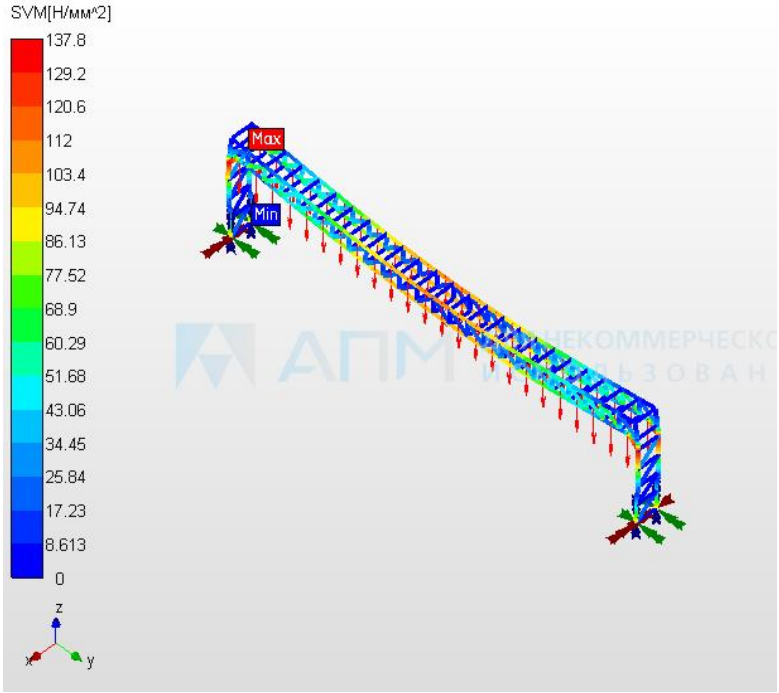


Рис. 3. Примеры расчета металлоконструкций в программе APM Structure 3D (карта напряжений)

Что касается устойчивости конструкции, то это важный вопрос еще и с точки зрения безопасности, так как во время сильной ветровой нагрузки возможно возникновение колебания в стержнях конструкции. Отсюда возникает опасность обрушения конструкций.

Программа позволяет посмотреть анимацию о возможных перемещениях в стержнях конструкции.

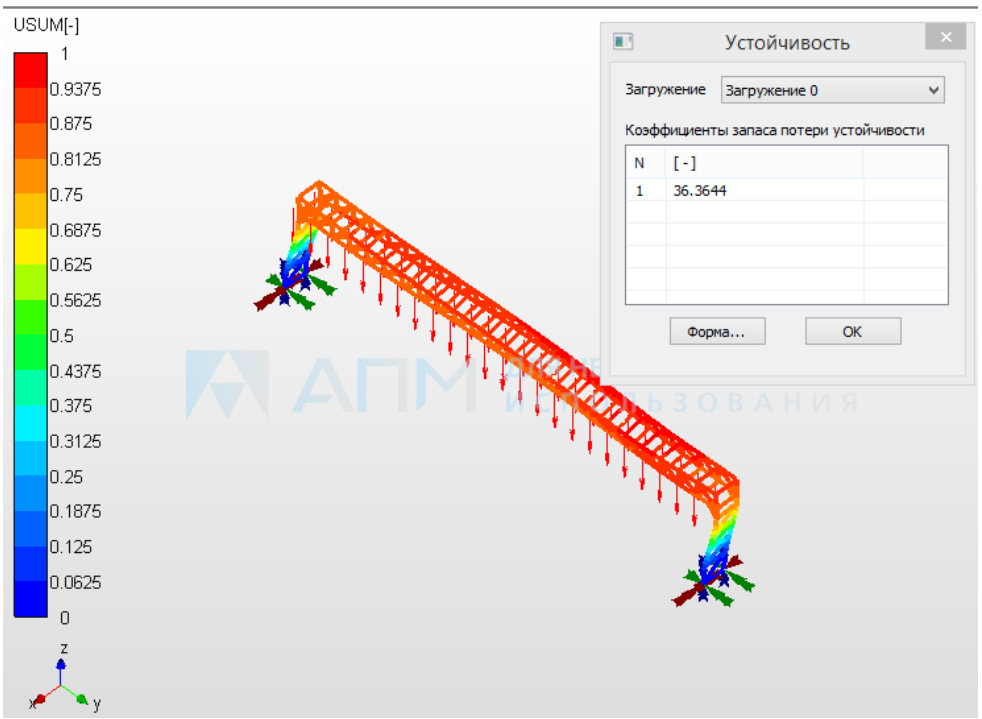


Рис. 4. Коэффициент запаса устойчивости конструкции

Расчет в программном продукте *APM Structure 3D* позволяет получить четкую картину о прочности и устойчивости конструкции, избежать ошибок и неточностей при ручном расчете, а также выбрать наиболее оптимальную конструкцию с точки зрения металлоемкости (рис. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия.
2. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во АПМ, 2005. 471 с.

Поступила 20.03.2024

УДК 629

М.Д. Царев

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ КРЭШ-ФУНКЦИИ РУЛЕВОЙ КОЛОНКИ АВТОМОБИЛЯ

В этой статье рассмотрены виды испытаний и требования к техническим характеристикам рулевых колонок. Представлено техническое решение по разработке стенда для испытаний крэш-функции рулевой колонки автомобиля.

В современном мире большое внимание уделяется росту и развитию автотранспортного комплекса, в особенности безопасности производимых и ввозимых транспортных средств. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «О транспортной стратегии Российской Федерации» транспортная система России является неотъемлемой составной частью производственной инфраструктуры, а ее развитие обеспечивает мощный стимул инновационного развития страны в целом.

Система рулевого управления является важной для автомобиля и жизненно важной для безопасности пассажиров. Одной из ключевых частей системы рулевого управления автомобиля является рулевая колонка. Ее функция в общем устройстве заключается в передаче крутящего момента от рулевого колеса на рулевой механизм. Кроме того, она служит для крепления различных элементов, таких как: замок зажигания, подрулевой переключатель указателей поворота, переключатели освещения и другие. К важным функциям также относят обеспечение комфорта, безопасности и противоугонных свойств.

Контроль безопасности рулевых колонок осуществляется правилами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций №12 (ЕЭК ООН №12), в разделе «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления».

Существуют следующие виды испытаний рулевых колонок согласно ЕЭК ООН №12:

1. Испытание транспортного средства на лобовой удар о недеформируемый барьер на скорости 48.3 км/ч со 100%-ным перекрытием. – Приложение 3.
2. Испытание рулевого управления на удар моделью туловища на скорости 24.1 км/ч. – Приложение 4.
3. Испытание рулевого управления ударом моделью головы на скорости 24.1 км/ч. – Приложение 5.

Во время испытания, согласно Приложению 3 ЕЭК ООН №12, рулевые колонки должны обладать следующими характеристиками – верхняя часть рулевой колонки и рулевого вала не должна перемещаться назад в горизонтальном направлении и параллельно продольной оси транспортного средства более чем на 127 мм и в вертикальном направлении вверх более чем на 127 мм, при этом оба размера рассматриваются по отношению к какой-либо точке транспортного средства, которая не переместилась в результате этого столкновения.

По требованиям Приложения 4 ЕЭК ООН №12, если рулевая колонка сталкивается с

моделью туловища, которая ударяется об эту колонку с относительной скоростью не менее 24,1 км/ч (15 миль/ч), то сила, с которой рулевая колонка воздействует на модель туловища, не должна превышать 1,111 даН.

Согласно Приложению 5 ЕЭК ООН №12, если рулевое колесо подвергается удару со стороны ударного элемента, который сталкивается с ним с относительной скоростью 24,1 км/ч, то в соответствии с требованиями, указанными в приложении 5, замедление ударного элемента в общей сложности не должно превышать 80 g в течение более чем 3 миллисекунды. Замедление должно всегда составлять менее 120 g для КЧХ 600 Гц.

По данным пункта 6.1.1 Протокола *EuroNCAP* при перемещении до 90 мм штрафные баллы по методике *EuroNCAP* не начисляются. За превышение перемещения 110 мм предусмотрен штраф в 1 балл. Между этими пределами штраф генерируется посредством линейной интерполяции.

Ограничения по перемещению:

1) 100 мм – вперед;
2) 80 мм – вверх;
3) 100 мм – в сторону.

Модификатор, используемый при оценке, основывается на наихудшем значении при движении вперед, вверх и вбок.

Задачей предлагаемого технического решения было создание компактного стенда для испытания крэш-функции рулевой колонки. Разработанная схема испытательного стенда представлена на рисунке.

Согласно разработанному проекту стенда, ударник (6) выполнен в виде стального прямого кругового цилиндра диаметром 180 мм и массой 30 кг. Разгонный модуль (1) является устройством, аккумулирующим энергию пружин при их сжатии и мгновенным ее освобождением в заданный момент для того, чтобы придать испытательному блоку необходимую скорость перемещения в направлении к объекту испытания. Разгонный модуль расположен с углом возвышения 2 градуса по отношению к горизонту. Это позволяет наносить удар в верхней точке траектории, параллельно горизонту.

Стенд имеет датчик силы (7), закрепленный через переходник (4) на рулевом валу испытываемой рулевой колонки. На другом конце датчика, в оси рулевого вала расположена полусфера (5) радиусом 38 мм. Данная полусфера воспринимает усилие ударника (6) и передает нагрузку на датчик силы (7) и испытываемый образец (2).

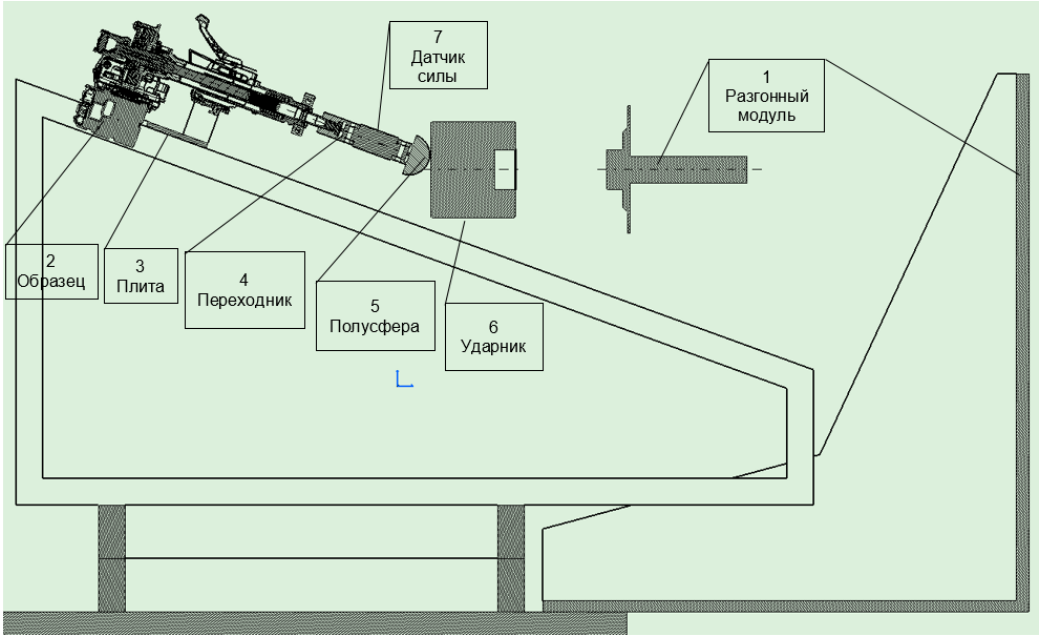


Рис. Испытательный стенд

Стенд оборудован качающимся датчиком перемещения. Датчик регистрирует перемещение рулевого вала в процессе испытания. Частота сбора данных 10 КГц.

Стенд оснащен высокоскоростной видеокамерой с частотой съемки 2100 кадров в секунду и лазерным измерителем скорости снаряда, расположенными на перпендикулярно плоскости бросания ударника, а также компьютерами, расположенными за пределами монтажной плиты, подключенными к видеокамере, датчикам и измерителю скорости ударника.

Для проведения испытания рулевой колонки выполняют соединение ударника и разгонного модуля. После этого осуществляют сжатие пружины на величину, обеспечивающую разгон ударника до скорости 22,9 ± 0,5 км/ч.

Применение данного стенда позволяет существенно снизить затраты на проверку функциональной работы крэш-функции рулевой колонки. При разработке новой конструкции рулевой колонки или модернизации существующей проверить корректность работы можно на разработанном стенде, а не проводить полномасштабный крэш-тест (*ARCAP* и *R*94), что существенно снижает затраты на валидационные и сертификационные испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хусаинов А.Ш. Пассивная безопасность автомобиля: учеб. пособие для студентов / А.Ш. Хусаинов, Ю.А. Кузьмин. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 89 с.
2. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления от 23.06.2011. Режим доступа: https://unece.org/. 52 с.
3. Euro-NCAP-Assessment-Protocol от 01.06.2008. Режим доступа: http://https://euroncap.com. 41 с.

Поступила 18.03.2024

УДК 004.94

М.Ю. Васенёв

АНАЛИЗ РЕСУРСА ГИДРОЗАМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЙБУЛЛА

Исследуется ресурс гидрозамков кран-манипуляторной установки (КМУ) лесозаготовительных машин с использованием распределения Вейбулла. Определяется номинальный ресурс, делаются соответствующие выводы.

Электронные компоненты КМУ, датчики, энкодеры (датчики угла поворота) могут быть протестированы с помощью *средств бортовой диагностики* (при наличии) или с помощью *средств внешней диагностики* [1].

Иногда бывает так, что КМУ не оснащена датчиком давления гидросистемы, или после выхода из строя данного компонента на его место не устанавливается новый. Ввиду этого бывает сложно определить причину той или иной неисправности. Например, в ряде случаев самопроизвольное движение (опускание) рабочих органов бывает вызвано неработоспособностью обратных управляемых клапанов (гидрозамки, рис. 1) и/или клапанов разности давлений (тормозные клапаны) [2].

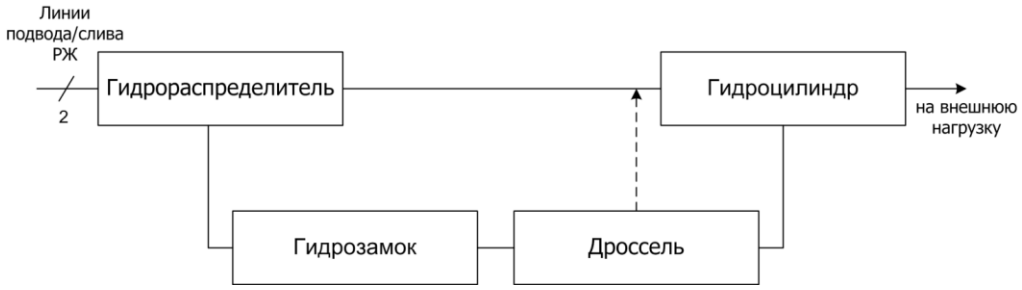


Рис. 1. Схема установки одностороннего гидрозамка с дросселем

В свою очередь, самопроизвольное движение рабочих органов может являться причиной непреднамеренных ударов манипулятора о грунт, ствол дерева или иное препятствие, что в определенных условиях приведет к повреждению КМУ, перевороту машины и другим происшествиям.

Таким образом, в данном случае удобно определять временной интервал, по окончании которого производится замена/техобслуживание составной части гидросистемы.

Для анализа надежности и определения периода времени, в течение которого отказывает определенный процент технических изделий, широко используется *распределение Вейбулла,* которое имеет следующую функцию плотности:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}},$$

где $f(t) \geq 0$, $t \geq \gamma$,

β – параметр формы (тангенс угла наклона линии регрессии), $\beta > 0$;

η – параметр масштаба, представляет собой момент времени, в который 63,2 % объектов отказало, $\eta > 0$;

γ – параметр положения, во многих случаях значение данной величины можно считать равным 0 [3].

Возвращаемся к ранее рассмотренному примеру. Предположим, что вероятность отказа должна ограничиваться величиной в 5%. Причем времена наработки на отказ некоторых однотипных гидрозамков, установленных на машинах, представлены в следующей таблице.

Исходные данные

N	1	2	3	4	5	6	7	8
*MTTF**	25950	32780	45300	30485	23200	41905	22000	33000
N	9	10	11	12	13	14	15	16
MTTF	40000	40000	29150	31580	27000	38710	25000	19050

** MTTF – средняя наработка до отказа*

Построим график плотности распределения (рис. 2).

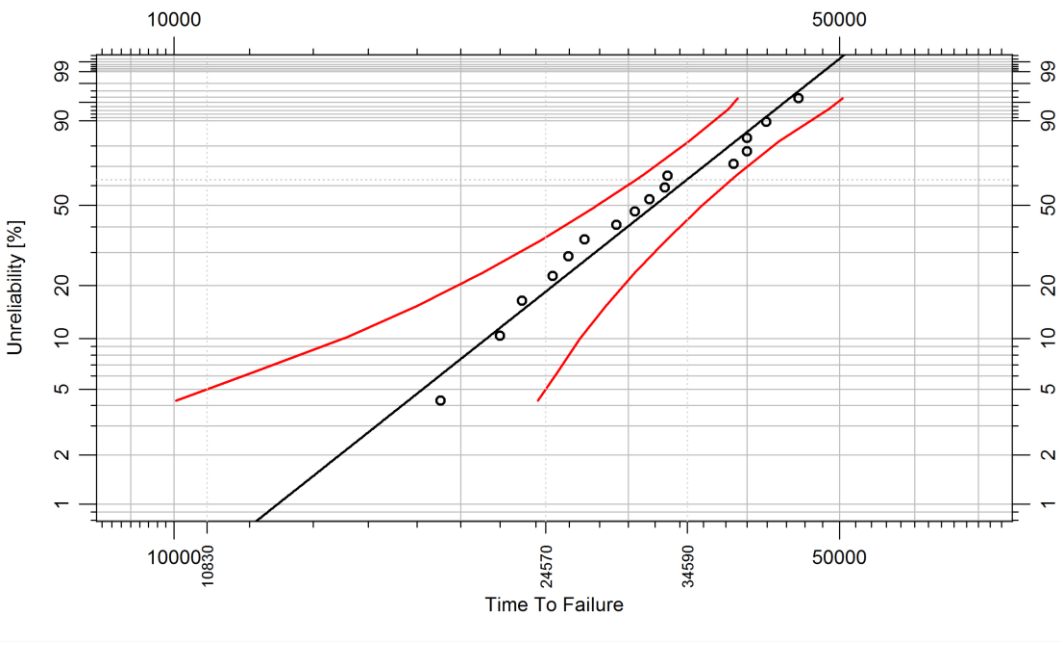


Рис. 2. График плотности распределения Вейбулла

Границы (на графике изображены красной линией) определены с использованием бета-распределения.

Например, *N*%-уровень можно вычислить по следующей формуле:

$$t_{i,p} = \eta * \left[\ln\left(\frac{1}{1 - f_{i(p)}} \right) \right]^{\frac{1}{\beta}},$$

где $f_{i(p)}$ – значение *p*-той квантили распределения.

Таким образом, номинальный ресурс исследуемых гидрозамков (см. рис. 2) составляет 34590 ч. Что же касается определенной выше допустимой вероятности отказа в 5%, то можно рекомендовать производить замену изделия после 10830 ч и 24570 ч работы (более и менее консервативная оценки соответственно).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Madzhov S. Diagnosis of Machines in the Forestry Systems. Journal of Environmental Science and Engineering*. 2019. В 8: *pp*. 103-107.

2. Гидрозамки. *URL*: https://exkavator.ru/articles/hydroequip/~id=5450 (дата обращения 01.03.2024).

3. ГОСТ Р 50779.27-2017 Распределение Вейбулла. Анализ данных. *URL*: https://gostassistent.ru/doc/dd354e03-fbc7-449e-b50f-bac686ab87d7 (дата обращения 01.03.2024).

Поступила 12.03.2024

РАЗДЕЛ IV.
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ, ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 547.0228

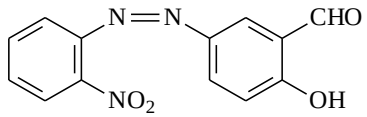
Э.К. Сидорович, М.А. Куликов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НАГРЕВА ОБРАЗЦА НА ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕНИЯ ИЗОМЕРНЫХ НИТРОФЕНИЛАЗОСАЛИЦИЛОВЫХ АЛЬДЕГИДОВ

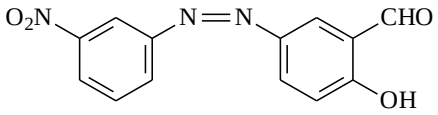
Проведена оценка влияния скорости нагрева образцов на значения температур плавления изомерных нитрофенилазосалициловых альдегидов. Установлен линейный характер зависимости $T_{пл} = f\,(W_{нагр})$ в интервале скоростей нагрева от 1 до 20 °С/мин.

Азопроизводные салицилового альдегида привлекают внимание ученых благодаря своим уникальным свойствам, среди которых наиболее интересным является их способность к комплексообразованию с ионами металлов. Полученные металлокомплексы позволяют разрабатывать новые магнитные материалы [1,2] и материалы для электродов различного назначения [3]. Для исследования данных соединений активно используются инструментальные методы и методы хемоинформатики.

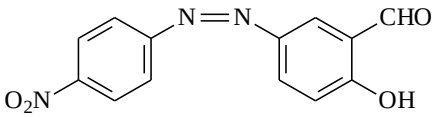
К основным характеристикам любого твердого органического вещества относится его температура плавления. Для достоверного ее определения необходимо правильно выбрать скорость нагрева образцов. В представленной работе выполнена оценка влияния скорости нагрева на значения температур плавления изомерных нитрофенилазосалициловых альдегидов (I), (II), (III).



I



II



III

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Изомерные нитрофенилазосалициловые альдегиды синтезированы азосочетанием соответствующих диазосоединений с салициловым альдегидом [4,5]. Определение температур плавления проводили на автоматическом приборе *Stuart SMP*40 в интервале скоростей нагрева от 1 до 20 °С/мин. Для каждой скорости нагрева проведены три параллельных определения, средние значения которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения температур плавления изомерных нитрофенилазосалициловых альдегидов

Скорость нагрева, °С/мин	Температура плавления, °С		
	Изомер (I)	Изомер (II)	Изомер (III)
1	154,3	169,5	190,7
3	155,0	170,0	192,1
5	155,6	170,4	192,9
10	157,0	170,9	195,5
15	157,8	171,6	197,8
20	159,3	172,4	199,4

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По полученным данным построим зависимости в координатах $T_{пл} = f\ (W_{нагр})$ (рис. 1). Из рисунка видно, что эти зависимости в рассматриваемом интервале скоростей нагрева являются линейными. О достоверности приводимых результатов можно судить по высоким коэффициентам аппроксимации (табл. 2). Для каждого изомера приводится кинетическое уравнение, позволяющее рассчитать его температуру плавления при любой скорости нагрева в рассматриваемом диапазоне.

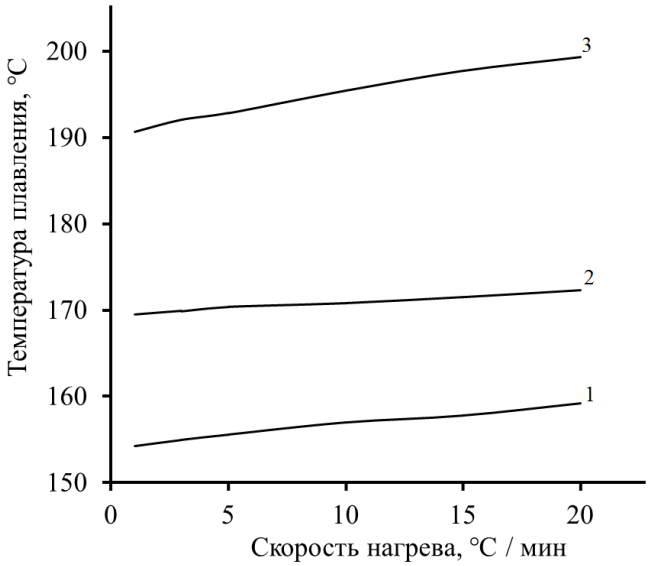


Рис. Зависимости в координатах $T_{пл} = f\ (W_{нагр})$:
1 – изомер (I); 2 – изомер (II); 3 – изомер (III)

Таблица 2

Кинетические параметры

Изомер	Кинетическое уравнение	Значение R^2
(I)	$T_{пл} = 0{,}2529 \cdot W_{нагр} + 154{,}22$	0,9914
(II)	$T_{пл} = 0{,}1434 \cdot W_{нагр} + 169{,}51$	0,9889
(III)	$T_{пл} = 0{,}4595 \cdot W_{нагр} + 190{,}60$	0,9917

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые магнитоактивные металлокомплексы тридентатных шиффовых оснований фенилазосалицилового альдегида / А.С. Бурлов [и др.] // Координационная химия. 2009. Т.35. №7. С. 495-500.

2. Металлокомплексы азометинов с *E*-*Z*-изомерными азофрагментами / А.Д. Гарновский [и др.] // Координационная химия. 2010. Т.36. №7. С. 483-493.

3. *Water-stable* [*Ni*(*salen*)]-*type electrode material based on phenylazosubstituted salicylic aldehyde imine ligand* / *A. Vereschagin* [*et al.*] // *New Journal of Chemistry*. 2017. *Vol*. 41. *P*. 13918-13928 (*DOI*: 10.1039/c7nj03526h).

4. Куликов М.А. 4-Нитрофенилазосалициловый альдегид. Синтез и некоторые свойства // Современные условия интеграционных процессов в науке и образовании: сборник статей Международной научно-практической конференции (25 мая 2022 г., г. Казань). В 2 ч. Ч. 2. Уфа: Аэтерна, 2022. С. 12.

5. Куликов М.А. Синтез и исследование свойств изомерных нитрофенилазосалициловых альдегидов // Естественные науки и медицина: теория и практика: сборник статей по материалам LVII международной научно-практической конференции (12 апреля 2023 г., г. Новосибирск). № 4(38). Новосибирск: СибАК, 2023. С. 49.

Поступила 06.02.2024

УДК 547.0228

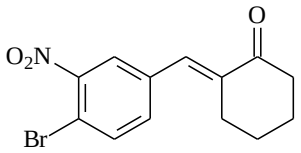
С.Г. Худяков, М.А. Куликов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НАГРЕВА ОБРАЗЦА НА ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕНИЯ ЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗИЛИДЕНЦИКЛОГЕКСАНОНОВ

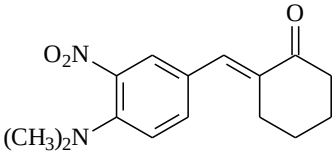
Проведена оценка влияния скорости нагрева образцов на значения температур плавления замещенных бензилиденциклогексанонов. Установлен линейный характер зависимости $T_{пл} = f\ (W_{нагр})$ в интервале скоростей нагрева 5-20 °С/мин.

Производные 2-бензилиденциклогексанона и 2,6-дибензилиденциклогексанона находят широкое применение в различных областях. Они обладают антиоксидантной активностью [1], используются при получении гетероциклов [2,3] и в органическом синтезе [4]. Поэтому исследования подобного рода структур относятся к актуальным и перспективным направлениям.

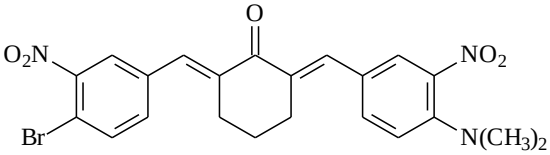
Одной из важных характеристик органических веществ является их температура плавления. Ее значение достаточно сильно зависит от условий определения и, в частности, от скорости нагрева образца. Исходя из этого, цель представленной работы заключается в оценке влияния скорости нагрева проб на значения температур плавления замещенных 2-бензилиденциклогексанона (I, II) и 2,6-дибензилиденциклогексанона (III).



I



II



III

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Рассматриваемые соединения были получены конденсацией замещенных бензальдегидов с циклогексаноном в водно-спиртовой среде в присутствии гидроксида натрия [5-7]. Для определения температур плавления использован автоматический прибор *Stuart SMP*40. Преимуществом данного прибора является возможность определения температуры плавления одновременно трех параллельных проб. Изучены следующие скорости нагрева: 5, 10, 15 и 20 °С/мин. Для каждой точки проведено три параллельных определения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования получены значения температур плавления соединений в виде средних значений (табл. 1).

Таблица 1

Значения температур плавления

Скорость нагрева, °С/мин	Температура плавления, °С		
	Соединение (I)	Соединение (II)	Соединение (III)
5	186,5	86,2	100,9
10	187,7	86,4	101,3
15	188,1	87,2	102,7
20	189,7	87,9	103,5

По данным (см. табл. 1) построены зависимости в координатах $T_{пл} = f\ (W_{нагр})$ (рисунок). Для всех рассматриваемых соединений данные зависимости в указанном

диапазоне скоростей нагрева носят линейный характер, а высокие коэффициенты аппроксимации свидетельствуют о достоверности результатов (табл. 2). Используя полученные кинетические уравнения можно рассчитать значения температур плавления при любой скорости нагрева из рассмотренного диапазона.

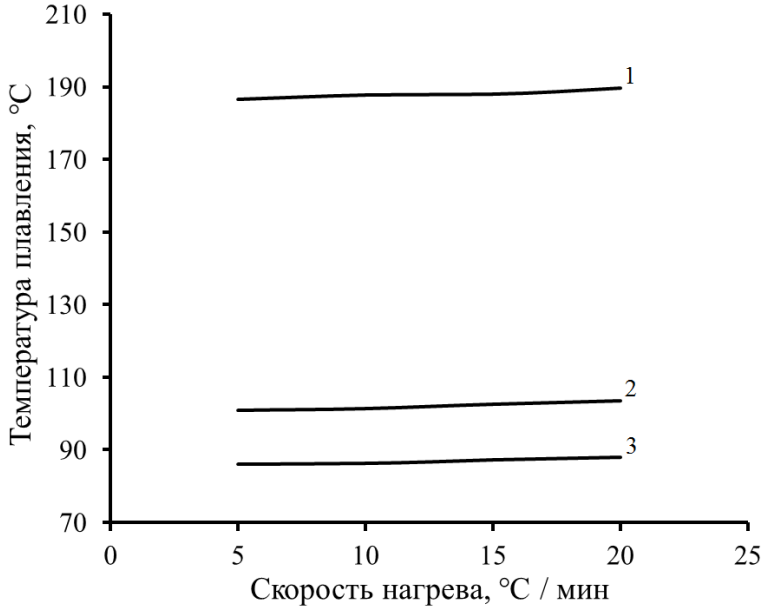


Рис. Зависимости в координатах $T_{пл} = f\ (W_{нагр})$:
1 – соединение (I); 2 – соединение (III); 3 – соединение (II)

Таблица 2

Кинетические параметры

Соединение	Кинетическое уравнение	Значение R^2
(I)	$T_{пл} = 0{,}2 \cdot W_{нагр} + 185{,}5$	0,9542
(II)	$T_{пл} = 0{,}118 \cdot W_{нагр} + 85{,}45$	0,9524
(III)	$T_{пл} = 0{,}184 \cdot W_{нагр} + 99{,}8$	0,9618

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Nitric oxide inhibitory activity and antioxidant evaluations of 2-benzoyl-6-benzylidenecyclohexanone analogs, a novel series of curcuminoid and diarylpentanoid derivatives* / *S.W. Leong* [*et al*.] // *Bioorganic* & *Medicinal Chemistry Letters*. 2015. *Vol*. 25. *P*. 3330-3337.

2. Кросс-сопряженные диеноновые производные циклогексана в реакциях с малонодинитрилом. Синтез замещенных гидрохинолин (гидрохромен) карбонитрилов / Н.О. Василькова [и др.] // Журнал органической химии. 2019. Т. 55. № 7. С. 1098-1102.

3. Получение 3,7-дизамещенных гексагидро- и тетрагидро-2Н-индазолов из кросс-сопряженных диенонов / В.Н. Нуриев [и др.] // Журнал органической химии. 2016. Т. 52. Вып. 3. С. 409-416.

4. Химия кросс-сопряженных диенонов / С.З. Вацадзе [и др.] // Успехи химии. 2008. Т. 77. №8. С. 707-727.

5. Куликов М.А., Худяков С.Г. 2-(4-Бром-3-нитробензилиден)-6-[4-(диметиламино)-3-нитробензилиден]-циклогексанон // Вестник технологического университета. 2023. Т. 26. №2. С. 5-8 (*DOI* 10.55421/1998-7072_2023_26_2_5).

6. Куликов М.А., Худяков С.Г. Синтез и изучение свойств замещенного 2-бензилиденциклогексанона // Естественные науки и медицина: теория и практика: сборник статей по материалам LII международной научно-практической конференции (14 ноября 2022 г., г. Новосибирск). № 11(33). Новосибирск: СибАК, 2022. С. 40.

7. Куликов М.А., Тихонов В.А., Зелогонова Л.В. Конденсация 4-диметиламино-3-

нитробензальдегида с циклогексаноном в условиях щелочного катализа // *The scientific heritage*. 2021. №62. *Vol*. 1. *P*. 57-60 (*DOI*: 10.24412/9215-0365-2021-62-1-57-60).

Поступила 06.02.2024

УДК 66.02

А.А. Новикова, И.В. Крепышева

ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ

В статье изложены современные представления о строении, свойствах, синтезе и химических превращениях полимеров, приведены сведения о важнейших природных и синтетических полимерах. Статья содержит все основные разделы химии высокомолекулярных соединений, включая сведения о последних достижениях в этих областях. Широкий охват материала наряду с фундаментальностью, доступностью и иллюстративностью изложения позволит сформировать полную картину о физической и химической особенностях полимерного состояния вещества.

Некоторые из актуальных исследований в химии полимеров включают разработку новых методов синтеза полимеров, улучшение их свойств и исследование их поведения в различных условиях. Например, ученые работают над созданием полимерных материалов с повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию внешних факторов, таких как ультрафиолетовое излучение и химические реагенты. Они также исследуют влияние различных добавок на свойства полимеров, таких как термостойкость, вязкость и электрическая проводимость.

Что же такое полимеры? Полимеры – это высокомолекулярные вещества, состоящие из больших молекул периодического строения (от греч. «поли» – много, «мерос» – часть).

Химия полимеров играет важную роль в разработке новых материалов для медицины. Например, полимерные материалы используются в создании биоразлагаемых швов и имплантатов, а также в системах доставки лекарств. Эти материалы должны быть биологически совместимыми и обладать определенной структурой и свойствами, чтобы обеспечить эффективное лечение и минимизировать побочные эффекты.

Целью данной исследовательской работы является рассмотрение основных аспектов химии полимеров, их свойств, применений и перспектив развития.

Для достижения цели исследования были использованы методы анализа научной литературы, сравнительного анализа результатов исследований, а также методы синтеза и характеристики полимеров.

Полимеры имеют широкий спектр применений благодаря их разнообразным свойствам. Они могут быть твердыми, гибкими, прозрачными, прочными, эластичными и т. д. Кроме того, они также обладают химической стойкостью, устойчивостью к высоким температурам, электрической и тепловой изоляцией.

Полимеры широко используются в промышленности, медицине, упаковке, строительстве, электронике, транспорте и многих других отраслях. Важно отметить, что различные свойства полимеров могут быть изменены путем изменения химической структуры или введения различных добавок.

Таким образом, полимеры являются важными материалами, которые широко применяются в нашей повседневной жизни и имеют значительное влияние на различные отрасли промышленности и технологии.

Аморфная структура полимеров образуется при быстром охлаждении или при осязаемых количествах растворителей. В этом случае молекулы полимера организуются в беспорядочном порядке, что придает этим материалам гибкость, прозрачность и

эластичность. Аморфная фаза в полимерах может привести к более низким механическим свойствам по сравнению с кристаллической фазой.

Кристаллическая и аморфная структуры полимеров имеют важное влияние на их свойства. Например, полимеры с большой долей кристаллической структуры обычно обладают высокой прочностью и жесткостью, но могут быть хрупкими и сложными в обработке. С другой стороны, полимеры с большей долей аморфной структуры обычно обладают более высокой пластичностью, но могут быть менее прочными.

Изменение структуры полимеров может быть достигнуто различными способами, такими как изменение скорости охлаждения, применение добавок или химических реакций. Это позволяет создавать полимеры с определенными свойствами, которые идеально подходят для конкретных приложений и требований.

Кристаллическая структура образуется при долгом охлаждении плавленого полимера, когда молекулы полимера укладываются в регулярные кристаллические решетки. Такая структура полимеров обладает характерными свойствами, такими как прочность, жесткость и твердость. Кристаллическая фаза в полимерах может быть хорошо организованной, что приводит к высоким механическим свойствам, или несколько меньше организованной, что приводит к более низким свойствам.

Аморфная структура полимеров обладает высокой эластичностью, это означает, что они могут подвергаться деформации без разрушения и затем возвращаться в исходное состояние. Это свойство делает полимеры подходящими для использования в пружинах, уплотнителях и других приложениях, где требуется гибкость и упругость. [1,2].

Прозрачность аморфных полимеров обусловлена отсутствием регулярных кристаллических структур, которые могут вызывать отражение и рассеивание света. Это свойство делает полимеры идеальными для прозрачных упаковочных материалов, оконных стекол и других прозрачных изделий.

Однако аморфная структура полимеров также имеет свои недостатки. Например, недостаток упаковки молекул в аморфных полимерах ведет к наличию свободных объемов, которые могут снизить их механические свойства, такие как прочность и твердость. Кроме того, аморфная фаза полимеров может быть более чувствительной к воздействию окружающей среды, такой как влага или химические вещества, что может привести к деградации материала.

Прозрачность полимеров определяет их способность пропускать свет без значительного поглощения или рассеивания. Это делает их подходящими для использования в окнах, линзах, оптических волокнах и других приложениях, где требуется пропускание света.

Оптическая преломляемость полимеров описывает их способность изменять направление световых лучей при прохождении через них. Это свойство используется в оптических линзах, линзах для очков, светофильтрах и других оптических устройствах.

Важно отметить, что оптические характеристики полимеров могут быть изменены добавлением наполнителей, пигментов или других добавок. Это позволяет получать полимеры с различными оптическими свойствами, такими как цветность или прозрачность с повышенной устойчивостью к ультрафиолетовому излучению.

Прозрачность – это способность материала пропускать свет без значительного поглощения или рассеивания. В отличие от металлов и керамики, которые обычно обладают непрозрачной структурой, полимеры могут быть прозрачными благодаря своей аморфной структуре. Это означает, что молекулы полимеров не имеют жесткой кристаллической решетки, которая может рассеивать световые лучи. Вместо этого, они находятся в более хаотичном состоянии, что позволяет свету проходить через них без значительных потерь.

Существует несколько методов получения полимеров, включая полимеризацию, сополимеризацию, поликонденсацию, полиаддицию и реакцию сопряжения.

Природные полимеры формируются в клетках живых организмов в процессе

биосинтеза. Они могут быть извлечены из растительного или животного сырья. Однако большое количество полимеров получаются синтетическим путем из простых соединений, происходящих в природе. Это достигается через реакции полимеризации, поликонденсации и другие химические превращения. Гетероцепные полимеры, с другой стороны, получаются путем полимеризации и поликонденсации мономеров, содержащих кратные связи углерода с другим элементом (например, C = O, C = N, N = C = O) или непрочные гетероциклические группы [3, 4].

Схема реакций полимеризации и поликонденсации приведена на рисунке.

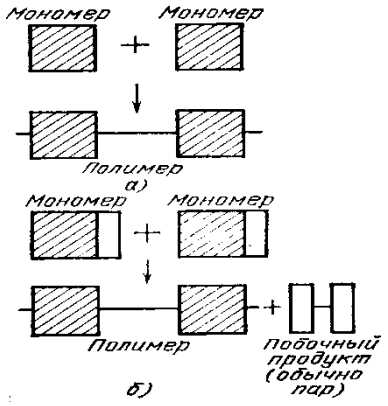


Рис. Реакции образования полимеров:
а) – полимеризация, б) – поликонденсация

Полимеры используются в строительстве для создания прочных и легких материалов, таких как пластики в окнах, дверях, трубах и других конструкциях. Они также являются важными материалами в автомобильной промышленности, где используются для создания легких и прочных деталей, таких как кузова и интерьер.

В упаковке полимеры широко применяются для создания пластиковых бутылок, пакетов, контейнеров и других изделий, которые обеспечивают защиту и сохранность товаров. Медицинские изделия, такие как перчатки, шприцы и протезы, также изготавливаются из полимеров из-за их устойчивости к стерилизации и химическим веществам.

В электронике полимеры используются для создания изоляционных материалов, смол для схем, пленок для дисплеев и многого другого. Они обеспечивают электрическую изоляцию и защиту от различных внешних воздействий.

Помимо этого, полимеры также находят применение в текстильной промышленности, где они используются для создания прочных и легких волокон, таких как полиэстер и нейлон. Они также используются в спортивном оборудовании, игрушках, мебели, специальных покрытиях и многих других областях.

Важно отметить, что использование полимеров имеет свои экологические последствия. Пластиковые отходы становятся проблемой для окружающей среды, особенно в виде микропластика, который может попадать в водные системы и влиять на животный и растительный мир. В связи с этим природоохранные организации по всему миру работают над разработкой экологически более устойчивых альтернатив полимерам и схемами их утилизации и переработки.

Тем не менее, применение полимеров продолжает играть важную роль в различных областях человеческой деятельности, и их улучшение и развитие продолжается с каждым днем, открывая новые возможности для инноваций и устойчивого развития.

Общие перспективы развития полимеров:

1. Улучшение механических свойств: разработка более прочных и легких материалов позволит создать более эффективные и энергосберегающие изделия в авиационной и космической промышленности.

2. Биоразлагаемость: разработка полимеров, способных безопасно разлагаться в природе, поможет снизить проблему загрязнения пластиковыми отходами и повысить устойчивость окружающей среды.

3. Медицинская применяемость: разработка биосовместимых полимерных материалов позволит создать новые методы лечения и имплантатов, улучшающих качество жизни пациентов.

4. Уникальные свойства: использование полимеров с уникальными свойствами, такими как проводимость электричества или тепла, откроет новые возможности в области электроники и энергетики.

5. Применение в разных отраслях: полимеры широко применяются в производстве упаковки, текстильной промышленности, электронике и прочих сферах, их дальнейшее усовершенствование может привнести новые технологии и продукты в эти отрасли.

В целом, развитие полимеров сфокусировано на улучшении их свойств, биоразлагаемости, медицинской применимости и разработке новых инновационных материалов. Эти и другие перспективы развития полимеров играют важную роль в построении устойчивого современного общества.

Химия полимеров в настоящее время играет важную роль в различных отраслях науки и технологии. Полимеры – это макромолекулы, состоящие из повторяющихся структурных единиц органического или неорганического происхождения. Изучение и развитие химии полимеров позволяет создавать материалы с широким спектром свойств и применений.

Одной из главных перспектив развития полимеров является поиск экологически безопасных материалов. Сегодня многие полимерные материалы являются неразлагаемыми и могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Исследования в области химии полимеров направлены на создание биоразлагаемых полимеров, которые могут быть использованы в различных областях, включая упаковку, медицину и сельское хозяйство.

Другим направлением развития является создание полимеров со «смарт» или интеллектуальными свойствами. Это означает, что полимеры могут реагировать на изменения в окружающей среде и изменять свои свойства в ответ. Например, полимеры могут менять свою прочность или гибкость при изменении температуры или pH-уровня. Эти свойства могут быть использованы в различных областях, таких как электроника, автомобильная промышленность и медицина [5].

Также нанотехнологии играют все большую роль в развитии полимеров. Наноматериалы – это материалы с размерами в диапазоне от 1 до 100 нанометров, которые обладают уникальными свойствами, отличными от свойств больших масштабов того же материала. Использование нанотехнологий позволяет создавать полимеры с улучшенными свойствами, такими как прочность, устойчивость к царапинам, тепло- и электропроводность. Это открывает возможности в области создания новых материалов и усовершенствования существующих.

В целом, изучение и развитие химии полимеров является важным направлением в современной науке и технологии. Это позволяет создавать новые материалы с улучшенными свойствами и применениями, а также разрабатывать экологически безопасные и инновационные решения для различных отраслей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энциклопедии полимеров, т. 1 – 3, гл. ред. В.А. Каргин. М., 1972 – 77.

2. Аверко-Антонович Ю.И., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров: учеб. пособие. Казань, КГТУ. 2002. 604 с.

3. Ван Кревелен Д. Свойства и химическое строение полимеров. М.: Химия, 1976.

4. Практическое руководство по синтезу и исследованию свойств полимеров. ФРГ, 1971. Пер. с нем. Под ред. докт. хим. наук В.П. Зубова. М.: «Химия», 1976.
5. Куленцан, А.Л. Анализ основных видов продукции химического производства / А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2019. №11. С. 156-160.

Поступила 27.02.2024

УДК 613.84

А.Ю. Батуева

НАСКОЛЬКО ВРЕДЕН ВЕЙП, АЙКОС, КАЛЬЯН

В статье обсуждаются современные способы доставки никотина в организм, уровень и характер вреда, связанного с курением, факторы, способствующие распространению и поддержанию курительной привычки, а также польза от прекращения курения, эффективность мер по борьбе с курением, эффективность стратегий снижения вреда, связанного с постоянным употреблением табака или никотина в различных формах.

Курение табака остается одной из главных предотвратимых причин плохого здоровья и преждевременной смертности в мире. Потенциал зависимости от табака выше, чем у героина и кокаина [1], никотин, входящий в состав табака, является наркотическим веществом. Никотин обеспечивает наркотический эффект табака при его курении, жевании или вдыхании, а также применяется в сельском хозяйстве в качестве контактного яда. Это один из самых токсичных алкалоидов: несколько капель при попадании в организм могут привести к смерти [2].

Актуальность

На сегодняшний день зависимый от никотина человек тратит около 60 тысяч рублей в год на табачные изделия, что составляет примерно полторы средние месячные зарплаты. Курящий человек, вкладывая свои деньги, отравляет себя ядом.

Цели, задачи и методы решения научной задачи

Основная цель исследования заключается в определении безопасности альтернативных средств употребления никотина.

Для этого необходимо:

– проанализировать современные способы доставки никотина в организм;

– рассмотреть различные исследования и эксперименты на эту тему.

Электронные сигареты

Электронные сигареты представляют собой аккумуляторные устройства, которые испаряют жидкость на основе пропиленгликоля, глицерина, ароматизаторов и загустителей, возможно с добавлением никотина. В российских магазинах представлены различные модели вейпов, включая одноразовые и многоразовые устройства с USB, которые могут быть заправлены жидкостью или сменными картриджами. Независимо от конструкции, все вейпы содержат нагревательный элемент, который испаряет жидкость в нагревательной камере (рис. 1).

Использование вейпов не сопровождается выделением вредных продуктов горения табака, что приводит многих к мнению о их более низкой опасности по сравнению с

сигаретами и табачными нагревателями. Однако существует множество исследований о вреде электронных сигарет. Например, исследование [3] показало, что пар электронных сигарет, с никотином или без него, является токсичным и может наносить ущерб ДНК.

Другое исследование [4], опубликованное американским химическим обществом, выявило, что пар вейпа содержит 31 отравляющее вещество, включая никотин, ацетальдегид, пропанал, ацетон и бензол. На горячей спирали вейпа происходит термическое разложение веществ, что приводит к образованию акролеина и формальдегида. Акролеин [5] является ядом, используемым в химическом оружии, а формальдегид является канцерогеном, способным вызывать рак.

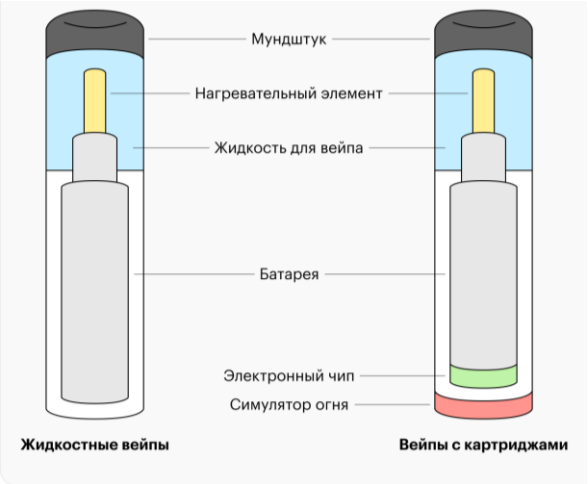


Рис. 1. Как устроены жидкостные вейпы и вейпы с картриджами

Группа российских ученых провела эксперимент [6] на крысах, и результаты показали, что даже пар электронных сигарет без никотина оказывает разрушительное влияние на легкие крыс. Судя по данным 78 исследований [7] с участием более чем 22 000 взрослых, никотиновые электронные сигареты могут действительно помочь в отказе от курения, как минимум, на полгода.

Айкос – система нагревания табака

Айкос представляет собой систему нагревания табака, которая, как и другие аналогичные устройства, позиционируется как менее вредная замена сигаретам (рис. 2).

Рис. 2. Как устроен айкос

Основной аргумент, используемый маркетологами, заключается в том, что табак не горит, а нагревается до 350 °C. Технология устройства обеспечивает образование аэрозоля, а не дыма, который поступает в легкие. Однако исследование айкоса, проведенное учеными Швейцарского университета [8], выявило в спектральном анализе газа, выходящего из айкоса, типичные продукты горения, пиролиз и термогенное разложение. Поэтому правильнее называть этот газ дымом. Исследователи из университета Саудовской Аравии [9] обнаружили в дыме айкоса ядовитые вещества, которых даже нет в сигаретах, 62 из которых являются сильнейшими канцерогенами.

На данный момент не существует научных исследований, подтверждающих, помогает ли использование нагревателей бросить курить.

Кальян

Кальян – это устройство, которое создает дым, возникающий при взаимодействии табачной смеси с раскаленным кокосовым углем (рис. 3).

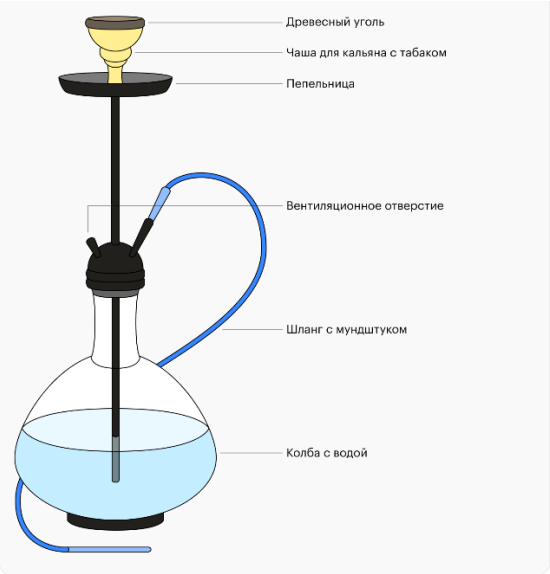


Рис. 3. Как устроен кальян

Пользователь вдыхает воздух через шланг, подсоединенный к колбе, где угли сгорают и нагревают табачную смесь. Табак и угли тлеют, образуя дым, который проходит через шахту, проходит через жидкость в колбе и попадает в легкие [10].

По результатам опроса [11], некоторые считают, что жидкость в колбе, через которую проходит дым, действует как фильтр для продуктов сгорания табака, и табак для кальяна содержит меньше никотина, что делает его менее зависимым.

На самом деле функция жидкости в колбе кальяна заключается в охлаждении и немного смягчении вкуса табачного дыма. Несмотря на заявления некоторых производителей, жидкость вовсе не очищает табачный дым от сгоревших продуктов. Учитывая, что сеанс курения кальяна может продолжаться до 80 минут и включает в себя 50-200 затяжек, вред от него сопоставим с курением более 100 сигарет. Поэтому люди, курящие кальян хотя бы один раз в день, подвергают свое здоровье тем же рискам, что и курильщики сигарет [12].

Кроме того, при сгорании кокосового угля выделяется большее количество угарного газа, чем при сгорании сигаретного табака. Поэтому курение кальяна, особенно в плохо проветриваемых помещениях, является одной из причин отравления угарным газом, что может вызвать тошноту, рвоту, головную боль и слабость.

Исследований, подтверждающих, что переход на кальян помогает бросить курить

обычные сигареты, пока не существует. Полная замена сигарет кальяном не приносит пользы здоровью.

Результаты

В результате курения происходит сосудистый спазм во всем организме, что заставляет сердце работать более интенсивно. Постепенно сосуды изнашиваются, появляются трещины, и организм образует «бляшки» для их закрытия, которые могут привести к атеросклерозу. У курильщиков часто встречаются онкологические заболевания слизистых, которые прямо контактируют с табачным дымом: рта, языка, гортани. Каждый год от рака легких в России умирает около 28 000 человек. В стране рак легких занимает первое место среди всех онкологических заболеваний, и 90% больных раком легких являются курильщиками [13].

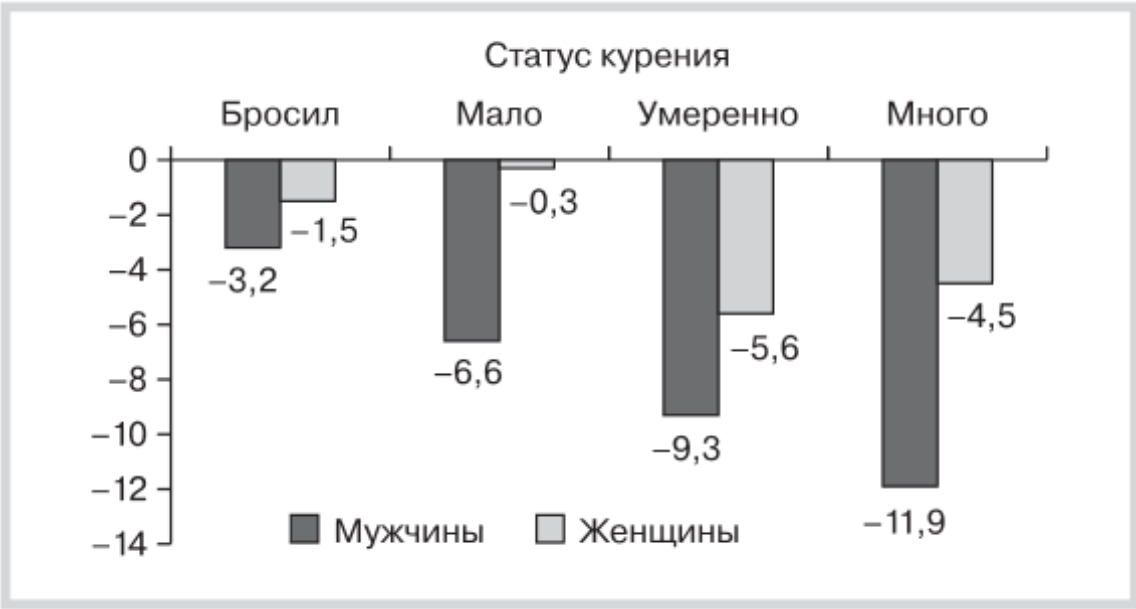


Рис. 4. Уменьшение продолжительности жизни в зависимости от статуса курения

Заключение

В 1980-х годах, чтобы убедить людей в безопасности курения, были представлены «легкие сигареты», а в современные дни предлагается переход на электронные устройства, представляемые как альтернатива, в то время как по сути это также несет риски здоровью, но при этом приносит прибыль тем, кто их продает.

Для никотинсодержащей продукции существуют четкие требования к составу веществ, а для электронных сигарет такие требования отсутствуют. Альтернативные способы употребления никотина и табака являются малоизученными, но уже сейчас существуют данные, что вейпы и айкосы не менее опасны, чем обычные сигареты, и могут приводить к развитию рака дыхательных путей (рис. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стивен М. Стал. Основы психофармакологии. М., 2020. 602 с.
2. Биологический энциклопедический словарь. Изд. 2, статья «Никотин». М., 1986.
3. *Vicky Yu, Mehran Rahimy, Avinaash Korrapati, Yinan Xuan, Angela E. Zou, et al. Electronic cigarettes induce DNA strand breaks and cell death independently of nicotine in cell lines* // *Elsevier*. *Oral Oncology*. 2016. *Vol*. 52. *PP*. 58-65.
4. *Mohamad Sleiman, Jennifer M. Logue, V. NahuelMontesinos, et al. Emissions from*

Electronic Cigarettes: Key Parameters Affecting the Release of Harmful Chemicals // *American Chemical Society. Environmental Science* & *Technology*. 2016.

5. Большая Советская энциклопедия. Статья «Акролеин». М, 1926. Изд. 1, том 2, стр. 22.

6. Исследование вейпинга на крысах, проведенное в Крымском федеральном университете [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cfuv.ru/news/uchenye-kfu-proverili-vejjping-na-krysakh

7. *Lindson N, Butler AR, McRobbie H, Bullen C, et al. Can electronic cigarettes help people stop smoking, and do they have any unwanted effects when used for this purpose*? // *Cochrane* – 2024.

8. *Reto Auer, MD, MAS*1,2; *Nicolas Concha-Lozano, PhD*3; *Isabelle Jacot-Sadowski, MD2; et al. Heat-Not-Burn Tobacco Cigarettes Smoke by Any Other Name*. // *JAMA Intern Med*. 2017.

9. *Bogdan Dragos Ilies, Shamjad P. Moosakutty, Najeh M. Kharbatia, S. Mani Sarathy. Identification of volatile constituents released from IQOS heat-not-burn tobacco HeatSticks using a direct sampling method* // *Open access* – 2020.

10. *Facts About Hookah. American Lung Association. URL*: https://www.lung.org/quit-smoking/smoking-facts/health-effects/facts-about-hookah

11. *Mit P. Patel, Vikramjit S. Khangoora and Paul E. Marik. Annals of the American Thoracic Society. A Review of the Pulmonary and Health Impacts of Hookah Use*. *Vol*. 16. 2019.

12. *Shankargouda Patil, Amit Vasant Mahuli, Saman Warnakulasuriya. Journal of Oral Biology and Craniofacial Research. Effects of smoking shisha, cancer risk, and strategies for prevention of shisha habit. Vol*. 12. 2022. *PP*. 439-443.

13. Уходят с дымом: рак легких убивает тысячи россиян [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://iz.ru/1168400/marta-litvinova/ukhodiat-s-dymom-rak-legkikh-ubivaet-tysiachi-rossiian

Поступила 04.03.2024

УДК 574.34 (470.43)

В.Н. Ильина, С.А. Рогов

К СОСТОЯНИЮ ПОПУЛЯЦИЙ АСТРЫ АЛЬПИЙСКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматриваются основные результаты исследования ценопопуляций редкого для степей Самарской области вида флоры астры альпийской в составе растительных сообществ на территории памятников природы регионального значения. Анализ популяционных показателей свидетельствует о снижении численности вида и недостаточном самовозобновлении популяций во многих местах произрастания. Основными факторами, влияющими на снижение устойчивости популяций астры в фитоценозах, являются рекреационное использование территорий, выпас крупного рогатого скота и пожары.

Популяционно-онтогенетические исследования редких растений в Самарской области направлены на выявление особенностей биологии и экологии особей, их популяций, структуры и состояния фитоценозов с их участием. Оценка индивидуальных, популяционных и эколого-ценотических показателей редких представителей флоры используется при разработке природоохранных мероприятий, определении состояния природно-территориальных комплексов, разработке образовательных и туристических

маршрутов, регламентации хозяйственного использования объектов и решении других вопросов [1, 6, 7].

Среди изучаемых представителей присутствует Астра альпийская (*Aster alpinus L.*). Это достаточно широко распространенный представитель флоры Самарской области и некоторых сопредельных регионов, который может быть использован как индикаторный вид для оценки состояния растительного покрова.

Астра альпийская ранее охранялась на региональном уровне и находилась в списке охраняемых видов в первом издании Красной книги Самарской области со статусом редкости 3 – редкий вид. Из второго издания Красной книги Самарской области [8] вид был исключен, хотя особых предпосылок для этого не обнаруживалось.

В Самарской области астра альпийская встречается в ее северной части, относящейся к зоне лесостепи. Произрастает вид на немногих сохранившихся участках степей, в основном являющимися ООПТ федерального и регионального значения [10]. Лимитирующими факторами, оказывающими негативное воздействие на степные ценозы в целом, а также вызывающими сокращение численности особей *Aster alpinus*, являются сокращение числа мест обитания и нерегулируемая антропогенная нагрузка в виде распашки степей, выпаса крупного и мелкого рогатого скота, рекреационного воздействия, в том числе сбора соцветий на букеты, разработки открытым способом известняка и мела, пожаров. В то же время вид достаточно требователен к условиям произрастания, являясь кальцефитом, ксерофитом и гелиофитом. В связи с этим встречается в основном на освещенных степных участках (плакоры и склоны) с карбонатными почвами и невысоким задернением [1, 6-8].

В Самарской области популяции *Aster alpinus* изучены авторами на территории Шигонского района (Гурьев овраг, Левашовская лесостепь, Подвальские террасы), Волжского района (Ковыльная степь, Преображенная степь), Кинельского района (Алакаевско-Чубовская каменистая степь, Чубовская степь, овраг Верховой, Каменный дол, Игонев дол), Похвистневского района (гора Копейка, лесостепь в верховьях р. Аманак, Ятманские широколиственные леса), Красноярского района (гора Красная, гора Лысая, Царев курган), Сергиевского района (Серноводский шихан, гора Высокая, Нефтяной овраг), Елховского района (гора Зеленая, гора Лысая), Исаклинского района (Исаклинская нагорная лесостепь), Кошкинского района (Надеждинская лесостепь), Камышлинского района (гора Каратал чагыл).

В ходе работ использованы известные методы популяционно-онтогенетического направления исследований [2-5, 9]. Получены данные об онтогенетической и пространственной структуре популяции, виталитетном уровне, численности особей, эколого-фитоценотических условиях произрастания. Исследованиями охвачено 24 памятника природы регионального значения Самарской области. Всего обследовано 150 ценопопуляций астры альпийской. Исследования проводились в 2016–2023 гг.

В ходе работ установлено, что онтогенетические спектры обследованных ценопопуляций имеют высокий процент генеративных особей. В основном в онтогенетическом спектре ценопопуляций преобладающей возрастной группой являются именно генеративные особи (зрелые генеративные – 57,3%, молодые генеративные – 24,0%, старые генеративные – 9,4%), а виргинильные намного реже – 9,3% известных ценопопуляций. Прегенеративные особи встречаются не во всех популяциях, это в большей степени свойственно популяциям в Самарском Высоком Заволжье, а изученные популяции в Предволжье отличаются полночленным онтогенетическим спектром.

По критерию «дельта-омега» [2] ценопопуляции астры альпийской распределены следующим образом: к зрелым относятся 64,0% ценопопуляций, к зреющим – 19,3%, к молодым – 6,9%, к переходным – 6,6%, к стареющим – 4,2%. Несмотря на высокий процент молодых ценопопуляций, следует отметить в них низкую численность особей.

Пространственная структура популяций астры альпийской характеризуется групповым или случайным типом размещения особей, однако численность их всегда

невысокая, потому сформированы небольшие по числу особей и размерам агрегации (максимально до 50 особей в ценопопуляциях на Зеленой горе). Средняя плотность особей в ценопопуляции изменяется значительно – от 0,1 до 5,6 особей на 1 $м^2$ в границах локуса. В целом для географических популяций отмечается средняя плотность в Предволжье – 0,7, в Заволжье – 0,4 особей на 1 $м^2$.

Анализ виталитетной структуры обследованных ценопопуляций указывает на преобладание особей среднего уровня виталитета. Видимо это можно связать с уровнем антропогенной нагрузки, которая всегда присутствует на обследованных памятниках природы регионального значения Самарской области.

Для большинства ценопопуляций выявлено их неудовлетворительное состояние, что связано с невысокой численностью особей, слабой способности к самоподдержанию и постепенному снижению числа особей. Необходимым является мониторинг популяций астры в Самарской области. Дальнейшее вероятное снижение численности особей и числа мест произрастания должны стать аргументом для возвращения *Aster alpinus L.* из мониторингового списка Красной книги Самарской области в основной с категорией охраны 2 как представитель, сокращающий свою численность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атанова К.Ю., Ильина В.Н. Об онтогенетической структуре ценопопуляций *Aster alpinus* L. (Самарское Высокое Заволжье) // IX Международная научная конференция молодых ученых «Современные тенденции развития технологий здоровьсбережения». Сборник научных трудов. М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2021. С. 70-74.
2. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3-7.
3. Животовский Л.А. О типизации ценопопуляций растений по онтогенетическим спектрам // Сиб. экол. журн. 2023. Т. 30, № 3. С. 227–237.
4. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
5. Заугольнова Л. Б. Типы возрастных спектров нормальных ценопопуляций растений // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) (ред. А.А. Уранов, Т.И. Серебрякова). М.: Наука, 1976. С. 81–92.
6. Ильина В.Н. Структура и динамика популяций редких растений каменистых степей в условиях лесостепной зоны на примере *Aster alpinus* L. // Лесостепь восточной Европы: структура, динамика и охрана: сб. статей Международ. Науч. Конф., посв. 140-летию со дня рождения И.И. Спрыгина (г. Пенза, 10-13 июня 2013 г.). Пенза: ПГУ, 2013. С. 80-81.
7. Ильина В.Н., Чукурова Н.К. Изучение всхожести семян, начальных этапов онтогенеза и мониторинг природных популяций астры альпийской (*Aster alpinus* L., Asteraceae) // Методология и методы научных исследований в области естествознания. Материалы Всероссийской научно-практ. конф., посв. 100-летию д.б.н., проф. Л.В. Воржевой, 4-6 октября 2006 г. Самара: Изд-во СГПУ, 2006. С. 193-197.
8. Красная книга Самарской области. Том I. Редкие виды растений и грибов / под редакцией С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. Самара: 2017. (Изд. 2-е, перераб. и дополн.). 384 с.
9. Османова Г.О., Животовский Л.А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144-152.
10. Особо охраняемые природные территорий регионального значения Самарской области: материалы государственного кадастра, издание второе / Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области. Сост. А. С. Паженков. Самара: ООО «Лаборатория Экотон», 2018. 377 с.

Поступила 07.03.2024

УДК 622.765.061.22

В.И. Федосеев, С.В. Лановецкий

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД ЗА СЧЕТ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

Одним из востребованных минералов, использующихся в сельском хозяйстве, является сильвин. В современной промышленности наиболее экономичным способом обогащения сильвинитовых руд является флотация. Однако данный способ не позволяет максимально извлекать целевой продукт без использования химических реагентов. В работе представлен обзор современных флотационных реагентов, позволяющих значительно повысить эффективность извлечения хлорида калия в готовый продукт.

В современной аграрной отрасли экономики для повышения урожайности сельскохозяйственных культур широко применяются различные минеральные удобрения, одним из которых является хлорид калия. Калий играет решающую роль в различных физиологических процессах растений, включая фотосинтез, транспорт воды и питательных веществ, активацию ферментов и синтез белка. Своевременное внесение KCl в почву позволяет улучшить ее структуру, повысить плодородие и способность удерживать питательные вещества.

Сейчас для добычи сильвина используется сильвинитовая руда с высоким содержанием хлорида калия. Однако помимо KCl в руде содержатся нерастворимые и малорастворимые компоненты, например, глинисто-карбонатные примеси, которые мешают флотационному обогащению и получению качественного готового продукта. Для повышения эффективности извлечения сильвина в процессе сильвиновой флотации широко используются различные химические реагенты.

Целью данной статьи явился анализ использования современных реагентов, позволяющих повысить эффективность флотации калийных руд.

Известно, что реагенты, применяемые на флотационных обогатительных фабриках, делятся на собиратели, активаторы, регуляторы и модификаторы. Собиратели присоединяются к поверхности минералов и делают их гидрофобными, помогая им оставаться на плаву. Активаторы, в свою очередь, способствуют повышению эффективности взаимодействия реагентов-собирателей с минералами. Регуляторы контролируют процесс флотации, регулируя размер и стабильность пузырьков воздуха. Модификаторы изменяют свойства минералов, делая их более гидрофобными или гидрофильными.

В работе [1] рассмотрен реагент-собиратель, который состоит из оксипропилированного карданола с оксипропильными группами в количестве от 10 до 70. С помощью представленного реагента достигается более высокое извлечение глинистых частиц в пенный продукт шламовой флотации на 10% при количестве 10 групп и на 11% при количестве 70 групп оксиэтилированного карданола соответственно.

В работе [2] для получения эффективного реагента авторы предложили смешать водный раствор оксиэтилированных аминов, спиртов, фенолов или жирных кислот, содержащих углеводородный радикал в количестве 19–65 молей оксирана, с раствором полиакриламида. Синтезированный таким образом раствор на 10% повышает извлечение нерастворимых глинистых частиц в шламовый продукт и повышает эффективность флотации KCl.

В патенте [3] предложен способ обогащения калийных руд с помощью реагента-собирателя в виде оксиэтилированных производных жидкости скорлупы орехов кешью со степенью оксиэтилирования от 1 до 100. При использовании данного оксиэтилированного карданола в качестве реагента со степенью оксиэтилирования 20 содержание нерастворимого осадка в питании сильвиновой флотации уменьшается на 0,2 %.

Из изобретения [4] следует, что в качестве реагентов использованы флокулянт – полиакриламид, а в качестве собирателя шламов – оксиэтилированный амин. С помощью этих реагентов показана возможность повышения селективности и эффективности удаления шламов из сильвинитовых руд. Использование предлагаемых реагентов привело к снижению потери KCl со шламовым продуктом на 1%.

В работе [5] для повышения эффективности процесса флотации хлорида калия использовался аполярный флотореагент-вспениватель эмульсия аминов (C_{16}-C_{24}). Введение предлагаемой добавки на стадию сильвиновой флотации в количестве 40 г/т руды привело к увеличению извлечения KCl на 3,5 %.

Авторами изобретения [6] предложено использовать реагент-собиратель в соотношении массовых долей фракций аминов C_{18} и C_{16} не менее 2,7 : 1 и не более 4,0 : 1 соответственно. Результатом технологического решения стал рост извлечения сильвина в готовой продукции на 1,5 – 2,0 %.

В работе [7] для повышения извлечения сильвина из минеральной руды предложено использовать смесь водных растворов, таких реагентов как гидрохлорид амина, каталитический газойля и оксаля взятых при массовом соотношении 1:0,4:0,4. Применение данного реагента позволяет, по мнению авторов, повысить извлечение сильвина на 1,5–2 %.

В патенте [8] авторы описали способ флотационного извлечения сильвина из калийных руд с использованием полиэтиленгликолевого эфира моноалкилфенола, как реагента-собирателя, имеющего в своем составе 8–14 атомов С и 20–30 оксиэтильных групп. Введение данного реагента на стадии шламовой флотации привело к росту на 6% степени извлечения глинистых нерастворимых частиц в шлам.

В работе [9] в качестве флотационного реагента предложено использовать алкил животного жира с 30 молями этиленоксида. С его помощью удалось достичь повышения эффективности извлечения шламов из калийных руд на 1 %.

Авторы работы [10] предлагают использовать в качестве реагента-депрессора смесь таких соединений, как карбамид, формальдегид, аммиак и полиэтиленполиамин в массовом диапазоне, соответствующем отношению 1: (1,12 ÷ 2,7): (0,03 ÷ 0,15): (0,01 ÷ 0,049). В процессе использования данного реагента потери KCl с камерным продуктом уменьшаются на 1,4 %.

В работе [11] для повышения извлечения хлористого калия в концентрат использован реагент-депрессор на основе карбамидоформальдегидной смолы, полученной в процессе синтеза $(NH_2)_2CO$, CH_2O, NH_3 и $C_2H_8N_2$ или $C_3H_8N_2$, взятых при мольном соотношении 1: (1,00 - 3,00): (0,005 - 0,30): (0,005:0,48) соответственно. Использование синтезированного соединения в качестве депрессора на стадии сильвиновой флотации способствовало росту степени извлечения KCl на 0,6 %.

Авторами патента [12] предложено использовалась синтезированную карбамидоформальдегидную смолу марки КС-МД как реагент-депрессор. Данный реагент синтезирован посредством поликонденсации $(NH_2)_2CO$ с CH_2O и NH_3 при мольном отношении равном 1: 2,5 - 3: 0,4 - 0,6. Содержание свободного формальдегида не превышало 0,6 %. Использование реагента-депрессора в количестве 50 г/т позволило снизить токсичность и стоимость реагента, а также способствовало увеличению на 1% извлечения сильвина в концентрат и снижению на 0,2 % доли KCl в хвостах.

В обзоре, представленном в работе [13], авторами показано, что при обогащении руд калия с повышенным количеством нерастворимого остатка целесообразно применять в качестве реагента-депрессора гексиэтилендиаминоформальдегидную смолу, которая позволяет при расходе 400–600 г/т руды добиться увеличения на 2% выхода хлорида калия на стадии основной сильвиновой флотации.

В статье [14] приведены сравнительные исследования трех реагентов-депрессоров (карбамидоформальдегидной смолы К-6, модифицированного и не модифицированного картофельного крахмала), вводимых на стадию основной сильвиновой флотации.

Установлено, что наиболее эффективный результат показал раствор смолы К-6, добавка которого в количестве 360 г/т руды позволила достичь максимальной степени извлечения хлорида калия 98,7%.

Авторами способа флотационного обогащения сильвинитовой руды [15] предложено в качестве флотореагента использовать реагент-депрессор на основе карбамидоформальдегидной смолы (продукт реакции карбамида, формальдегида, аммиака и легких полиэтиленаминов и меламинов). Результатом предлагаемого решения стало снижение содержания нерастворимого остатка в обогащенном концентрате на 0,1 %, уменьшение потерь сильвина с хвостами на 0,1 % и увеличение степени извлечения полезного компонента в готовый продукт на 0,5 %.

В работе [16] для повышения эффективности флотационного обогащения сильвинитовых руд предложен реагент–депрессор с мольным соотношением $(NH_2)_2CO$: CH_2O: полиэтиленполиамина (ПЭПА) в диапазоне 1: 1,12: 0,05 – 1 : 2,7 : 0,3. Использование разработанного реагента позволит снизить потери полезных компонентов и уменьшить затраты на производство, при этом степень извлечения KCl во флотационный концентрат возрастает до 95-96 % при расходе реагента 30 г/т руды.

В патенте [17] описан способ обогащения сильвинита за счет последовательного введения в сильвинитовую суспензию флокулянта и пенообразователя. Показано, что использование неионогенного флокулянта с пенообразующей добавкой в виде простого и (или) сложного эфира позволяет более эффективно отделять нерастворимый остаток от целевого продукта. Результатом предлагаемого технологического решения стало снижение доли нерастворимого остатка в пенном продукте на 60 %.

Таким образом, в представленном обзоре кратко проанализированы основные варианты использования флотореагентов на различных стадиях процесса флотационного обогащения сильвинитовых руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2744327 Рос. Федерация / С.Н. Титков, Е.И. Афонина, С.Н. Алиферова. № 2020112339; заявл. 24.03.2020; опубл. 05.03.2021. Бюл. № 13. 4 с.
2. Способ флотационного обогащения руд: пат. 2564549 Рос. Федерация / С.Н. Титков, Н.Н. Пантелеева, Е.И. Афонина. № 2014127874/03, заявл. 08.07.2014; опубл. 10.10.2015. Бюл. № 28. 10 с.
3. Применение оксиэтилированных производных жидкости скорлупы орехов кешью в качестве флотореагента для обогащения калийных руд: пат. 2713040 Рос. Федерация / О.Ф. Шишлов [и др.]. № 2019114422, заявл. 14.05.2019; опубл. 03.02.2020. Бюл. № 4. 10 с.
4. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2738883 Рос. Федерация / С.Н. Титков [и др.]. № 2020109266, заявл. 02.03.2020, опубл. 17.12.2020. Бюл. № 35. 8 с.
5. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2327526 Рос. Федерация / С.Н. Титков, В.А. Новоселов, С.Н. Алиферова. № 2006142109/03, заявл. 28.11.2006, опубл. 27.06.2008. Бюл. № 18. 7 с.
6. Способ флотационного обогащения руд: пат. 2284223 Рос. Федерация / С.Н. Титков [и др.]. № 2005101542/03, заявл. 24.01.2005, опубл. 27.09.2006. Бюл. № 27. 11 с.
7. Способ получения хлористого калия из сильвинитовой руды: пат. 2366607 Рос. Федерация / Н.Н. Тетерина [и др.]. № 2007136075, заявл. 28.09.2007, опубл. 10.09.2009. Бюл. № 25. 5 с.
8. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2237521 Рос. Федерация / В.М. Бусыгин [и др.]. № 2003115477/03, заявл. 23.05.2003, опубл. 10.10.2004. Бюл. 28. 5 с.
9. Коллектор для флотации глинистых минералов из калийных руд: пат. 2467804 Рос. Федерация / Я.О. Густафссон. № 2010100809/03, заявл. 10.06.2008, опубл. 27.11.2012. Бюл. № 33. 12 с.

10. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2745890 Рос. Федерация / С.Н. Титков [и др.]. № 2020114869, заявл. 23.04.2020, опубл. 02.04.2021. Бюл. № 10. 5 с.

11. Способ обогащения калийных руд с применением в качестве флотореагента депрессора на основе модифицированной карбамидоформальдегидной смолы: пат. 2729875 Рос. Федерация / О.Ф. Шишлов, Д.П. Трошин, С.А. Дождиков, Д.Г. Ивченко, № 2020112960, заявл. 06.04.2020, опубл. 13.08.2020. Бюл. № 23. 11 с.

12. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2799552 Рос. Федерация / С.Н. Алиферова [и др.]. № 2023100949, заявл. 17.01.2023, опубл. 06.07.2023. Бюл. № 19. 6 с.

13. Кибанова М.С., Лановецкий С.В. Обзор флотационных реагентов, используемых в технологии обогащения сильвинитовых руд // Молодежная наука в развитии регионов. 2020. Т. 1. С. 287–291.

14. Кибанова М.С., Лановецкий С.В. Исследование влияния реагентов-депрессоров шламов на технологические показатели основной сильвиновой флотации хлорида калия // Молодежная наука в развитии регионов. 2021. Т. 1. С. 301–303.

15. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2808146 Рос. Федерация / С.Н. Алиферова [и др.]. № 2023100950, заявл. 17.01.2023, опубл. 23.11.2023. Бюл. № 33. 10 с.

16. Способ флотационного обогащения калийных руд: пат. 2165798 Рос. Федерация / С.Н. Титков [и др.]. № 99118841/03, заявл. 01.09.1999, опубл. 27.04.2001. Бюл. 12. 4 с.

17. Пенообразователь и способ флотации нерастворимых компонентов необогащенных калийных солей: пат. 2532303 Рос. Федерация / Педейн Клаус-Ульрих. № 2011139121/03, заявл. 10.02.2010, опубл. 10.11.2014. Бюл. № 31. 13 с.

Поступила 11.03.2024

УДК 621.78.063.4÷661.834

Д.О. Руденко, С.В. Лановецкий

ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИТИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ

В последние годы произошел резкий рост производства лития и литийсодержащих соединений, что связано в первую очередь с глобальным энергетическим переходом. Наибольшее распространение данный метал нашел в технологиях получения литий-ионных аккумуляторов, крайне востребованных в современном автомобилестроении, хранении электрической энергии и получении водородного топлива. На сегодняшний день существует как рудный, так и гидроминеральный способы добычи лития. Одним из серьезных преимуществ по извлечению лития из гидроминерального сырья, по сравнению с шахтным способом добычи, является его дешевизна и экологическая безопасность процесса. В статье представлен обзор методов извлечения лития и литийсодержащих соединений из природных рассолов и подземных пластовых вод. Описаны такие методы извлечения лития как упаривание, осаждение, адсорбция, ионный обмен, экстракция, мембранный метод, электрохимический и комбинированный методы.

В последние годы такой метал как литий пользуется повышенным спросом, что связано, в первую очередь, с широким распространением и использованием литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов и гальванических элементов. Одним из основных элементов этих устройств являются электроды (катод и анод), которые изготавливают из литийсодержащих соединений, таких как $LiMn_2O_4$, $LiCoO_2$, $LiNiCoAlO_2$ и т.п. Тренды последнего десятилетия, направленные на цифровую трансформацию общества, внедрение технологий искусственного интеллекта способствуют стремительному развитию электронной промышленности, что неминуемо находит отражение в экспоненциальном

росте спроса на такой элемент как литий.

На сегодняшний день существуют рудный и гидроминеральный способы добычи лития. В первом случае металл добывают в шахтах или карьерах из пегматитовых минералов, во-втором – из подземных рассолов. Один из серьезных преимуществ по извлечению лития из гидроминерального сырья по сравнению с шахтным способом добычи является экологическая безопасность процесса [1].

В связи с этим, целью представленной статьи является обзор современных и перспективных способов извлечения лития из природных рассолов и подземных пластовых вод.

Традиционным методом извлечения литийсодержащих веществ из природных рассолов является упаривание наземных озер. Данный метод, широко используемый в странах Латинской Америки (Чили, Боливия, Аргентина) дает до 65% мировой добычи лития [2]. Часто источником энергии для такого способа упаривания становится Солнце. Ограничение на использование данного способа накладывают возможные сезонные колебания погодных условий. В качестве недостатков также можно отметить длительность процесса и соосаждение ионов магния, которые влияют на чистоту конечного продукта [1]. Возможны также экологические проблемы, связанные с недостатком воды в регионе извлечения лития [3]. В тех районах, где солнечной энергии недостаточно, для упаривания рассолов используются вакуум-выпарные установки.

В работе [4] описывается способ получения моногидрата гидроксида лития из природных рассолов. Предварительно гидроминеральное сырье очищается от примесей кальция, магния, натрия и калия. После чего раствор хлорида лития направляется на установку мембранного электролиза с получением раствора гидроксида лития, который впоследствии упаривают и кристаллизуют с получением $LiOH{\cdot}H_2O$.

Соосаждение ионов лития также является одним из методов извлечения полезного компонента. Преимущество данного метода заключается в его простоте и дешевизне. Недостатком является соосаждение ионов магния с ионами лития. В литературе описан ряд способов соосаждения соединений лития. В качестве осадителей используются активированные сплавы алюминия и кальция или алюминия и железа [5].

В работе [6] описывается способ химического осаждения при помощи гидроксида кальция. Процесс протекает по следующей реакции:

$$Li_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2Li^+ + 2OH^- + CaCO_3.$$

Полученный литиевый концентрат подвергают упариванию с последующей кристаллизацией $LiOH{\cdot}H_2O$ с чистотой до 99,85%.

Адсорбционный метод извлечения лития является эффективным при низких содержаниях ионов лития в природном рассоле. Суть данного метода заключается в адсорбции ионов лития на поверхности адсорбента. Адсорбентами могут быть двойные гидроксиды, в основе которых лежат алюминий и литий. Также имеются исследования по применению адсорбентов на основе титана и марганца. Адсорбционная емкость адсорбентов на основе двойных гидроксидов равна 7,27 мг/г. Адсорбционные емкости адсорбентов на основе оксида магния и $Li_{1,33}Mn_{1,67}O_4$ равны 11,06 мг/г и 50 мг/г соответственно. Адсорбционная емкость адсорбента на основе оксидов лития и титана равна 34,8 мг/г [7, 8].

В работе [9] описывается адсорбционный метод извлечения лития. Для адсорбции используется сорбционно-десорбционный обогатительный модуль. Во внутренний объем сорбционно-десорбционного обогатительного модуля загружается адсорбент на основе хлорсодержащей разновидности двойного гидроксида алюминия и лития в виде гранул. Процесс концентрирования происходит в два этапа. Первый этап – адсорбирование ионов лития на поверхности адсорбента. Второй этап – десорбция ионов лития умягченной водой или раствором хлорида лития. После десорбции следует этап нанофильтрации, который

позволяет очистить концентрат лития от ионов кальция и магния. Далее следует рецикл концентрата для исключения потерь лития, уменьшения количества технологических операций и количества применяемых химических реагентов. Последний этап – упаривание литиевого концентрата для получения готового хлорида лития.

Ионный метод описывается в патенте [10]. Сущность ионного метода заключается в создании комплекса между литием и литий-ионными ситами. Литий-ионные сита также содержат оксиды титана или ниобия. Создание комплекса происходит в первом реакторе при постоянном перемешивании. Во втором реакторе проводят разрушение комплекса при помощи серной или соляной кислоты в течение 1 часа при pH равном 2. Далее следует этап регенерации литий-ионных сит и промывка разбавленной кислотой для извлечения лития. При соблюдении оптимальных условий проведения процесса можно достичь степени извлечения лития 135 мг/г.

Экстракционный метод извлечения лития является дешевым и высокоэффективным. Сущность экстракционного метода заключается в растворении большей части хлорида лития органическим растворителем. Главное требование к экстрагенту – высокая селективность к солям, которые понижают чистоту готового продукта. На данный момент времени основными экстрагентами для извлечения лития являются трибутилфосфат, β-ноилтрифторацетон и триоктилфосфиноксид. Для проведения экстракции готовят раствор из экстрагента и разбавителя. В качестве разбавителя чаще всего используется керосин. В раствор на основе трибутилфосфата добавляется $FeCl_3$ для повышения степени извлечения лития. Недостатки метода экстракции зависят от типа экстрагента. Для β-ноилтрифторацетона и триоктилфосфиноксида недостаток заключается в том, что эффективность извлечения понижается с увеличением отношения водного раствора к объему экстракции. Для трибутилфосфата недостатком является потеря некоторой части ионов железа в процессе регенерации раствора [11, 12].

В работе [13] описывается метод экстракции, в котором экстрагентом является эквимолярный 0,1 – 0,5 моль/л раствор 2-этилгексилового эфира 2-гидроксибензойной кислоты и фосфиноксидов гексил-октилового ряда в ундекане. Также в растворе содержится NaOH в количестве 0,2–0,5 моль/л. Время контакта между экстрагентом и природным рассолом равняется двум минутам. Преимущества данного способа экстракционного метода извлечения лития: высокий коэффициент распределения, высокая степень извлечения лития и высокая селективность экстрагента. Данный способ позволяет достичь степени извлечения лития 98,81%.

Также существует мембранный способ, сущность которого заключается в отделении ионов лития от ионов магния и кальция при помощи электродиализа или нанофильтрации. Нанофильтрация подразумевает разделение ионов на основе селективной проницаемости мембраны, т.е. мембрана пропускает ионы лития, но задерживает ионы магния и кальция. Материал, используемый для создания нанофильтрационных мембран – полиамиды [14, 15]. Также перспективным методом извлечения лития и литийсодержащих веществ является метод с использованием биполярной мембраны, создаваемой из передовых селективных материалов для целевого извлечения лития. Такие мембраны позиционируются как литиеселективные [16]. Преимущества мембранного метода: энергоэффективность, легкость использования, непрерывность процесса, средняя стоимость, экологичность, высокая селективность.

В патенте [17] мембрана используется для нанофильтрации и для обратного осмоса. Способ основывается на перемешивании литийсодержащего материала, включающий литий-ионную ячейку или батарею, либо литийсодержащее минеральное отложение в растворе кислоты с pH = 2,5 и менее для образования кислого раствора лития. Перемешивание осуществляется при температуре от 10 °C до 100 °C. Далее следует этап нанофильтрации, после которого образуются ретентат и пермеат. Ретентат содержит растворимые органические вещества, а также ионы металлов. Пермеат включает раствор кислоты и лития.

Следующий этап – обратный осмос на мембране. Обратный осмос также формирует ретентат (содержит литий) и пермеат (содержит кислоту). Следующий этап – извлечение соли лития из ретентата обратного осмоса.

Существует электрохимический метод извлечения лития, включающий электродиализ, емкостную деионизацию и электрохимически переключаемый ионный обмен [8]. Недостатком электрохимического метода является энергозатратность, но рекуперация электроэнергии, направленная на десорбцию ионов, а также на регенерацию электродов, может позволить снизить энергозатраты. Рассматриваемая система извлечения лития обеспечивает 96%-ное поглощение хлорида лития на протяжении ста циклов [18, 19].

Комбинированный метод извлечения лития и литийсодержащих веществ является одним из перспективных способов повышения эффективности извлечения, так как основан на комбинации различных вариантов наиболее оптимальных технологических решений. Наиболее экономически эффективным на сегодняшний день оказалось сочетание мембранных, экстракционных, адсорбционных и кристаллизационных технологий, сочетание которых позволяет нивелировать недостатки каждой стадии в отдельности и усилить их положительные характеристики, направленные на увеличение степени извлечения лития [20, 21].

Представленный обзор показал, что основными методами извлечения металла являются такие как упаривание рассолов, осаждение, адсорбция, ионный обмен, экстракция, мембранный и электрохимический метод, а также их сочетание. Одним из перспективных методов является комбинированный, так как позволяет повысить эффективность извлечения лития и литийсодержащих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мохунов В.Ю., Гулый Н.И. Анализ тенденций современных технологий извлечения лития из гидроминерального сырья // Недропользование XXI век. 2022. № 4. С. 38-50.
2. Михеева Е.Д., Егоров Я.А. К вопросу о содержаниях лития и попутных компонентов в подземных водах перспективных площадей территории России // Недропользование XXI век. 2022. № 2(94). С. 29-35.
3. *Ian M. Water or mineral*? *In Chile, a debate over lithium brine* // Электронный журнал «*Undark*». 21.12.2020. *URL*: https://undark.org/2020/12/21/chile-debate-over-lithium-brine/ (дата обращения 25.12.2023).
4. Способ получения моногидрата гидроксида лития из рассолов: пат. 2019130117 Рос. Федерация / Рябцев А.Д. [и др.] № 2713360; заявл. 25.09.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 32. 3 с.
5. *Mariappan Parans Paranthaman, Ling Li, Jiaqi Luo, Thomas Hoke, Huseyin Ucar, Bruce A. Moyer, Stephen Harrison. Recovery of Lithium from Geothermal Brine with Lithium–Aluminum Layered Double Hydroxide Chloride Sorbents* // *Environ. Sci. Technol*. 2017. *V* 51, *N* 22. *P*. 13481–13486.
6. Способ получения гидроксида лития: пат. 2786259 Рос. Федерация / Чхон Юонг № 2022100257; заявл. 31.01.2020; опубл. 19.12.2022, Бюл. № 35. 15 с.
7. *Xianrong Lai, Yijia Yuan, Zhouqin Chen, Jiahui Peng, Hao Sun, Hui Zhong. Adsorption–Desorption Properties of Granular EP/HMO Composite and Its Application in Lithium Recovery from Brine* // *Ind. Eng. Chem. Res*. 2020. *V* 59, *N* 16. *P*. 7913 – 7925.
8. *Jing Zhong, Sen Lin, Jianguo Yu*. Li+ *adsorption performance and mechanism using lithium/aluminum layered double hydroxides in low grade brines* // *Desalination*. 2021. *V* 505. 114983.
9. Способ сорбционного извлечения лития из литийсодержащих рассолов: пат. 2720420 Рос. Федерация / Сахабутдинов Р.З. [и др.] № 2019113881; заявл. 06.05.2019; опубл. 29.04.2020, Бюл. № 13. 6 с.

10. Способ извлечения лития из соляного раствора: пат. 2792639 Рос. Федерация / Браун К. Д. № 2021121037; заявл. 14.05.2019; опубл. 22.03.2023, Бюл. № 9. 21 с.

11. *Jian Feng Song, Long D. Nghiem, Xue-Mei Li, Tao He. Lithium extraction from Chinese salt-lake brines*: *opportunities, challenges, and future outlook* // *Environmental Science*: *Water Research* & *Technology*. 2017. *N* 4, *P*. 78 – 93.

12. *Hui Su, Zheng Li, Jian Zhang, Zhaowu Zhu, Lina Wang, Tao Qi. Recovery of lithium from salt lake brine using a mixed ternary solvent extraction system consisting of TBP,* FeCl3 and P507// *Hydrometallurgy*. 2020. *V* 197. 105487.

13. Способ селективного экстракционного извлечения лития из водного щелочного раствора, содержащего хлориды лития, натрия, калия и гидроксид натрия: пат. 2784157 Рос. Федерация / Бездомников А.А. [и др.] № 2022115330; заявл. 07.06.2022; опубл. 23.11.2022, Бюл. № 33. 3 с.

14. *Hanjiro Ambrose, Alissa Kendall. Understanding the future of lithium*: *Part* 1, *resource model* // *Journal of Industrial Ecology*. 2019. *V* 24, *N* 1. *P*. 80 – 89.

15. *Jeon Woong An, Dong Jun Kang, Khuyen Thi Tran, Myong Jun Kim, Tuti Lim, Tam Tran. Recovery of lithium from Uyuni salar brine* // *Hydrometallurgy*. 2012. *V* 117-118. *P*. 64-70.

16. *Syouhei Nishihama, Kenta Onishi, Kazuharu Yoshizuka. Selective recovery process of lithium from seawater using integrated ion exchange methods* // *Solvent Extraction and Ion Exchange*. 2011. *V* 29, *N* 3. *P*. 421–431.

17. Извлечение лития из кислого раствора: пат. 2739764 Рос. Федерация / Лин Ларри № 2020107676; заявл. 17.07.2018; опубл. 28.12.2020, Бюл. № 1. 20 с.

18. *Xianrong Lai, Pan Xiong, Hui Zhong. Extraction of lithium from brines with high* Mg/Li *ratio by the crystallization-precipitation method* // *Hydrometallurgy*. 2020. *V*192. 105252.

19. *Hamzaoui A.H., M'nif A., Hammi H., Rokbani R. Contribution to the lithium recovery from brine* // *Desalination*. 2003. *V* 158. *P*. 221-224.

20. *Huaiyou Wang, Yuan Zhonga, Baoqiang Du, Youjing Zhao, Min Wang. Recovery of both magnesium and lithium from high* Mg/Li *ratio brines using a novel process* // *Hydrometallurgy*. 2018. *V* 175. *P*. 102-108.

21. *Murphy O., Haji M.N. A review of technologies for direct lithium extraction from low* Li+ *concentration aqueous solutions* // *Front. Chem. Eng*. 2022. *V* 4. 1008680.

Поступила 11.03.2024

УДК 66.066.7÷66.065.8

Е.В. Сторожева, С.В. Лановецкий

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ГЛИНИСТО-СОЛЕВОГО ШЛАМА

В работе представлен обзор способов повышения эффективности осаждения глинисто-солевого шлама и аппаратов для отстаивания. Показано влияние ультразвукового воздействия, флокулянтов, конструктивных особенностей аппаратурного оформления на повышение эффективности процесса разделения.

Основным сырьем для получения хлорида калия является сильвинитовая руда, состоящая из агрегированных минералов галита, сильвина, карналлита, силиката и ряда других.

Для извлечения сильвина используются флотационный и галургический методы обогащения. Последний позволяет получать продукт наиболее высокого качества благодаря

различной растворимости минералов. Галургическая технология обогащения руды основана на том, что руду подают на стадию растворения горячим щелоком, благодаря чему хлорид калия переходит в жидкую фазу, а хлорид натрия и другие примеси остаются в твердой фазе и удаляются из технологии в отвал. После стадии растворения насыщенный по хлориду калия раствор направляется на стадию очистки от оставшихся мелких примесей глинисто-солевых частиц. Очищенный в отстойниках рассол подается в отделение кристаллизации, где в процессе его охлаждения выпадают кристаллы хлорида калия, которые в дальнейшем обезвоживают и направляют на склад готовой продукции. Оставшийся оборотный щелок вновь направляют на стадию растворения, и процесс повторяется.

Как уже было отмечено, после растворения сильвинитов руды с насыщенным щелоком захватывается довольно большое количество мелких примесей, попадание которых в дальнейший технологический процесс негативно отражается на качестве хлорида калия, и основная задача стадии осветления заключается в максимальном разделении глинисто-солевых частиц от насыщенного щелока. В связи с вышеизложенным, целью представленной работы является обзор современных наиболее эффективных способов осаждения глинисто-солевого шлама и аппаратов для отстаивания.

В патенте [1] автор предлагает новый способ сгущения с помощью акустических волн. Способ включает очистку раствора от шламовых частиц в грязевом отстойнике посредством смешения грубо осветленной пульпы с химическими реагентами и одновременным облучением ультразвуком с акустическим давлением не менее 10^4 Па. Данный метод позволяет увеличить плотность осадка в 16 раз по сравнению с гравитационным методом.

Для повышения эффективности очистки солевых рассолов от глинистых частиц авторы патента [2] предлагают обрабатывать суспензию флокулянтами. В обрабатываемую среду последовательно добавляют сополимер акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакрилатом натрия (катионный флокулянт) и сополимер акриламида с акрилатом натрия (анионный флокулянт). Данный способ позволяет увеличить эффективность флокуляции мелкодисперсных глинистых частиц в 1,5 раза, при этом эффективность осветления возрастает на порядок.

Авторы патента [3] предложили уменьшить расход полиакриламида, выступающего в качестве коагуллянта, за счет предварительной добавки в осветляемый раствор одного из соединений натрия или калия (Me): MeOH, Me_2CO_3, Me_2SO_4, либо оксид кальция в количестве 30-1000 г/м^3 раствора. Данный метод позволяет снизить расход полиакриламида в 3–4 раза.

Автор патента [4] предлагает модель радиального сгустителя с направляющим разгрузочным диском. Данное устройство создает гидродинамические параметры движения пульпы, обеспечивающие осуществление ускоренного осаждения твердых частиц и вывод их из зоны осаждения основной массы зерен. В результате в 5 раз уменьшается коэффициент гидродинамического сопротивления пульпы падению зерен.

Радиальный отстойник, представленный в патенте [5], содержит систему удаления осадка, представляющую собой группу секций, выполненных в виде единичных ячеек, расположенных по всей поверхности дна отстойника вокруг распределительного устройства. Данная модель позволяет повысить эффективность удаления осадка без использования движущихся частей машин и механизмов, что исключает взмучивание осадка, а также сокращает энергозатраты.

Следующий вид отстойника, рассмотренный в патенте [6], содержит цилиндрический резервуар с плоским коническим дном и кольцевым желобом в верхней части аппарата. Для повышения производительности на дно отстойника устанавливается вибрационное устройство, автоматически включающееся в зависимости от интенсивности работы перемешивающего устройства. Производительность такого отстойника составляет 3000 т/сутки.

В работе [7] описан радиальный отстойник с полупогруженными полыми цилиндрами, оснащенными сребками для удаления осадка. Предложенное изобретение благодаря описанным конструктивным решениям позволяет повысить надежность отстойника и увеличить срок его службы.

Авторы патента [8] разработали пластинчатый сгуститель, в нижней части которого расположен самовращающийся лопастной барабан. Двигатель барабана обеспечивает его регулируемое вращение и вибрационные колебания. Предложенное техническое решение позволило увеличить, примерно в 1,5–2 раза, производительность сгустителя.

В изобретении [9] авторы рассматривают модель пластинчатого отстойника с установленными в верхней части конструкции камеры с тонкослойными модулями. Для регулирования уровня осветляемой жидкости в камере расположен блок переточных желобов. Описанная конструкция позволяет повысить эффективность процесса разделения в 4 раза.

Гравитационный пластинчатый сгуститель, рассматриваемый в патенте [10], содержит два блока наклонных осадительных пластин. Блоки наклонных осадительных пластин установлены друг за другом с углом наклона от 50° до 60°, конический накопитель в основании корпуса выполнен с углом при вершине от 60° до 70°. Производительность данного изобретения может варьироваться в диапазоне от 25 до 500 $м^3$/час.

Задачей изобретения, представленного в патенте [11], является создание модифицированного пластинчатого сгустителя, состоящего из бассейна со сливным штуцером для осветленной части раствора и штуцером для удаления осадка. В верхней части бассейна размещен пакет тонких пластин, позволяющих значительно увеличить площадь осаждения и уменьшить гидравлическое сопротивление в нижней части конструкции, что значительно ускоряет процесс удаления шлама из сгустителя.

Сгуститель, представленный в патенте [12], имеет цилиндрический корпус с коническим днищем и рыхлитель, который выполнен в виде фермы со скребками. Между двух блоков наклонных пластин, с углом наклона 55–65° и расстоянием между пластинами 20–70 мм, расположен канал подачи суспензии в виде двух вертикальных пластин. Между пластинами, ниже уровня загрузочных патрубков, установлено горизонтально сито. Сгуститель энергоэкономичен, обеспечивает высокое качество разделения жидкой и твердой сред. Производительность данного сгустителя составляет 2500 $м^3$/ч, при площади осаждения 2400 $м^2$.

Автор патента [13] предлагает модель вертикально установленного револьверного отстойника. В аппарате вокруг центральной оси размещены цилиндрические камеры наподобие барабана револьверного пистолета. Разработанный аппарат позволяет значительно облегчить монтаж, обслуживание и ремонт оборудования, а при выходе из строя одной из камер ее можно вывести в ремонт без остановки остальных.

Сгуститель, рассматриваемый в работе [14], выполнен в форме усеченной пирамиды, состоящей из многочисленных ярусов осадительных элементов. Каждый такой элемент выполнен в виде полой герметичной конструкции, в которой стенка изготовлена из некорродирующего материала и является проницаемой для жидкой и газообразной среды. Данная конструкция позволяет снизить производственные затраты на обслуживание аппарата, а также позволяет уменьшить расход энергопотребления.

Анализ представленных в обзоре способов осаждения глинисто-солевого шлама и аппаратов для отстаивания показал, что одним из предпочтительных вариантов повышения эффективности процесса очистки насыщенного щелока от глинисто-солевых частиц является установка пластинчатого сгустителя, так как благодаря наличию тонкослойных модулей с наклонными пластинами в отстойнике значительно увеличивается площадь осаждения, что приведет к росту эффективности процесса сгущения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ сгущения пульпы с использованием акустических волн: пат. 2618007 Рос. Федерация / С.А. Бахарев. № 2016115397; заявл. 21.04.2016; опубл. 02.05.2017. Бюл. № 13. 27 с.
2. Способ осаждения глинистых шламов из солевых растворов, содержащих тонкодисперсные глинистые частицы: пат. 2315008 Рос. Федерация / Ф.И. Лобанов. № 2006109122/15; заявл. 23.03.2006; опубл. 20.01.2008. Бюл. № 2. 6 с.
3. Способ осветления солевых растворов, образующихся при переработке сильвинитовой руды: пат. 2105727 Рос. Федерация / Ю.Н. Савватин, Ю.И. Гержберг, Н.К. Андреева. № 93057799/25; заявл. 28.12.1993; опубл. 27.02.1998.
4. Радиальный сгуститель с направляющим разгрузочным диском: пат. 184540 Рос. Федерация / А.Ю. Никитин, С.Ф. Шинкоренко, А.Е. Никитин. № 2017132254; заявл. 14.09.2017; опубл. 30.10.2018. Бюл. № 31. 7 с.
5. Радиальный отстойник: пат. 2754912 Рос. Федерация / П.Ю. Паршин. № 2021108876; заявл. 01.04.2021; опубл 08.09.2021. Бюл. № 25. 14 с.
6. Отстойник с гребковой мешалкой: пат. 2316379 Рос. Федерация / О.С. Кочетов, М.О. Кочетова, Г.В Львов. № 2006112929/15; заявл. 19.04.2006; опубл 10.02.2006. Бюл. № 4. 5 с.
7. Радиальный отстойник: пат. 2304013 Рос. Федерация / И.П. Некрасова. № 2005139588/15; заявл. 19.12.2005; опубл. 10.08.2007. Бюл. № 22. 8 с.
8. Пластинчатый сгуститель: пат. 2448756 Рос. Федерация / Б.В Комогорцев. № 2009115132/05; заявл. 22.04.2009; опубл. 27.04.2012. Бюл. № 12. 6 с.
9. Пластинчатый сгуститель: пат. 2022611 Рос. Федерация / А.С. Горелых [и др.]. № 5017132/26; заявл. 11.12.1991; опубл. 15.11.1994.
10. Гравитационный пластинчатый сгуститель: пат. 159452 Рос. Федерация / Ю.П. Борисов. № 2015137936/05; заявл. 07.09.2015; опубл. 10.02.2016. Бюл. № 4. 2 с.
11. Пластинчатый отстойник: пат. 2671734 Рос. Федерация / Фелдтхусен Маттиас. № 2016144726; заявл. 29.04.2015; опубл 06.11.2018. Бюл. № 31. 9 с.
12. Сгуститель: пат. 187980 Рос. Федерация / Ю.П. Борисов. №2017128524; заявл. 10.07.2017; опубл 26.03.2019. Бюл. № 9. 7 с.
13. Вертикальный револьверный отстойник: пат. 2424036 Рос. Федерация / А.В. Бахонин [и др.]. №2009147611/05; заявл. 21.12.2009; опубл 20.07.2011. Бюл. № 20. 9 с.
14. Сгуститель: пат. 2199368 Рос. Федерация / М.П. Покушалов, А.И. Марковский. №2001118132/12; заявл. 29.06.2001; опубл 27.02.2003. Бюл. № 6. 5 с.

Поступила 11.03.2024

УДК 661

А.В. Михалева, О.Е. Нисина

ОБЗОР И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ СО СЛЕЖИВАЕМОСТЬЮ И ПЫЛЕООБРАЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ГАЛИТОВ

В статье проанализированы проблемы слеживаемости и пылеобразования техногенных галитов при хранении и транспортировке. Представлены современные виды антислеживателей и пылеподавителей, которые существуют.

Применение отходов в виде галита в качестве альтернативного источника извлечения NaCl является рациональным направлением в промышленности [1, 2].

Техногенные галиты возможно использовать для получения кормовой и пищевой соли [3]. Особенность производства данной продукции связана с возможным присутствием алифатических аминов, используемых при флотационном способе получения хлорида калия. Для удаления аминов необходимо, например, вводить операцию очистки при помощи добавки нитрата аммония или хлората натрия с последующем разложением аминов путем прокаливания при температуре 200–300^{0}С. Из-за ввода дополнительной операции итоговый продукт подорожает, что нецелесообразно экономически. Исходя из этого, использование галургических галитовых отвалов экономически выгоднее и проще [4, 5].

При производстве галургическим способом или переработке калийно-магниевых руд образуются миллионы тонн галитовых отходов, которые впоследствии занимают большие территории и опасны для окружающей среды [6].

Галитовые отвалы преимущественно содержат хлорид натрия, по этой причине их необходимо использовать в виде дополнительного источника соли. Как сырье NaCl необходим в химической промышленности в таких производствах как едкая щелочь, карбонат натрия, хлор и т.д. Также техническую соль можно применять в качестве антигололедного реагента, в дорожном хозяйстве, во многих отраслях промышленности, таких как металлургии, энергетике и т.д. [7-9].

Усредненный состав галитовых отвалов СКРУ-1 составляет: NaCl – 87,33%; $MgCl_2$ – 0,11%; KCl – 2,33%; $CaSO_4$ – 2,08%; H_2O – 7,13%; нерастворимый остаток (н.о.) – 1,02% [10]. После череды операции с галитовыми отвалами получают поваренную соль с массовой долей хлористого натрия не менее 97,0%. Таким образом, снижаются количество образуемых отходов и площадь, занимаемая ими. С экономической и экологической сторон является целесообразным переработка твердых галитовых отходов в роли вторичного сырья.

Целью работы является поиск существующих методов и реагентов обработки природных галитов и поваренной соли, обеспечивающих снижение слеживаемости и повышение пылеподавления. Вначале обратим внимание на проблему слеживаемости продукта.

Существую различные методы борьбы со слеживаемостью. Например, увеличение фракционного размера частиц, поддержание низкой влажности, введение добавок или поверхностно-активных веществ (ПАВ) и т.д.

Обрабатывают продукт уже на конечном цикле производства путем распыления ПАВ или впрыскиванием водного раствора ПАВ. Зачастую для получения высокого результата используется комбинированный эффект различных добавок [11-13]. Например, жирные амины, которые растворили в минеральном масле с добавлением парафина.

Существует метод обработки NaCl такой добавкой как стеаратом магния. Соль обработали 1%-ным раствором и оценили степень гидрофобизации поверхности. В ходе обработки величина угла смачивания увеличивается до 90^0. Получается, что сильно увеличивается значение точки эффлоресценции – до 73%. В итоге, идет замедление расплывания соли при высокой влажности и ускоряется испарение при осушке, так как испарение с поверхности облегчается. Минус данной добавки в том, что прочность спрессованных таблеток соли по мере их высыхания снижается [13].

В общем смысле механизм образования солей можно выразить нижеуказанной схемой.

Рис. Механизм образования соли

В науке различают два основных механизма антислеживающих добавок, которые влияют на рост кристаллов и нуклеацию. В первом варианте процесс рекристаллизации резко задерживается из-за адсорбции реагента. Во втором варианте происходит образование дендритов, и тогда контакты между кристаллами ослабляются и легко поддаются разрушению [18,19].

Часто используемой добавкой является гексацианоферрат (II) калия (пищевая добавка Е 536). Из-за близости строения и размеров структурного элемента решетки NaCl и комплексного иона $[Fe(CN)_6]^{4-}$ диффузионный массоперенос затрудняется вследствие среднего размера частиц (15 нм), которые конденсируют ионы хлорида на стабильных ионах гексацианоферрата [19,20].

С помощью добавки модифицируют поверхность соли. Например, обработкой формамида или карбамида. Когда начинается рост кристаллов соли из раствора, то данная добавка меняет ее габитус. В итоге получаем октаэдры кристаллов вместо кубических. Данное явление было описано в 1783 г. Роме де л'Илем. В работе авторов исследован процесс роста кристаллов NaCl из растворов с добавкой мочевины с помощью атомно-силового микроскопа. Полученные результаты демонстрируют, что добавка не встраивается в кристаллическую решетку соли, но изменяет габитус. Отмечено, что использование карбамида уменьшает скорость консолидации соли под напряжением. Происходит резкое снижение скорости растворения и роста кристаллов [13].

Предложен метод, который сводится к снижению величины критической относительной влажности (КОВ). При превышении этой точки образец начинает активно поглощать влагу из окружающей среды. При КОВ соль кристаллизуется из насыщенного раствора, находящегося в менисках. Когда в продукте есть примеси, то гигроскопическая точка снижается, и высыхание менисков происходит при меньшей относительной влажности. В средней полосе РФ диапазон относительной влажности лежит в пределах 40–90%, и продукция будет иметь тенденцию к слеживаемости. Собрав всю информацию воедино, необходимо подбирать такие добавки, чтобы КОВ была ниже 40%. Тогда, в постоянно меняющихся условиях среды, галит не будет слеживаться.

В промышленном масштабе преимущественно используются полиакриламидные флокулянты для разделения сильвинитовой руды. В работе авторы исследовали несколько флокулянтов: анионный, катионный и неиногенный флокулянты. Оценивали несколько параметров – пластическую прочность дисперсии, плотность осадков, влагоотдачу осадков.

Данные флокулянты образуют мостики между частицами из-за адсорбции на поверхности глиняных частиц. И в итоге, мелкие частицы образуют флокулы, размер которых не зависит от типа введенного полимера. Наиболее прочные молекулы образуются в бинарной системе катионного и анионного полиэлектролитов. Также у данного образца лучше взаимодействие по сравнению с молекулами одного сополимера. Глина, обработанная полимерами, хорошо гранулируется методом прессования либо окатывания. Отмечено, что использование полимеров помогает формировать осадок с высокой плотностью и влагоотдачей, увеличивает пластическую прочность твердой фазы и улучшает условия грануляции [14-17].

Вторым аспектом исследования является повышение пылеподавления. Пылегазовые выбросы выделяются в процессах транспортировки, сушки и гранулирования концентрата KCl. Это ведет к выбросам диоксидов азота и серы, хлористого калия других загрязнителей. В свою очередь, идет отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье работников. Современные требования к продукции предусматривают низкую пылимость, которая обеспечивает экологические нормы при транспортировке, складировании и использовании и меньшей потере продукта.

Представлен метод обработки пылевидных фракций углеводородсодержащей добавкой. В качестве нее используют нефтяную фракцию с температурой кипения выше

250^0С. В качестве продукта использовали мелкозернистый концентрат ПАО «Уралкалий». Взяли в качестве реагентов прототип – минеральное масло с содержанием 0,5% нафтеновых кислот с 10%-ным водным раствором едкого натра и вышеуказанную нефтяную фракцию [21,22].

Данный концентрат с температурой 70^0С обрабатывали пылеподавителем и после охлаждения до комнатной температуры определяли слеживаемость и пылимость. При обработке нефтяной фракцией содержание пылевидных фракций уменьшается с 333 до 22 мг/кг, т.е. в 15 раз. При обработке прототипом этот показатель снижается с 333 до 48 мг/кг, т.е. в 6,9 раз.

В качестве недостатка такого метода можно отметить наличие нефтяной фракции, что нежелательно или невозможно использовать как сырье в других производствах.

В следующем способе исследован реагент, который содержит гликоль. Состав гликольсодержащей добавки: пылеподавитель калийных солей, формальдиоксановый спирт, карбоксиметилцеллюлозу и смачиватель ОП-10. Ниже представлена таблица состава трех образцов с различным соотношением компонентов.

Таблица

Состав образцов

Наименование показателя	Пример №1, мас.%	Пример №2, мас.%	Пример №3, мас.%
	Пылеподавитель калийных солей – 40 Формаль диоксановых спиртов – 10 Карбоксиметилцеллюлоза – 1 ОП – 1 Вода остальное	Пылеподавитель калийных солей – 45 Формаль диоксановых спиртов – 15 Карбоксиметилцеллюлоза – 2 ОП – 1,5 Вода остальное	Пылеподавитель калийных солей – 50 Формаль диоксановых спиртов – 20 Карбоксиметилцеллюлоза – 3 ОП – 2 Вода остальное
Кинематическая вязкость при 20^0С, мм^2/сек	23	26	30
Пылимость бентонитового глинопорошка, мг/т	700	680	650
Смываемость водой при нанесении 1 м^2 поверхности 200 г в-ва г/м^2	8	5	2,6

Для приготовления 1 тонны пылеподавителя используется следующая схема. В емкость, снабженную перемешивающим устройством, загружают 480 кг воды, порциями добавляют 10 кг карбоксиметилцеллюлозы, добиваясь полного ее растворения. Параллельно в другую емкость, снабженную перемешивающим устройством, загружают 400 кг пылеподавителя калийных солей и постепенно добавляют к нему 100 кг формаля диоксановых спиртов. Полученную жидкость размешивают до однородного состояния и добавляют к водному раствору карбоксиметилцеллюлозы. В полученную смесь дозируют 10 кг ОП-10. Производят перемешивание до достижения однородной жидкости. Все технологические операции производят при атмосферном давлении.

В итоге, оптимальным составом выбран №3. Пылимость материалов снижается на 10%. Смываемость водой с поверхности материала уменьшается в 4 раза из-за содержания в пылеподавителе карбоксиметилцеллюлозы [23].

Из всех рассмотренных вариантов наиболее целесообразными являются обработка реагентами – полиакриламидом, желтой кровяной солью, карбамидом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поваренная соль: Производство и применение в химической промышленности. А.А. Фурман [и др.]. М.: Химия, 1989. 272 с.
2. Первойкин М.А., Зелинская Е.В. Извлечение металлов из высококонцентрированных сточных вод Ковыктинского месторождения // Вестник Кузбасского Гос. Технического Университета. 2022. № 4 (152). С. 59-66.
3. Нажарова Л.Н., Шакиров Т.Р. Особенности растворения каменной соли месторождений Российской Федерации // Вестник технологического университета. 2020. №9. С. 51-56.
4. Технология получения технического хлористого натрия из галитовых хвостов / Х.Б. Рахматов, М.А. Самадий, А.Н. Ахмедов // Молодой ученый. 2015. №19. 60-63 с.
5. Исследование процесса смачиваемости пылевидного KCl, содержащего примеси флотореагентов / О.А. Федотова [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2013. Т.24. №1. 53-63 с.
6. Бачурин Б.А. Эколого-геохимическая оценка продуктов переработки глинисто-солевых шламов калийного производства [Электронный ресурс] / Б.А. Бачурин, А.Ф. Сметанников, Е.С. Хохрякова // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. Режим доступа: http://www.scienceeducation.ru/120-15442.
7. Лысухо Н.А., Ерошина Д.М. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду: монография. Минск.: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. 87-91 с.
8. Основные направления утилизации шламовых отходов калийного производства Белоруси / С.Ф. Шемет, А.С. Стромский, М.Г. Шемякина // Горный журнал. 2012. № 8. 72-76 с.
9. Снижение воздействия отходов калийной промышленности на окружающую среду / Д.Ю. Савон, С.В. Шевчук, Р.В. Шевчук // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 8. 360-368 с.
10. Постоянный технологический регламент №15 производства соли Камской поваренной. Соликамск: СКРУ-1, 2017. 97 с.
11. *Cain, N.P. Review of the effects of NaCl and other road salts on terrestrial vegetation in Canada / N.P. Cain et al. // Environment Canada, Commercial chemicals evaluation branch,* 2001.
12. Терещенко А.Г. Гигроскопичность и слеживаемость растворимых веществ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 77 с.
13. Скворцова З.Н., Траскин В.Ю. Коллоидно-химические основы методов борьбы со слеживанием поваренной соли // Коллоидный журнал. 2018. №4. С. 363-373.
14. Влияние водорастворимых полимеров и поверхностно-активных веществ на структурообразование хлорида калия в динамических условиях / Е.В. Воробьева [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. 2015. № 1. 109–114 с.
15. Холмберг К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М., 2007. 531 с.
16. Воробьева Е.В., Чередниченко Д.В., Воробьев П.Д., Крутько Н.П., Астахова М.А. Фазовое разделение солевых дисперсий глины полиакриламидными флокулянтами // Журнал прикладной химии. 2014. №12. С. 1762-1768.
17. Влияние влажности на прочность и однородность образцов слежавшегося хлористого калия / Калегин А.Д., Волков В.А, Кузнецов Ф.М. // Химия в сельском хозяйстве. 1980 г. №1. 41-45 с.

18. *Composition for dust control and improved material handling*: *pat. US* 20170044079 / *Daniel N.T. Hay. – Publ. date* 16.02.2017.

19. Аналитическая химия / С.К. Пискарева [и др.]. М.: Высшая школа, 1994. 384 с.

20. Горная энциклопедия. Том 4. Редакторы: Е.В. Козловский. М.: Советская энциклопедия, 1989 г. 623 с.

21. Способ получения непылящих минеральных удобрений: пат 2144013 Рос. Федерация / Чернов В.С., Энтентеев А.З., Дьяков С.П., Вахрушев А.М. №98102563/12; заявл. 12.02.1998; опубл. 10.01.2000, Бюл. №1. 5 с.

22. Способ получения агломерированного хлористого калия: пат. 2213078 Рос. Федерация / Букша Ю.В., Перминов Л.М., Дерябин П.А., Фролов С.Б., Гержберг Ю.И. №2001124027/12; заявл. 29.08.2001; опубл. 27.09.2003, Бюл. № 27. 6 с.

23. Пылеподавитель для обработки мелкозернистых материалов: пат. 2690925 Рос. Федерация / Жмаев В.В., Кузнецов А.В. №2018130698/22; заявл. 23.08.2018; опубл. 06.06.2019, Бюл. №16. 7 с.

Поступила 11.03.2024

УДК 669.295+ 669.296+ 669.297

А.С. Шумков, Ю.П. Кирин

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ЭНЕРГОПОДВОДА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВАКУУМНОЙ СЕПАРАЦИИ ГУБЧАТЫХ ЦИРКОНИЯ И ГАФНИЯ

Установлены общие закономерности отгонки магния и хлорида магния в процессах вакуумной сепарации губчатых титана, циркония и гафния. Отмечено, что в настоящее время получила развитие технология вакуумной сепарации губчатого титана при переменных режимах подвода энергии к реакционной массе, позволяющая улучшить технологические показатели процесса. Для совершенствования процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния предложено использовать способы переменного энергоподвода, разработанные ранее для процесса вакуумной сепарации губчатого титана.

Магниетермическое восстановление металлов из их хлоридов используется не только для получения губчатого титана [1], но и для получения таких металлов как губчатые цирконий и гафний [2]. Основное отличие от традиционной магниетермической технологии губчатого титана состоит в том, что хлориды циркония и гафния – твердые вещества, это усложняет процесс восстановления. После восстановления проводят процессы вакуумной сепарации полученных реакционных масс. Состав циркониевой реакционной массы – губчатый цирконий, магний, хлорид магния; состав гафниевой реакционной массы – губчатый гафний, магний, хлорид магния. Как и в магниетермической технологии получения губчатого титана, магний и хлорид магния – основные компоненты реакционных масс, отделяемые в процессах вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния.

Магниетермическая технология получения губчатого циркония освоена в настоящее время в АО «Чепецкий механический завод», г. Глазов, Удмуртская Республика [3]. На этом же предприятии разработана технология магниетермического получения губчатого гафния [4]. Область применения циркония – атомная энергетика, электроника, машиностроение. Гафний используется в регулирующих и защитных устройствах ядерных ректоров, в производстве высокотемпературных и жаропрочных материалов [2].

К настоящему времени накоплен достаточный теоретический и практический

материал для оптимизации процесса вакуумной сепарации губчатого титана, подробно изложенный в специальной монографии [5]. Внедрение разработок позволило существенно улучшить технико-экономические показатели производства губчатого титана.

В этой связи представлялось целесообразным проанализировать основные закономерности отгонки магния и хлорида магния из губчатых титана, циркония и гафния с целью оценки возможности применения ранее выполненных разработок [5] для совершенствования процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния.

Основы технологии и аппаратурного оформления процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния рассмотрены в работах [2,4].

Для отделения продуктов реакции восстановления хлоридов циркония и гафния применяют вакуумную сепарацию реакционных масс при температуре 920–930 °С и остаточном давлении 10^{-4}–10^{-6} мм рт. ст. При такой температуре и низком остаточном давлении магний и его хлорид испаряются из блока губчатого циркония (гафния), а затем их пары конденсируются в конденсаторе, наружная стенка которого охлаждается водой для поддержания заданного теплового режима конденсации паров. Процессы вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния состоят из двух основных стадий. На первой стадии происходит испарение с поверхности реакционных масс и крупных пор магния и хлорида магния, на второй – поверхность испарения перемещается вглубь, в поры губчатой структуры. По окончании процессов в циркониевой и гафниевой губке содержится остаточный хлор в виде хлорида магния, остающегося в мелких открытых капиллярах или закрытых порах губки.

Технология вакуумной сепарации губчатого титана достаточно хорошо изучена и подробно описана в специальной литературе по металлургии титана [1,6].

По сравнению с процессами вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния вакуумную сепарацию губчатого титана проводят при несколько иных температурном и вакуумном режимах (950–1000 °С и 10^{-1}–10^{-3} мм рт. ст.). В остальном процессы отгонки магния и хлорида магния из губчатых титана, магния и циркония имеют общие закономерности.

Таким образом, анализ литературных данных [1, 2, 4, 6] позволяет сделать вывод о том, что методы и средства, разработанные для оптимизации процесса вакуумной сепарации губчатого титана, могут быть использованы для совершенствования процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния.

Перспективным направлением оптимизации процесса вакуумной сепарации губчатого титана является развиваемая в настоящее время технология при переменных режимах подвода энергии к реакционной массе [7-9].

Данное направление оптимизации связано с изменением традиционной технологии вакуумной сепарации губчатого титана [1,6] и основано на учете влияния термодиффузии на перенос массопотока магния и хлорида магния по блоку губчатого титана.

Термодиффузия обусловлена значительным градиентом температуры, возникающим в реакционной массе при одновременном ее прогреве и испарении магния и хлорида магния. Под действием градиента температуры в реакционной массе возникает термодиффузионный поток магния и хлорида магния, препятствующий перемещению этих веществ к поверхности реакционной массы, что снижает скорость вакуумной сепарации. На практике это приводит к увеличению продолжительности процесса и повышению энергозатрат. Разработаны технологические режимы процесса вакуумной сепарации губчатого титана при различных способах подвода энергии, обеспечивающие снижение влияния термодиффузии за счет уменьшения величины и изменения направления температурного градиента в реакционной массе путем изменения скоростей ее нагрева и охлаждения на разных стадиях процесса [10].

В качестве примера рассмотрим температурный профиль промышленного аппарата вакуумной сепарации при переменных режимах энергоподвода, состоящий из стадий нагрева реакционной массы с одновременным испарением из нее основного количества магния и

хлорида магния, высокотемпературной выдержки реакционной массы для дальнейшего испарения магния и его хлорида, охлаждения реакционной массы с испарением оставшегося в порах и капиллярах титановой губки хлорида магния (рисунок) [11]. Такой температурный профиль обеспечивает снижение влияния термодиффузии за счет уменьшения величины температурного градиента снижением скорости нагрева реакционной массы до 9 °С /ч и изменения его направления охлаждением реакционной массы со скоростью 18,6 °С /ч. Внедрение технологии вакуумной сепарации реакционной массы при переменном энергоподводе позволило снизить энергозатраты процесса и улучшить качество титановой губки [8].

Таким образом, способы переменного энергоподвода, разработанные для процесса вакуумной сепарации губчатого титана, могут быть применены для совершенствования процессов вакуумной сепарации губчатых циркония и гафния.

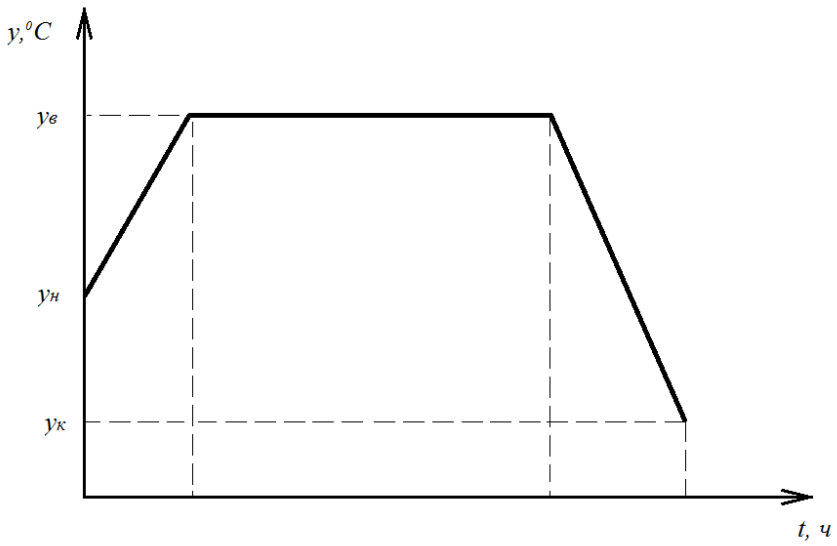


Рис. Температурный профиль промышленного аппарата вакуумной сепарации губчатого титана при переменном энергоподводе: $y_н$ – температура начала испарения магния и хлорида магния (850 °С); $y_в$ – температура высокотемпературной выдержки реакционной массы (1030 °С); $y_к$ – температура окончания процесса вакуумной сепарации (750 °С)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов А.В. Металлургия титана. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 328 с.
2. Металлургия циркония и гафния / Н.В. Барышников [и др.]. М.: Металлургия, 1979. 208 с.
3. Магниетермия редких металлов и их сплавов /Д.В. Дробот [и др.]. Соликамск: Соликамский магниевый завод, 2021. 172 с.
4. Батаев Я.С. Физико-химическое обоснование и разработка технологии магниетермического получения металлического гафния: автореф. дис. … канд. техн. наук. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 24 с.
5. Кирин Ю.П., Беккер В.Ф., Затонский А.В. Совместное проектирование технологии и системы управления вакуумной сепарацией губчатого титана. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2008. 124 с.
6. Родякин В.В., Гегер В.Э., Скрыпнюк В.М. Магниетермическое производство губчатого титана. М.: Металлургия, 1971. 216 с.
7. Шумков А.С., Кирин Ю.П., Тихонов В.А. Влияние термодиффузии на тепломассоперенос в процессе вакуумной сепарации губчатого титана с переменным

энергоподводом // Решение: материалы 11-й Всерос. науч.-практ. конф., Березники, 21 октября 2022 г. Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 164-165.

8. Кирин Ю.П., Тихонов В.А., Шумков А.С. Применение переменного энергоподвода для повышения эффективности вакуумной сепарации губчатого титана // Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (г. Березники, 26 апреля 2023 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 286-288.

9. Кирин Ю.П., Шумков А.С. Методы увеличения поверхности испарения магния и хлорида магния из реакционной массы процесса вакуумной сепарации губчатого титана // Решение: материалы 12-й Всерос. науч.-практ. конф. Березники, 21 октября 2023 г. Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 33-35.

10. Немчинов С.М., Тихонов В.А., Кирин Ю.П. Энергосберегающие режимы вакуумной сепарации губчатого титана // Молодежная наука в развитии регионов: материалы 4-й Всерос. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 23 апреля 2014). Пермь: Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2014. С. 213-216.

11. Кирин Ю.П., Тихонов В.А., Ангельхер А.Ю. Применение методов теории сушки для исследования и управления тепломассопереносом при вакуумной очистке титановой губки от магния и хлорида магния // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2021. №4. С. 17-28.

Поступила 11.03.2024

УДК 66.02

Н.Е. Малеванная, И.В. Крепышева

КАЛИЙ – ОСНОВА ЖИЗНИ!

Многие живущие на Земле люди даже не предполагают, как велика роль калия в жизни всех растений, человека и человечества. Калий – замечательный металл, уникальный и неповторимый. Он входит в состав многих минералов. Он везде - это значит, что он находится в почве, в растениях, в организме людей и животных. Он не просто находится, а обеспечивает важнейшие биологические и биохимические процессы. В организме человека он напрямую влияет на работу сердечной мышцы, регулирует ионообменные процессы. Без калия не возникла бы жизнь на нашей планете. При его недостатке она может прекратиться. «Камнем жизни» называют – калийные соли. Будем разбираться, что для нас есть Калий!

Калий – это белый металл, он мягкий и пластичный, похожий на пластилин. На воздухе он плохо хранится, поэтому лучше его хранить в керосине или парафиновом масле. Даже при незначительном нагревании на воздухе калий возгорается, его нужно хранить подальше от солнечных лучей. Калий легче воды по плотности. Может всплывать на поверхности воды, правда непродолжительное время. Он горит фиолетовым пламенем [1].

Калий входит в состав сотен различных минералов. Самые распространенные на сегодняшний день это: калиевый полевой шпат, или ортоклаз – двойная соль кремниевой кислоты $K_2O*Al_2O_3*6SiO_2$ (почти 18% массы земной коры), карналлит $KCl*MgCl_2*6H_2O$. Но особое значение имеют залежи природных калийных солей, в нашем случае это хлористый калий KCl, которые служат сырьем для калийной промышленности [2].

Происхождение залежей калийных солей связано с древним океаном. Это произошло в Пермский период Палеозойской эры, примерно 200 млн лет тому назад. Было огромное

Пермское море. Отложение солей шло с того времени, но не в чистом виде, а в виде натриевых, магниевых и калиевых солей. Огромные пласты образовывались под воздействием Солнца и испарения воды [3].

Калий в почве – это целый мир, который живет по своим законам природы. В одной только почве содержится множество калия. Почва, как живой организм, она вся пропитана калием. Калий в почве образуется из поверхностных слоев горных пород в процессе химического выветривания – под действием воздуха, воды, углекислого газа, температурных перепадов, всевозможных обитателей Земли. Ион K^+ легко поляризуются, деформируется под влиянием заряженных частиц почвы и прочно связывается с ними. Вся наша почва – есть целый минерал [1, 2].

Калий в растениях.

Все растения содержат калий, без него растения погибают. Большинство калия содержится в клеточном соке растения. Калий в растениях выполняет функцию, которая участвует в биологических и биохимических процессах. Самый распространенный и известный нам процесс фотосинтеза и образования углеводов в клетках растений. Калий помогает растениям выжить в морозы и засуху. Он увеличивает синтез целлюлозы и толщину клеточных стенок, повышает прочность тканей. Весь необходимый калий растения получают из почвы, а, чтобы помочь им получать его, необходимо земледелие [3, 4].

В организме человека 50% – это соли калия, который входит в состав внутриклеточной жидкости. Калий питает клетки мозга, сосудов, капилляров и мышц, печени и т.д. помогает сокращению сердечных ритмов и импульсов.

Он регулирует водносолевой обмен и осмотическое давление крови в сосудах. При нехватке калия, человек чувствует себя плохо. Необходимо постоянно пополнять его баланс в организме здоровой пищей или витаминами. Один из главных признаков дефицита этого микроэлемента – усталость, мышечная слабость. Возможны сухость кожи, тусклый цвет волос, плохая регенерация кожи. О недостатке калия говорят сбои ритма сокращений сердечной мышцы и даже сердечные приступы.

Но избыток калия также плох, как и недостаток. Проявляется избыток его в организме в виде возбуждения, нарушений функционирования сердечной мышцы, усиления отделения мочи, неприятных ощущений в конечностях. Переизбыток калия может привести к проблемам с сердцем, отложению солей калия в связках, повышенному риску мочекаменной болезни. В некоторых случаях дело может закончиться параличом конечностей [2].

Для профилактики дефицита калия необходимо употреблять такие продукты, как картофель, бобовые (очень много калия в сое, фасоли и горохе), арбузы и дыни, бананы. Не стоит забывать о зеленых листовых овощах – богатом и полезном продукте. Богат калием и ржаной хлеб. Много калия содержится в моркови (например, при суточной потребности взрослого человека в калии 1,1–2 г, в стакане морковного сока содержится 0,8 г калия). Зимой источником калия могут служить сухофрукты (особенно, курага) и орехи (миндаль и кедровые орешки). В продуктах животного происхождения также содержится калий, но в меньших количествах. Больше всего этого микроэлемента в говядине, молоке и рыбе [2, 5].

Хотелось бы сказать, что калий как минерал, везде. Он нужен всем. Все живое на Земле есть благодаря калию. Если не будет его, то мы погибнем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головков Б.Ю., Ломакин А.Г., Рейбман Л.А. Калий в прошлом, настоящем, будущем. Санкт-Петербург, ООО «П.Р.П.». 2001. 7-22 с.
2. Петропавловский И.А., Дмитревский Б.А., Левин Б.В., Почиталкина И.А. Технология минеральных удобрений: учеб. пособие. СПб: Проспект Науки, 2018. 139 с.
3. Глинка Н.Л. Общая химия: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2010. 583 с.
4. Сискевич Ю.И., Никонова Г.Н. Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области // Агрохимический вестник. 2006. № 6. 2–4 с.

5. УралКалий [Электронный ресурс]: открытый источник информации/ «Применение калия». Режим доступа к ресурсу: http://infopotash.com

Поступила 14.03.2024

УДК 677.027.65

Е.С. Власкина, Ю.Н. Соотц, К.А. Ерзунов, О.И. Одинцова

КАПСУЛИРОВАНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРИЦИНА ДЛЯ АРОМАТИЧЕСКОЙ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ

Показана возможность капсулирования эфирных масел на основе биополимеров, таких как альгинат натрия, серицин, хитозан, ксантановая камедь и поверхностно-активных веществ неионогенного типа: твин-80, неонол АФ 9/10. Характеристики синтезированных капсул оценивали с помощью методов динамического рассеивания (размер капсул) и электрофоретического рассеивания (ξ-потенциал). Получены архитектуры оболочек микрокапсул на основе ряда пар противоположно заряженных полиэлектролитов: серицин – хитозан, серицин – альгинат натрия, серицин – ксантановая камедь. Использован серицин промышленного выпуска компании HVIK, а также белок, выделенный непосредственно из коконов тутового шелкопряда. Установлено, что такие микрокапсулы характеризуются малыми размерами (от 130 до 460 нм), однако при этом эмульсии являются неустойчивыми. Минимальный размер частиц для системы, содержащей капсулы, синтезированные из выделенного серицина и хитозана (133,8 нм), дзета-потенциал наноэмульсии, при этом составил -11 мВ.

В современном мире развиваются технологии, направленные на получение текстильных материалов с новыми уникальными свойствами. Особый интерес представляют ткани, обладающие ароматическими и ароматерапевтическими свойствами. Для создания таких тканей используют эфирные масла, такие как масло пихты, хвои, розмарина и другие, которые нормализуют работу нервной системы, успокаивают и придают сил всему организму. Однако при непосредственном нанесении масел на текстильную основу не удается достичь устойчивого длительного эффекта, поскольку эфирные масла со временем будут улетучиваться с поверхности. В этой связи актуальными становятся исследования, направленные на поиск методов прочного закрепления душистых веществ на текстильном материале. Одним из эффективных и доступных методов является микрокапсулирование. Эфирное масло заключается в оболочку из различных полимерных компонентов, которые обеспечивают ему высокую степень фиксации на материале и пролонгированное высвобождение.

Значимым фактором при создании методик капсулирования остается экологическая составляющая процесса. Особенно важно соблюдать экологические и фармакологические требования при синтезе микрокапсул, используемых для изготовления изделий медицинского назначения. При этом в области создания медицинских текстильных материалов особый интерес представляет белок шелка серицин, обладающий антимикробными, ранозаживляющими, противовоспалительными и УФ-защитными свойствами [1]. Серицин можно использовать в различных сферах деятельности: в пищевой, текстильной промышленности, в качестве добавки в косметические средства. Он безопасен и имеет не сложную технологию выделения из коконов тутового шелкопряда [2, 3].

В связи с этим представляется актуальным оценить процесс формирования микрокапсул, содержащих биологически активное вещество (эфирное масло), оболочки которых сформированы посредством электростатического взаимодействия серицина и

следующих полиэлектролитов: хитозана [4], альгината натрия [5] и ксантановой камеди [6]. Данные полиэлектролиты являются экологически безопасными и подходят для применения в медицинской и косметической индустрии [7, 8].

Серицин получали путем его выделения из коконов тутового шелкопряда в водно-солевом растворе с последующей экстракцией. Технология включала несколько стадий: во-первых, производили очистку коконов от куколок, промывали и мелко нарезали. Затем готовили рабочий раствор: Na_2CO_3 (1,06%), $NaHCO_3$ (0,84%). Соотношение шелкового сырья к раствору составило 1 : 40. Опускали нарезанные коконы в раствор и кипятили в течение часа. В процессе варки серицин высвобождался из шелковых нитей в систему.

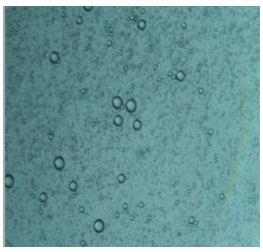
Для получения нанокапсул сначала вводили в эфирное масло пихты, поверхностно-активные вещества, после чего добавляли полиэлектролиты: хитозан – альгинат натрия – ксантановая камедь, последним из которых шел серицин. При каждом введении нового продукта перемешивали в течение 5 минут на магнитной мешалке при скорости 600 об/мин.

Переход к применению более безопасных для человеческого организма веществ позволит рекомендовать синтезированные микрокапсулы к применению в биомедицинских разработках. В связи с этим опробовали твин-80 в качестве эмульгатора, так как он нетоксичен и безопасен, работает как успокаивающее средство для кожи.

Получены микрокапсулы на основе промышленно выпускаемого и выделенного серицина с использованием твина-80 в качестве эмульгатора. Исследованы размер и форма полученных микрокапсул. Определен дзета-потенциал дисперсий (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Характеристика микрокапсул на основе серицина компании HVIK

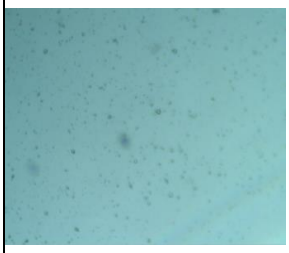
Состав эмульсии	Изображение капсул	Дзета-потенциал, мВ	Степень однородности, %	Размер частиц, нм
Серицин HVIK, твин-80, неонол АФ 9/10, хитозан, вода		-22,44±0,51	100	463,4
Серицин HVIK, твин-80, неонол АФ 9/10, альгинат натрия, вода		-2,03±0,12	100	169,2
Серицин HVIK, твин-80, неонол АФ 9/10, ксантановая камедь, вода		-8,16±0,13	2	9,656
			98	**230,3**

При использовании твина-80, производственного серицина *HVIK* в сочетании с хитозаном для построения архитектуры оболочки капсулы дисперсия наиболее стабильна, что характеризует высокий ξ-потенциал системы. В случае применения альгината натрия и

ксантановой камеди полученные системы менее устойчивы во времени (см. табл. 1).

Таблица 2

Характеристика микрокапсул на основе серицина, выделенного из коконов в лабораторных условиях

Состав эмульсии	Изображение капсул	Дзета-потенциал, мВ	Степень однородности, %	Размер частиц, нм
Серицин, твин-80, неонол АФ 9/10, хитозан, вода		-11,56±0,14	100	133,8
Серицин, твин-80, неонол АФ 9/10, альгинат натрия, вода		-1,47±5,06	100	229,3
Серицин, твин-80, неонол АФ 9/10, ксантановая камедь, вода		-11,57±0,13	1,5	8,162
			98,5	424,9

Введение Твина–80 в качестве эмульгатора с систему, включающую выделенный в лабораторных условиях серицин, показало (табл. 2), что при формировании капсул на основе всех пар полиэлектролитов, серицин – хитозан, серицин – альгинат натрия, серицин – ксантановая камедь, полученная дисперсия является достаточно устойчивой (30 дней). При этом капсулы имеют небольшой размер (от 130 до 460 нм). Минимальный размер частиц наблюдается для микрокапсул, оболочки которых включают серицин компании *HVIK* – альгинат натрия (169,2 нм) и выделенный в лаборатории серицин – хитозан (133,8 нм).

В результате проведенных экспериментов получены капсулы, в ядре которых содержится эфирное масло пихты. Определены размеры микрокапсул, оболочки которых синтезированы на основе пар природных полиэлектролитов: серицин-хитозан, серицин-ксантановая камедь, серицин-альгинат натрия и ξ-потенциал рассматриваемых дисперсий. Установлена эффективность применения серицина, полученного в лабораторных условиях по разработанной методике для формирования оболочек капсул.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер проекта FZZW2023-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jia, L. Silk sericin-based materials for biomedical applications / L. Jia, L. Shi , Y. Denget al // Biomaterials*. 2022. *V*. 287. *P*.121638.
2. *Wang F. Effect of silk protein surfactant on silk degumming and its properties / F. Wang, C. Ting, Z. Qing // Materials Science and Engineering*. 2015. *P*. 131-136.
3. *Aramwit, P. The effect of sericin from various extraction methods on cell viability and collagen production / P. Aramwit, S. Kanokpanont, T. Nakpheng et al // International Journal of Molecular Sciences*. 2010. *N* 5. *P*. 2200-2211.
4. *Ke, C.L. Antimicrobial actions and applications of Chitosan / C.L. Ke, F.S. Deng, C.Y. Chuang et al // Polymers*. 2021. *V*. 13. *P*. 904.
5. *Balakrishnan, B. Periodate oxidation of sodium alginate in water and in ethanol–water mixture: a comparative study / B. Balakrishnan, S. Lesieur, D. Labarreet al // Carbohydrateresearch*. 2005. *V*. 304. *P*. 1425-1429.
6. *Gowthaman, M.K. Production of Xanthan Gum / M.K. Gowthaman, M.S. Prasad, N.G. Karanth // Central Leather Research Institute*. 2014. *V*. 2. *P*. 699-705.
7. *Fathian, R. A critical review of the application of silk sericin and its mechanical properties in various industries / R. Fathian, A. Fathian, E. Fathian et al // Journal Res. Appl. Fur. Eng*. 2021. *V*. 9. *P*. 1-11.
8. *Fathian, R.A review of potential applications of sericin and its biological, mechanical, and thermal stability characteristics / R. Fathian, E. Hosseini, A. Fathian et al // Eng. sci. Technol. Int. Journal*. 2022. *V*. 9. *P*. 1-9.

Поступила 14.03.2024

УДК 677.027.6

Ф.А. Быков, М.Ю. Горский, Е.Л. Владимирцева

ПРИРОДНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ В ОЧИСТКЕ ОТРАБОТАННЫХ КРАСИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Исследуется возможность получения композиционных материалов для очистки водных растворов от органических красителей. Материалы выполнены на основе волокнистых полимеров и алюмосиликатов. От традиционных фильтрующих материалов на основе волокнообразующих полимеров их отличает присутствие на волокнистой матрице природного бентонита, который за счет слабой связи между силикатными слоями обуславливает значительную емкость ионного обмена. Иммобилизация частиц алюмосиликатов на поверхности волокнистых материалов повышает их сорбционную активность по отношению к органическим красителям. Применение натуральных волокон и природных минералов обеспечивает биоразлагаемость фильтрующих материалов и экологичность их утилизации.

Одной из основных проблем отделочного производства текстильной отрасли является утилизация сточных вод, содержащих синтетические красители. Известно, что большинство красителей являются токсичными соединениями, а очистка от них сточных вод – сложный многостадийный процесс. Среди разнообразия способов и подходов к проблеме, ведущую позицию занимают сорбционные методы как наиболее технологически простые [1-3]. Результативность их зависит от природы и активности применяемых сорбентов. При этом

возникает проблема их регенерации или утилизации, решение которой во многом определяет эффективность практического применения.

В представленной работе предпринята попытка получения биоразлагаемого адсорбента при использовании недорогого и доступного минерального сырья (бентонитов и глин) в сочетании с волокнистыми материалами, преимущественно отходами текстильного производства (брак, очесы, лоскут и пр.).

На первом этапе проведена комплексная оценка сорбционной активности различных минералов по отношению к наиболее часто используемым на современных предприятиях красителям. В качестве объектов использовались природные глинистые минералы, отличающиеся месторождением и характером примесей. Предварительно их измельчали и просеивали через сито с размером ячеек 0, 315 мм. После этого порошки алюмосиликатов вводили в растворы красителей (0,02 г/л) в соотношении 40:1, перемешивали и отстаивали в высоких цилиндрах, фиксируя время и полноту осаждения. На рис. 1 и 2 в качестве примера представлено изменение оптической плотности растворов, содержащих пигменты, которые попадают в сточные воды в первую очередь при промывке печатных шаблонов и оборудования и активных красителей.

Отработанные растворы отстаивались с дисперсией алюмосиликатов в течение суток. Лучшие результаты получены при использовании в качестве сорбента бентонита и глины Часов-Ярского месторождения. Оба минерала относятся к классу монтмориллонитовых глин, имеют слоистую структуру, и, таким образом, высокую адсорбционную и обменную способности (~80-120 мэкв на 100 г) [4].

Как видно из представленных графиков, природные алюмосиликаты легко адсорбируют пигментные красители, которые практически не растворяются в воде и вместе с минералами достаточно быстро оседают и могут быть извлечены из водного субстрата. Водорастворимые красители (прямые и активные) сорбируются гораздо хуже, поэтому для усиления эффекта разработали комбинированный материал, включающий, кроме минеральной составляющей, волокнистую основу. В качестве текстильной матрицы использовали отходы натуральных и синтетических волокон: хлопчатобумажного (Хл), шерстяного (Ш), полиэфирного (ПЭ) (в 2-х, отличающихся по структуре вариантах: I – нестабилизированное и II – стабилизированное), полиамидного (ПА), полиакрилонитрильного (ПАН) [5].

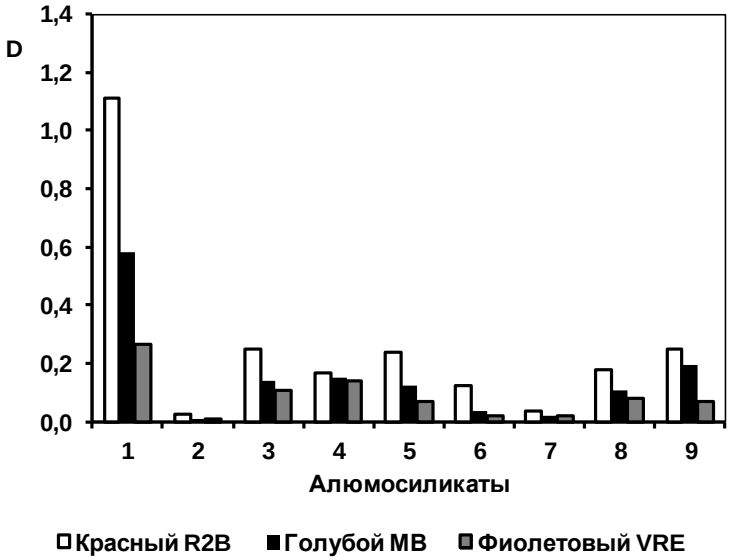


Рис. 1. Оптическая плотность суспензий пигментов после отстаивания в течение суток с алюмосиликатами: 1 – исходный; 2 – глина Часов-Ярская; 3 – глина Лежневская; 4 – глина Веселовская; 5 – глина Коноховская; 6 – глина Никифоровская; 7 – Бентонит; 8 – глина Малоступкинская; 9 – глина Волкушинская

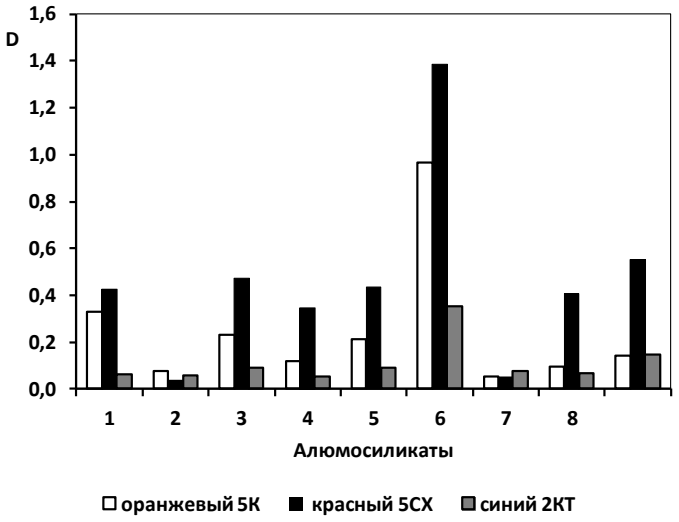


Рис. 2. Оптическая плотность растворов активных красителей после отстаивания в течение суток с алюмосиликатами: 1 – исходный; 2 – глина Часов-Ярская; 3 – глина Лежневская; 4 – глина Веселовская; 5 – глина Коноховская; 6 – глина Никифоровская; 7 – Бентонит; 8 – глина Малоступкинская; 9 – глина Волкушинская

Минералы наносили на волокно путем обработки его в водной дисперсии. В исследованиях использовали бентонит как наиболее эффективный адсорбент. Количество закрепленного на поверхности волокон глинистого порошка контролировали гравиметрическим методом – привес составил от 0,5 до 5 % в зависимости от природы волокна. Также были сделаны микрофотографии, на которых четко видны частицы алюмосиликатов, закрепившиеся на волокнистом материале.

Эффективность модифицированного волокна, как сорбента, оценивали по обесцвечиванию в его присутствии водного раствора красителей при комнатной температуре. Соединение двух адсорбентов – волокнистого и минерального – взаимно усиливает их сорбционную активность. На диаграмме (рис. 3) представлено изменение оптической плотности раствора красителя активного голубого МВ при контакте с обработанными бентонитом волокнами различной химической природы.

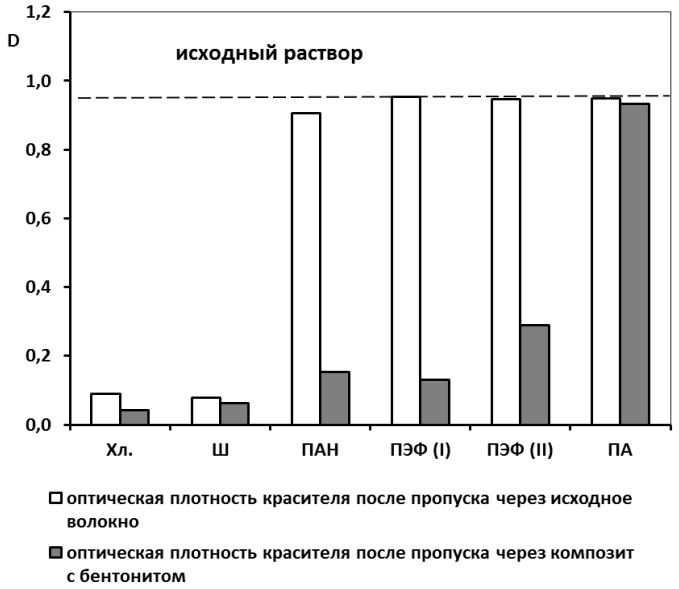


Рис. 3. Результаты сорбции красителя активного оранжевого 5 К исходными и модифицированными волокнами

Как видно из диаграммы, активный краситель эффективно поглощается природными волокнами (хлопчатобумажными и шерстяными), независимо от присутствия на них частиц бентонита. С волокнами, имеющими химическое происхождение картина другая: необработанный материал практически не меняет содержание красителя в растворе, но его сорбционная активность заметно возрастает после модификации. ПЭ- и ПАН-волокна, содержащие иммобилизированный бентонит, активно поглощают краситель. Исключение составляет полиамидное волокно. Возможно основная причина низкой сорбционной активности в этом случае – низкое содержание минерала на волокне (0,5 %).

При условии применения в качестве волокнистой основы натуральных волокон и модификации их природными минералами будут получены биоразлагаемые очищающие материалы, что значительно облегчит их утилизацию по сравнению с традиционными адсорбентами. Присутствие в составе природных примесей бентонитовой глины оксида титана обуславливает возможность фотокаталитического разрушения сорбированного красителя до экологически безопасных соединений под действием инсоляции. Предполагается формировать из обработанного волокна кассеты, через которые будут пропускаться стоки, содержащие красители, либо блоки для помещения в отстойники со сточными водами. Обесцвеченные отходы могут в дальнейшем повторно использоваться в производстве или сливаться в общую канализацию. Отработанный фильтровальный материал может быть использован в технических целях или утилизирован в строительных технологиях, например, при производстве арболитовых блоков. Кроме того, имея натуральную, биоразлагаемую природу, он может быть отправлен на свалку. Сорбированный на фильтре краситель на открытом воздухе разлагается под действием инсоляции в присутствии оксида титана, содержащегося в виде примеси в бентонитовой глине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветошкин, А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды: учеб. пособие. Пенза: Изд-во ПГАСА. 2002. 291 с.
2. *Abid M.F., Zablouk M.A., Abid-Alameer A.M. Experimental Study of Dye Removal from Industrial Wastewater by Membrane Technologies of Reverse Osmosis and Nanofiltration* // *J. Environ. Health Sci. Engineer*. 2012. *V*. 9. *P*. 1. *doi*: 10.1186/1735-2746-9-17.
3. *Afroze S., Sen T.K. A Review on Heavy Metal Ions and Dye Adsorption from Water by Agricultural Solid Waste Adsorbents* // *Water Air Soil Pollut*. 2018. *N* 229. *P*. 1–50. *doi*: 10.1007/s11270-018-3869-z.
4. Вельбой М.А., Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Шамсуддинова Э.Г. Оценка сорбционной активности глинистых минералов по отношению к растворам прямых и активных красителей // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2014. № 2. С. 28-32.
5. Быков Ф.А., Владимирцева Е.Л., Овчинников Н.Л., Бутман М.Ф., Одинцова О.И. Модификация волокнистых материалов для повышения их сорбционной активности // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности 2023, №5 (407), С. 123-128.

Поступила 14.03.2024

УДК 662.4

Н.В. Норина, Д.А. Ахметгареев, Ю.В. Кучин

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РЕКИ КАМА В МЕСТАХ КУПАНИЯ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА БЕРЕЗНИКИ

Проанализированы результаты проб воды в реке Кама. Исследования экологического мониторинга показали, что необходимо обеспечить современное благоустройство мест массового отдыха жителей до начала и во время купального сезона, а также своевременно информировать население о качестве воды в реке Кама.

Пермская земля богата реками. Главная река нашего края – Кама – крупнейший приток Волги, главная река Западного Урала и символ Пермского края, голубая дорога Прикамья, водная магистраль Перми.

Интенсивная эксплуатация реки Кама началась в 1950-е годы. Известно, что в то время, когда велось строительство гидростанции, на первом месте стоял экономический эффект от этого гидросооружения. В настоящее время пришло понимание того, что состояние водных объектов и реки Кама, как главной артерии Прикамья, напрямую влияет на экологию региона, сказывается на состоянии природы и на здоровье населения. Проблема загрязнения реки Кама тесно связана с проблемой обеспечения пресной водой.

Город Березники является крупнейшим загрязнителем Камского водохранилища. Загрязнения поступают в водотоки и водоемы от горнодобывающей, химической, строительной промышленности, коммунального хозяйства, объектов теплоэнергетики, транспорта, с дренажно-дождевыми сточными водами от сосредоточенных и рассеянных источников загрязнения. В связи с этим большое значение приобретает мониторинг состояния реки, качества воды, определение концентраций примесей в районах промышленных объектов [1-3]. В сентябре 2022 г. Березниковским отделением ВООП была организована поездка по Каме по маршруту: судоходный канал – Камский мост – поселки Огурдино, Орел и Пыскор, с целью привлечения внимания к проблемам качества питьевой воды, необходимости сохранения водных ресурсов и их рационального использования. В каждом обследуемом районе были отобраны пробы воды с различных глубин: поверхностный слой (глубина отбора 20 см от поверхности воды) и придонный слой (глубина отбора от 5 м и более), табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты лабораторных исследования проб воды

Место отбора	Наименование показателя	11.09.2022 г.	
		Поверхностный слой	Придонный слой
Поселок Пыскор	Реакция среды (pH)	7,0	7,2
	Железо, мг/л	0,28	0,3
	Жесткость, мг-экв/л	4,6	4,20
	Хлориды, мг/л	101,20	116,90
	Щелочность мг/л	1,80	2,20
Камский мост	Реакция среды (pH)	7,20	7,50
	Железо, мг/л	0,4	0,5
	Жесткость, мг-экв/л	2,9	4,8
	Хлориды, мг/л	100,50	125,40
	Щелочность мг/л	2,0	2,1

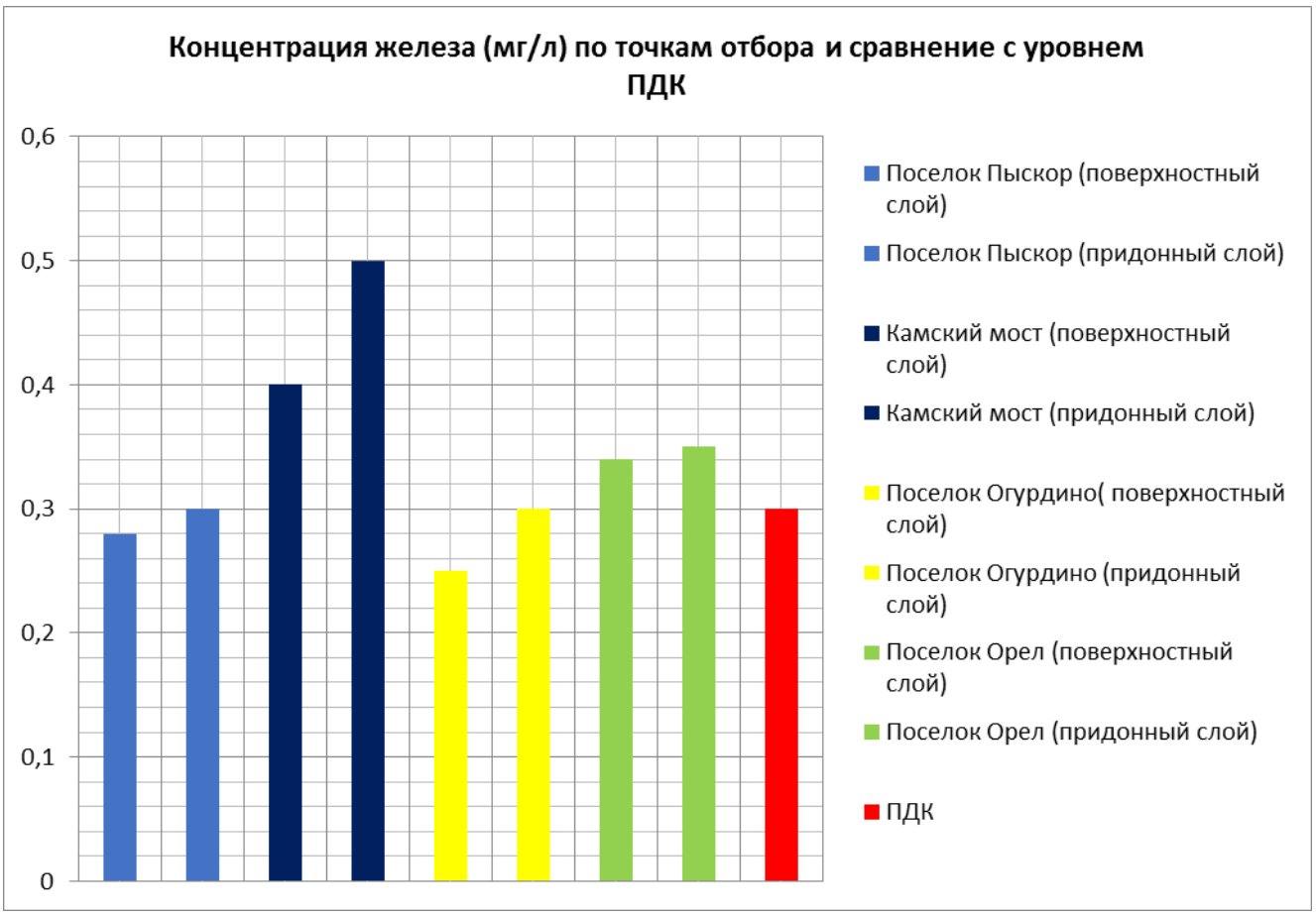
Окончание табл. 1

Место отбора	Наименование показателя	11.09.2022 г.	
		Поверхностный слой	Придонный слой
Поселок Огурдино	Реакция среды (pH)	7,0	7,0
	Железо, мг/л	0,25	0,3
	Жесткость, мг-экв/л	2,40	2,20
	Хлориды, мг/л	60,70	98,80
	Щелочность мг/л	1,60	0,3
Поселок Орел	Реакция среды (pH)	7,2	7,40
	Железо, мг/л	0,34	0,35
	Жесткость, мг-экв/л	2,50	2,60
	Хлориды, мг/л	150,80	163,20
	Щелочность мг/л	1,60	1,30

Таблица 2

Результаты исследования химического состава воды
в реке Кама за 2022 г.

Место отбора	Наименование показателя	13.09.2022 г.	
		Поверхностный слой	Придонный слой
Поселок Пыскор	Реакция среды (pH)	7,0	7,20
	Железо, мг/л	0,29	0,29
	Жесткость, мг-экв/л	4,6	4,20
	Хлориды, мг/л	111,20	118,10
	Щелочность мг/л	1,80	2,20
Камский мост	Реакция среды (pH)	7,20	7,50
	Железо, мг/л	0,35	0,5
	Жесткость, мг-экв/л	2,9	4,9
	Хлориды, мг/л	109,80	135,40
	Щелочность мг/л	2,0	2,0
Поселок Огурдино	Реакция среды (pH)	7,0	**7,0**
	Железо, мг/л	0,28	0,29
	Жесткость, мг-экв/л	2,40	2,20
	Хлориды, мг/л	70,70	99,80
	Щелочность мг/л	1,60	1,60
Поселок Орел	Реакция среды (pH)	7,2	7,40
	Железо, мг/л	0,33	0,33
	Жесткость, мг-экв/л	2,50	2,60
	Хлориды, мг/л	150,80	173,20
	Щелочность мг/л	1,60	1,30



Диаграмма

Анализ проб воды, отобранной в местах купания поселков Огурдино, Орел, Пыскор свидетельствует о санитарно-химическом загрязнении. С учетом того, что водоемы данных поселков используются населением для отдыха, складывается неблагоприятная ситуация по качеству воды, что может оказать негативное воздействие на здоровье населения.

Превышение санитарно-химических показателей вызвано влиянием поверхностных дождевых стоков, которые сбрасываются без предварительной очистки, хозяйственной деятельностью промышленных предприятий и хозяйственных объектов, нерегулярной очисткой в местах массового отдыха населения.

Помутнение воды, наличие взвешенных веществ, грязно-коричневый оттенок воды, следы мазута и масел обнаружены в районах судоходного канала, поселков Огурдино, Орел. Концентрация ионов железа в пробах воды у Камского моста до поселка Орел изменяется от 0,34 до 0,5 мг/л, как в придонном, так и в поверхностном слое (диаграмма). Превышение ПДК составляет от 1,1 до 1,6. В районе поселков Пыскор и Огурдино не выявлено превышение ПДК по содержанию железа. Превышение концентрации хлоридов в пробах воды по всему маршруту следования Березники – Камский мост – Огурдино – Орел – Пыскор не обнаружено. Содержание карбонат – иона (щелочность) в пробах воды изменяется от 1,30 до 2,2 мг/л, значения общей жесткости имеют невысокие показатели, вода мягкая, имеет нейтральную среду, pH в основном составляет 7,0-7,2. При отборе проб воды особое внимание обращали на илистые отложения на дне и берегах на протяжении всего маршрута исследований воды. На прибрежной береговой линии обнаружены массовые свалки бытовых, строительных, пластиковых и других видов отходов.

Степень загрязнения воды в реке Кама зависит от величины антропогенной нагрузки, т.е. от интенсивности воздействия деятельности человека на природный объект. В данном случае это физическая, химическая, биологическая и социальная. Анализ состояния водных

ресурсов бассейна реки Кама за последние 5 лет показывает, что качество воды не ухудшилось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический мониторинг: под ред. Аничкиной Т.Я. М.: Академический проект. 2005 г.
2. Шиленко Н.А. Перечень рыбохозяйственных нормативов: ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / Н.А. Шиленко, И.В. Семенова. М.: ВНИРО. 1999 г.
3. Промышленная экология: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. Под ред. В.Г. Калыгина. М.: Издательство ACADEMA. 2004 г.

Поступила 15.03.2024

УДК 628.978.711

А.Р. Зимнуров, Р.А. Гришин, О.В. Козлова

ПАРА-АРАМИДНАЯ ТКАНЬ С ЭФФЕКТОМ МАСКИРОВКИ

Работа посвящена решению проблемы колорирования трудноокрашиваемых негорючих пара-арамидных материалов.

Текстильные материалы, предназначенные для верхней одежды работников МЧС, рыболовов, охотников, а также используемые в спортивных играх, должны обладать свойствами маскировки, а в ряде случаев, особенно в ночное время, текстильные изделия должны быть невидимыми в ближней инфракрасной области спектра, которая лежит в пределах от 700 до 1100 нм.

Настоящее исследование является частью цикла исследований, проводимых кафедрой ХТВМ ИГХТУ, и направлено на решение проблемы колорирования трудноокрашиваемых негорючих материалов из пара-арамидных волокон. В ранних работах ученых были описаны способы крашения таких тканей с использованием полимерно-пигментных композиций [1,2]. Недостатком разработанных технологий являлась невысокая прочность окрасок.

Продолжением работ по колорированию пара-арамида явилась доработка красильных композиций и технологии, а также рассмотрение возможности получения на пара-арамидных тканях эффекта ремиссии отражения в ИК-лучах.

Известно, что от того, какими красителями окрашена или напечатана ткань, зависят ремиссионные характеристики. На уровень ремиссии также влияют инфракрасные свойства тела и волокнистого состава ткани. Инфракрасный камуфляж не должен отвлекать от камуфляжа видимого цвета, поэтому рисунок, способный маскировать объекты в видимой и инфракрасной области, должен быть сбалансирован.

Классический способ придания текстильному материалу эффекта ИК-ремиссии подробно рассмотрен автором [3]. Технология заключается в добавлении в каждый оттенок камуфляжного рисунка черного пигмента, за счет которого уровень отражения в ИК-области спектра снижается. Этот способ имеет место в случае создания материалов, у которых должны быть четко соблюдены требования по уровню ремиссии в соответствии с требованиями силовых структур.

Авторами [4,5] предложен интересный подход к снижению уровня ремиссии в ИК-области спектра. Предложено вводить минеральную ахроматическую добавку в полимерную

композицию, которой модифицируют колорированную ткань. Технология предполагает поверхностное ракельное нанесение загущенной пигментно-полимерной композиции на текстильный материал, реализуется на любой сушильно-ширильной машине, оборудованной устройством ракельного или валкового нанесения композиции. Условия сушки и термообработки соответствуют классическим режимам – сушка при 80ºС, фиксация горячим воздухом в течение 3–5 мин при температуре 140–160ºС.

Эффект ИК-ремиссии оценивали с помощью спектрофотометра со специальной насадкой – интегрирующей сферой (фирма *PerkinElmer Ltd*, Великобритания). Спектральные характеристики покрытий снимали в сравнении с исходной колорированной под «камуфляж» ткани в рабочем диапазоне 250–1100 нм.

Объектами исследований были 100%-ные пара-арамидные ткани, которые являются особенно перспективными за счет хорошей прочности, сверхвысокой термической устойчивости и находят широкое применение в современной технике, транспорте, одежде для работников МЧС, а также для создания высокопрочных композитов и изделий на их основе.

Результаты спектрального анализа окрасок, полученных с использованием пигмента желтого на пара-арамидной ткани, можно видеть на рис. 1.

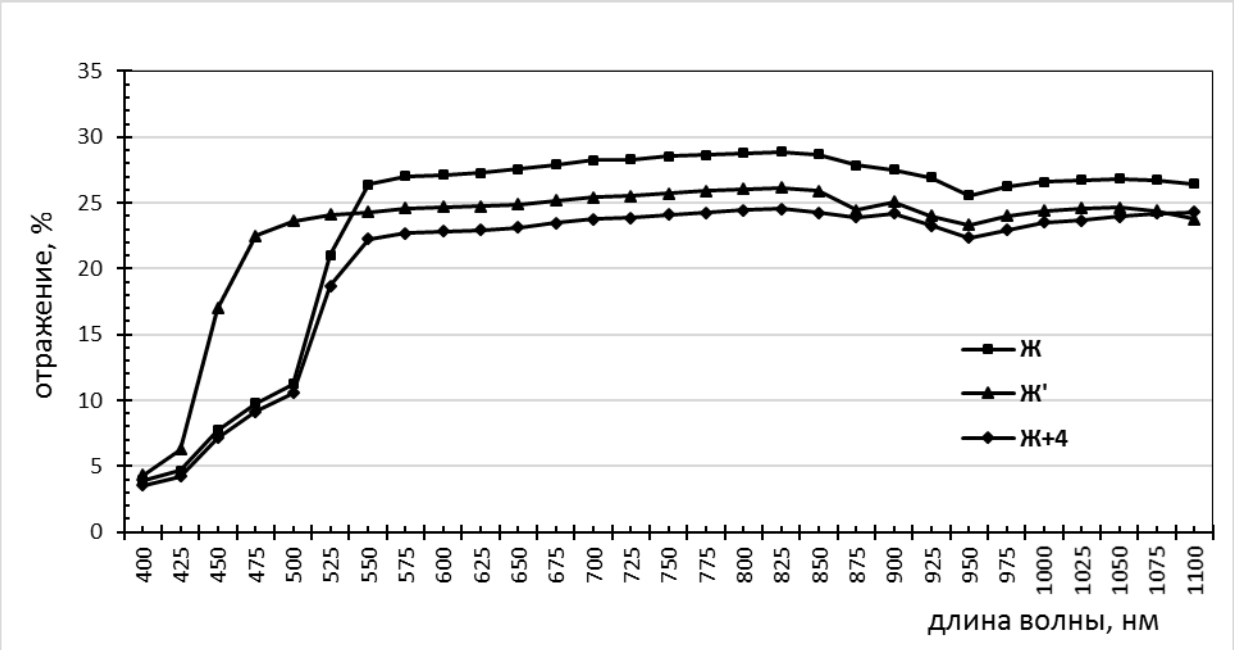


Рис. 1. Кривые отражения желтого пигмента на пара-арамидной ткани

Сравнение новой технологии проводилось с классической технологией печати пигментами прямой печатью (кривая Ж) и технологией печати пигментами с добавками ахроматического пигмента в печатную краску (кривая Ж + ч). Спектральная кривая Ж' отображает оптические свойства полученных по новой технологии материалов.

Показано, что отражение в ИК-области при реализации предлагаемой технологии колорирования ткани снизилось на 10%, причем спектральные кривые как по II, так и по III варианту практически совпадают. Предлагаемый авторами вариант в отношении трудоемкости и длительности процесса получения эффекта ремиссии значительно выигрывает.

Дальнейшим этапом исследований явится более тщательная отработка технологии с целью получения цвета, попадающего в «ремиссионный коридор», а для пара-арамидной ткани необходимым является учет исходной специфической окраски от желтого до светло-зеленых оттенков, поэтому требуются дополнительные исследования по подбору концентраций ахроматического пигмента в полимерной композиции для основных цветов,

составляющих основу сложных цветов камуфляжа.

Исследования показали, что для камуфляжа различных цветовых колоритов (для степей, лесов, пустынь и др., рис. 2) количество ахроматических добавок, вводимых в полимерно-пигментную композицию, может меняться от 0,25 до 5 г/кг.

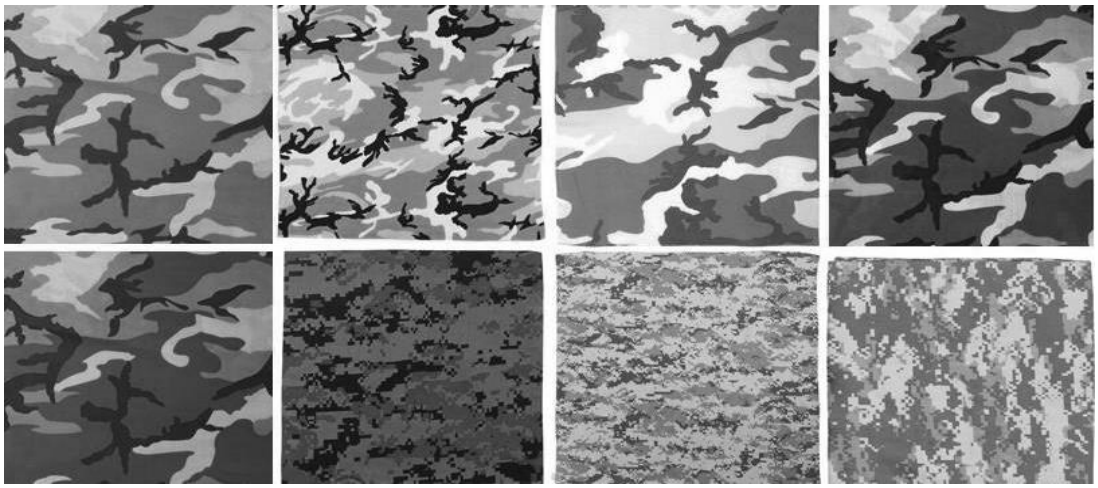


Рис. 2. Примеры рисунков под камуфляж

Полученные результаты актуальны, востребованы и найдут применение при производстве текстильных материалов с маскирующими свойствами не только для пара-арамидных, но хлопкополиэфирных материалов, используемых для пошива одежды специального назначения. Большим преимуществом технологии является возможность использования полноцветных рисунков, напечатанных цифровой печатью и любого масштабного формата.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2023-0008 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меленчук Е.В., Козлова О.В. Использование полимеров-модификаторов при колорировании пара-арамидных тканей // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 8. С. 90-92.

2. *Kozlova O.V., Odintsova O.I., Melenchuk E.V., Fedorinov A.S. Dyeing of para-aramid fabrics in the presence of domestic urethane polymers // Russian Journal of General Chemistry*. 2016. Т. 86. № 2. С. 488-491.

3. *Razouvaev A. Russia. CIS. Baltics. Textile Industry. Sulphur Dyes. Sulphur Dyes Bulletin Marketing No*.5, *Clariant Productos SA*., 1998, 109-113.

4. Зимнуров А.Р., Козлова О.В., Одинцова О.И. Современное состояние и перспективы развития технологии получения текстиля с ИК-ремиссией // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2020. Т. 50. № 4. С. 40-44.

5. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. Полимерное покрытие для придания текстильным рисункам эффекта ИК-ремиссии // Российский химический журнал. 2022. №. 2. Том LXVI. С. 28-32.

Поступила 15.03.2024

УДК 677.027

О.В. Козлова, Р.А. Гришин, М.Р. Таганова

МАСКИРУЮЩИЙ ТЕКСТИЛЬ С ВОДООТТАЛКИВАЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Работа посвящена разработке технологии получения эффекта ИК-ремиссии и водоотталкивающих свойств в одну стадию. Приведены спектральные кривые, показывающие разницу уровня ИК-ремиссии, между исходным образцом и модифицированным.

Камуфляжная ткань – одна из самых востребованных тканей специального назначения, поэтому ее производство является актуальным направлением в текстильной промышленности. Камуфлированная одежда, используемая охотниками, рыбаками, игроками в страйкбол, пейнтбол и т.д., должна маскировать объект не только в дневное, но и в ночное время суток [1]. Но такая ткань помимо маскирующих свойств, должна обладать и такими свойствами, как масло- и водоотталкивание.

Цель работы – разработка рецептуры полимерного покрытия для текстиля, обеспечивающего получение совокупности таких функциональных свойств, как водоотталкивание и ИК-ремиссия.

Начальный этап исследования был посвящен анализу эффективности использования препаратов различных фирм, используемых в настоящее время в отделочном производстве для водоотталкивающей отделки текстильных материалов во многих российских производствах; а именно зарубежных препаратов: *SF Guard* S8, *HUVA* (*Archroma*), *RUCO-Guard AIR* (*Rudolf*).

Отечественные акриловые и сшивающие компоненты, а также препарат на основе фторкарбоновых кислот являются ключевыми в отделочной композиции. Вся технологическая карта, включающая в себя концентрации, параметры термообработки и т.д., были отработаны авторами в течение длительных экспериментов и исследований [2-4]. Технология заключалась в модификации текстильного материала полимерной загущенной композицией путем ракельного нанесения с последующей подсушкой и фиксацией горячим воздухом при 150–160°С в течение 2–3 мин.

Контроль качества заключался в оценке показателей масло- и водоотталкивания, а также значения углов раскрытия складки, которые показывают изменения в упруго-эластических свойствах модифицированных материалов.

Результаты эффекта водоотталкивания оценивали визуально по времени удержания капли воды на поверхности обработанного материала (рис. 1), маслоотталкивания – путем использования специальных испытательных жидкостей с различным поверхностным натяжением в соответствие с *GOST Soil-Release AATCC-Test* 130–1969.

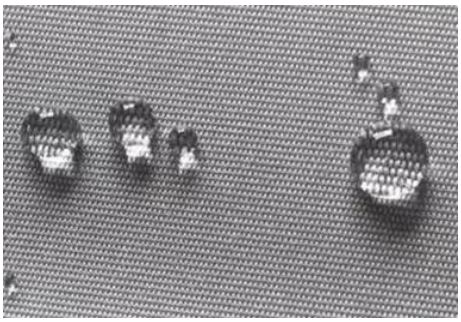


Рис. 1. Капля воды на поверхности текстильного материала

Препараты *NUVA* и *SF-guard C*8 проявляют лучшие результаты маслоотталкивания

при концентрациях 80–100 г/л. Однако при частичной замене дорогих зарубежных компонентов в отделочной композиции на препараты отечественного производства таких, как Рузин-14 и и Отексид Д2, маслоотталкивающие свойства высокие уже при 40–60 г/л. Следовательно, появляется возможность удешевить технологию в целом.

Так как ткани с рисунками под «камуфляж» относятся к группе специального назначения, то самой распространенной тканью для такого вида отделки является полиэфирсодержащий текстильный материал, поскольку такой вид волокон обладает рядом преимуществ перед натуральными, искусственными и смесовыми волокнами.

Для придания текстильному материалу маскирующих свойств в ночное время суток (прибор ночного видения), а именно эффекта ИК-ремиссии, в отделочную композицию добавляется ахроматическое вещество в определенной концентрации, в качестве которого обычно используют пигменты сажи, оксида графена и графита.

Результаты полученного эффекта оценивали с помощью спектральных характеристик покрытия, снятых в диапазоне 250 – 1100 нм. На рис.2 показана кривая, снятая с одного из оттенков камуфлированной ткани. Верхняя кривая – исходная ткань без отделки, нижняя кривая – ткань, модифицированная полимерной композицией с добавлением минерального компонента в концентрации 0,25 г/кг. Визуальную разницу оценивали с помощью фотоаппарата с функцией ночного видения.

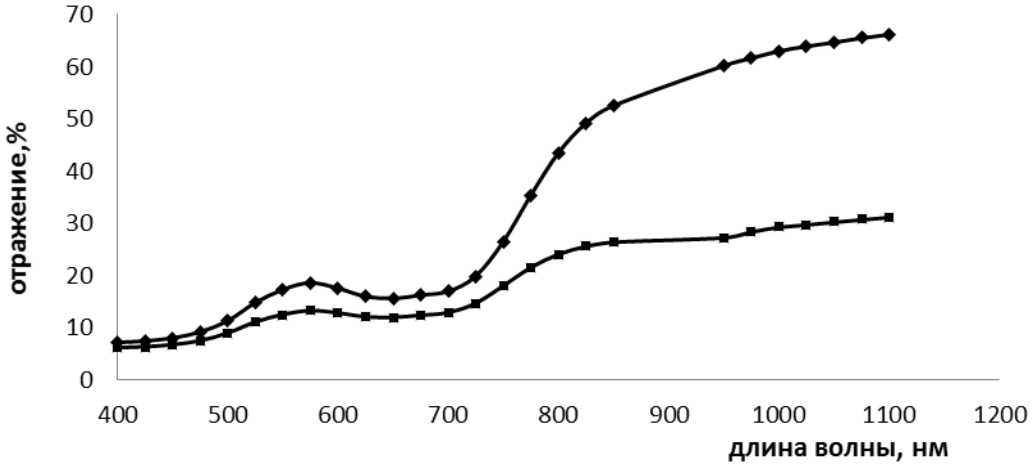


Рис. 2. Спектральные характеристики окрасок пигментом хаки: верхняя кривая – исходный цвет; нижняя – с поверхностной модификацией полимерной композицией

Анализируя спектральные кривые, можно сделать вывод о том, что уровень ИК-ремиссии снизился с 65% до 30%, это говорит об успешной модификации текстильного материала и получении маскировочного эффекта в ночное время суток.

Полученные результаты могут использоваться при производстве текстильных материалов с различными свойствами: маскировка, масло- и водоотталкивание.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Razouvaev A. Russia. CIS. Baltics. Textile Industry. Sulphur Dyes. Sulphur Dyes Bulletin Marketing* No.5, *Clariant Productos SA.*, 1998, 109-113.

2. Зимнуров А.Р., Козлова О.В., Одинцова О.И. Современное состояние и перспективы развития технологии получения текстиля с ИК-ремиссией // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2020. Т. 50. № 4. С. 40-44.

3. Санжеева Е.Б., Одинцова О.И., Козлова О.В. Современные достижения в области применения водных дисперсий акриловых полимеров в производстве текстиля // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 197-200.

4. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. Полимерное покрытие для придания текстильным рисункам эффекта ИК-ремиссии // Российский химический журнал. 2022. №. 2. Том LXVI. С. 28-32.

Поступила 15.03.2024

УДК 544.351.3-16.032.4

А.А. Гилева, С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев

ДИАГРАММА РАСТВОРИМОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O

В статье представлено описание многокомпонентной диаграммы растворимости KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O, анализ которой позволит прогнозировать состав выделяемых продуктов и полупродуктов в процессе галургической переработки соответствующих рассолов.

Проблема переработки гидроминерального сырья в последнее время приобретает большое значение [1]. Основными компонентами в природных рассолах являются хлориды калия, магния и кальция [2]. Для разделения этих компонентов могут быть применены галургические методы, основанные на выпаривании растворов и кристаллизации солей. Теоретическое обоснование и прогнозирование параметров стадии кристаллизации строится на рассмотрении диаграмм растворимости, которые позволяют определить составы равновесных фаз [3,4]. Подобные диаграммы составляются по известным справочным данным различных систем и используются для определения составов фаз при теоретическом изучении многих технологических процессов [5-7].

Целью представленной работы является описание и анализ многокомпонентной диаграммы хлоридно-кальциевого рассола с учетом присутствия в составе солей калия, кальция, магния.

Безводная проекция диаграммы растворимости системы KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O, построенная по справочным данным [8], представлена на рис. 1.

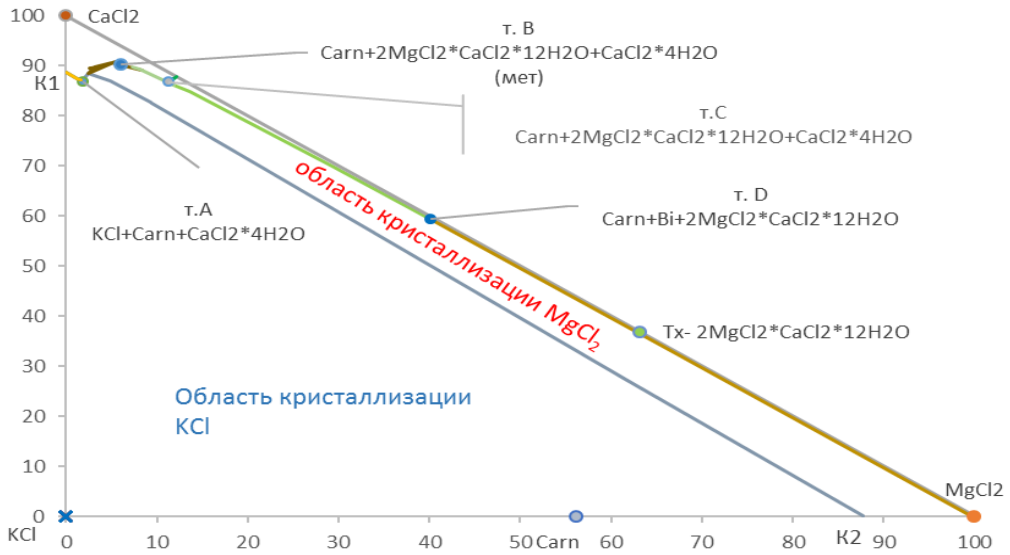


Рис. 1. Диаграмма растворимости системы KCl-$MgCl_2$-$CaCl_2$-H_2O

На диаграмме растворимости концентрации солей выражаются в г/100 г суммы солей. Координата по оси абсцисс показывает значение концентрации $MgCl_2$ в системе. Координата по оси ординат – значение концентрации $CaCl_2$. Значение концентрации KCl определяется по разности между 100 и суммой $MgCl_2$ и $CaCl_2$.

В углах треугольника состава располагаются точки сухих солей – соответственно KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$. Кроме них показаны фигуративные точки состава карналлита ($KCl{\cdot}MgCl_2{\cdot}6H_2O$, Carn) и тахигидрита ($2MgCl_2{\cdot}CaCl_2{\cdot}12H_2O$, Tx). На диаграмме изображены изотермы растворимости растворов, насыщенных двумя солями: K_1-*A* – растворы, насыщенные KCl и $CaCl_2{\cdot}4H_2O$; *A*-K_2 – растворы, насыщенные KCl и соединениями солей Mg; *A*-*B* – растворы, насыщенные карналлитом и $CaCl_2{\cdot}4H_2O$; *B*-*D* – растворы, насыщенные карналлитом и тахигидритом.

Линии составов растворов, насыщенных по двум солям, делят диаграмму на поля кристаллизации отдельных солей. Как правило, точка состава кристаллизующейся соли примыкает к ее области кристаллизации. На диаграмме видно, что область кристаллизации хлорида калия, ограниченная точками KCl-K_1-*A*-K_2, занимает наибольшую площадь и примыкает к точке KCl. Следовательно, в этой системе хлорид калия является самым труднорастворимым компонентом.

Однако, для инконгруэнтно растворимых солей точка состава кристаллизующейся соли лежит за пределами поля ее кристаллизации. Так, область кристаллизации карналлита (расположенная между точками K_2-*A*-*B*-*C*-*D*-*Tx*-$MgCl_2$) и фигуративная точка его состава (*Carn*) не соприкасаются между собой. В то же время, область кристаллизации карналлита – вторая по площади и, следовательно, карналлит является вторым по растворимости компонентом в этой системе.

Диаграмму растворимости, включающую в себя соли, образующие инконгруэнтно растворяющиеся соединения, можно разделить на два треугольника состава по прямой $CaCl_2$ - *Carn*. Первый треугольник образован $CaCl_2$, KCl и *Carn*, второй - $CaCl_2$, $MgCl_2$ и *Carn*. В зависимости от того, в какую область диаграммы относительно прямой $CaCl_2$ – *Carn* попадает точка исходного состава, меняется вид кристаллизующейся твердой фазы из раствора, состав которого находится на кривых насыщения *A*-K_2.

Описание и анализ подобных диаграмм и прогнозирование составов выделяемых продуктов и полупродуктов лежит в основе галургического метода получения различных минеральных соединений. Пользуясь общими принципами чтения диаграмм растворимости, возможно описать процессы, происходящие и при переработке наименее изученных видов сырья, состав которых варьируется в широких диапазонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зелинская Е.В., Щербакова Л.М., Федотова Н.В. Эколого-экономические аспекты комплексного использования минерального сырья Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 65-67.
2. *Ruberlan Gomes da Silva, Marcelo Seckler, Sonia Denise Ferreira Rocha, Daniel Saturnino, Éder Domingos de Oliveira. Recovery of saleable salts from occurring natural brines representing the quinary aqueous system* Na-K-Mg-Ca-Cl // *Tecnol. Metal. Mater. Miner.* 2018. *V.* 15. *N.* 3. *P.* 350-357.
3. Чарыкова М.В., Чарыков Н.А. Термодинамическая модель природных рассолов. Учет присутствия микрокомпонентов. II. Система Na^+, K^+, Mg^{2+}||Cl^-, Br^- H_2O // Геохимия. 2007. №10. С. 1129-1138.
4. Лященко А.К. Структурные координаты раствора в физико-химическом анализе водно-солевых систем // Журнал неорганической химии. 2010. Т. 55. №11. С. 1930-1936.
5. Солиев Л. Фазовые равновесия системы Na, K, Mg, Ca//SO_4,Cl-H_2O при 50°C в области кристаллизации лангбейнита ($K_2SO_4{\cdot}2MgSO_4$) // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2013. Т. 56. №7. С. 534-540.

6. Агилар К.К., Дмитревский Б.А., Арапов О.В., Чарыкова М.В., Чарыков Н.А. Фазовые равновесия в системах Na^+, K^+||Cl-H_2O и K^+||Cl, H_2PO 4-H_2O при температурах 0-100°C // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 6. С. 894-899.

7. Солиев Л. Фазовые равновесия в системе Na, K, Mg, Ca| |SO_4, Cl – H_2O при 50°C в области кристаллизации галита // Журнал неорганической химии. 2014. Т. 59. № 9. С. 1263.

8. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т2. Четырехкомпонентные и более сложные системы/ Сост. Здановский А.Б. Л.: Ленгосхимиздат, 1954. 596 с.

Поступила 15.03.2024

УДК 631.83

Е.А. Аристова, О.Е. Нисина

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНИСТО-СОЛЕВОГО ШЛАМА ООО «ЕВРОХИМ – УКК»

В статье рассмотрена возможность использования глинисто-солевого шлама как калийного мелиоранта или удобрения, получаемого при обесшламливании калийной руды ООО «ЕвроХим-УКК». Осадок глинисто-солевого шлама может применяться в качестве химического мелиоранта или комплексного калийсодержащего удобрения.

Процесс добычи и переработки полезных ископаемых вызывает нарушение целостности природных ландшафтов и приводит к деградации земельных ресурсов, что является причиной образования техногенно-нарушенных земель. В связи с ростом промышленного производства увеличиваются интенсивность и масштабы негативного воздействия на земельные ресурсы от предприятий горнодобывающей промышленности.

В настоящее время в шламохранилищах ООО «ЕвроХим-УКК» складированы большие объемы глинисто-солевых шламов (ГСШ). В связи с ограниченностью объемов шламохранилища возникла необходимость ограничения скорости его заполнения. Наиболее перспективным вариантом решения данной задачи является снижение количества ГСШ.

Одним из перспективных способов переработки ГСШ является использование его обезвоженных осадков в качестве мелиоранта. Обезвоженный осадок ГСШ содержит до 20% хлористого калия, хлористый натрий, соединения калия и магния, а также нерастворимый остаток в виде галопелита. Галопелит, в свою очередь, богат такими микроэлементами как бром, медь, марганец, цинк и др. Глины являются эффективным структурообразователем, что может быть использовано при рекультивации почв. Так как он обладает свойствами мелиорант-сорбента, его можно использовать на загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами почвах. Химический состав ГСШ представлен в таблице.

Таблица

Химический состав ГСШ

Показатель	Среднее содержание
Внешний вид	Агломераты и комки различного размера темно-серого цвета с включениями от белого до розового цвета
М.д нерастворимого остатка, % не менее	40,0
М.д KCl, % не менее	12,5
Ж/Т не более	2,3
М.д H_2O, % не более	25,0

В процессе выполнения работы проанализирован состав и физико-химические характеристики осадка ГСШ. Результаты анализа данных показали, что осадок ГСШ обладает высокой влагоемкостью, значительным содержанием калия и ряда микроэлементов, что доказывает его мелиорационной потенциал при рекультивации и внесении в почву в качестве дополнительного удобрения. Важно отметить, что ГСШ нетоксичен, содержит тяжелые металлы в пределах нормы в соответствии с требованиями ГОСТ к удобрениям. Благодаря химическому составу осадки ГСШ, при использовании в качестве мелиоранта-удобрения, характеризуются пролонгированным эффектом при рекультивации техногенно нарушенных земель. Применение калийного удобрения способствует снижению pH с 7,8 до 7,5. Низкая стоимость ГСШ при значительных масштабах нарушенных земель, способствует экономической целесообразности использования.

Данные по химическому составу отходов свидетельствуют о положительном влиянии ГСШ на калийный режим почв и продуктивность сельскохозяйственных культур. Однако использование ГСШ сдерживает отсутствие конкретных рекомендаций по его применению под отдельные сельскохозяйственные культуры.

Результаты проведенного анализа планируется использовать в качестве исходных данных для подготовки и выбора варианта снижения объемов шламов, направляемых для складирования в шламохранилище, а также для разработки концепции обращения с отходами Усольского калийного комбината.

В результате использования шламовых отходов, появляется возможность значительно снизить их объем, направляя на складирование в шламохранилище, благодаря чему можно будет выпускать новый вид продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масленникова И.С., Горбунова В.В. Управление экологической безопасностью и рациональным использованием природных ресурсов. СПб: СПбГИЭУ, 2011. 556 с.
2. Гирусов Э.В. Экология и экономика природопользования М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. 519 с.
3. Дебелая И.Д. Рациональное природопользование. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. 141 с.
4. Смычник А.Д., Шемет С.Ф., Кологривко А.А. Технологии складирования отходов калийного производства // Сб. науч. статей X юбилейной национальной конф. с междунар. участ. по открытой и подводной добыче полезных ископаемых. Варна, 2009. С. 494–496.

Поступила 17.03.2024

УДК 543.421

В.А. Русинов, О.К. Косвинцев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММ РАСТВОРИМОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАМОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРАТА КАЛЬЦИЯ

В статье обозначена проблема переработки отходов на АО «Березниковский содовый завод». Основным компонентом по литературным данным является кальцит, переработка которого в нитрат кальция позволит интегрировать его в различные отрасли. Обозначены направления использования нитрата кальция в сельском хозяйстве и строительстве в качестве добавки. Представлена диаграмма растворимости системы $Ca(NO_3)_2$ – $Mg(NO_3)_2$ – H_2O с целью оценки и прогнозирования возможности переработки шламов содового производства с получением нитрата кальция.

На территории Пермского края находится одно из крупнейших и старейших

предприятий по производству соды аммиачным способом (методом Сольве) – АО «Березниковский содовый завод». Одной из наиболее актуальных экологических проблем предприятия является переработка жидких отходов (дистиллерной жидкости и отходов обжига известняка), которые складируются в шламонакопителях. За период функционирования предприятия накоплено более 50 млн. тонн шламов [1].

Преобладающим минералом складированных отходов АО «БСЗ» является кальцит, находящийся в кристаллическом (до 58 %) и скрытокристаллическом состоянии (до 70 %). Общее количество кальцита находится в пределах 80–95 %, причем его большее содержание характерно для 1,5-метрового верхнего слоя [2].

Для освобождения шламохранилища от отходов с целью предотвращения переполнения и попадания его содержимого в окружающую среду могут использоваться как известные способы утилизации, так и перспективные, состоящие в использовании получаемого из отходов нитрата кальция в различных отраслях и областях сельского хозяйства и производства строительных материалов.

Кальциевая селитра – это удобрение, которое активно используется в различных областях сельского хозяйства, а также в садоводстве для улучшения урожайности и свойств почвы. Это кристаллическая соль с хорошими водорастворимыми свойствами. Благодаря действию удобрения значительно повышается иммунитет как садовых, так и огородных насаждений. Растительность становится более устойчивой к перепадам температур, атакам паразитов и различным заболеваниям. Так, при подкормке томатов и болгарского перца селитрой последние гораздо меньше страдают от корневой и верхушечной гнили. Листовые пластинки и корневища растений развиваются гораздо быстрее при подкормке кальциевой селитрой, которая ускоряет процесс фотосинтеза сельскохозяйственных культур. Подкормочный состав снижает кислотность почвы, способен поглощать металлы из почвенного слоя и не позволяет активироваться опасным химическим соединениям. В результате заметно улучшается общее качество почвенного слоя.

Нитрат кальция (тетрагидрат) позволяет достичь прочности и качества бетона и изделий из него, которые необходимы в строительстве при различных погодных условиях, при производстве железобетонных изделий, а также способны ускорить производство работ и оптимизировать затраты. Учитывая уникальные свойства технической добавки нитрата кальция (тетрагидрата) в бетон, эта добавка востребована, в частности, при производстве искусственного декоративного камня и тротуарной плитки из бетона, а также сухих строительных смесей. Он совместим с любыми пластификаторами (лигносульфанатами, суперпластификаторами на основе нафталина и меламина, поликарбоксилатами и т.д.) при условии, что они вводятся в смесь отдельно.

Кальциевая селитра – это добавка, ускоряющая схватывание и твердение бетона, кроме того, многочисленные исследования показали, что кальциевую селитру можно использовать в качестве многофункциональной добавки в зависимости от дозировки. Ингибитор коррозии (2–4%) предотвращает растрескивание (1–2%). Он легко перерабатывается и утилизируется, ускоряет схватывание и твердение (на 0,5–2%), сокращает период набора прочности (на 2–2,5%).

Добавление нитрата кальция в бетонную смесь понижает температуру замерзания смеси, что позволяет замешивать бетон при 10 C^0 без замедления затвердевания, а также появляется возможность замешивать раствор при отрицательных значениях температуры, потому как температура замерзания воды понижается при использовании добавки. Кроме того, добавка обладает другими эффектами. При добавлении в дозировке 1% улучшает водонепроницаемость бетона, увеличивает конечную прочность до 30 %, тем самым снижая количество возможностей для образования трещин, по сравнению с обычным бетоном. При дозировке в 3% замедляется процесс коррозии, вызванный хлорид-ионами, это дает возможность использовать в бетонной смеси хлорид кальция в совокупности с нитратом кальция [3].

Кроме того, является активатором бетонной смеси после длительной транспортировки, основной добавкой в качестве герметика для получения водонепроницаемого бетона, дозировка составляет 1–1,5% от массы цемента, повышает ударную вязкость и предел прочности при растяжении дорожного бетона, уменьшает истирание бетона (дорожных покрытий и элементов мощения).

Переработка шламов содового производства с получением нитрата кальция может стать перспективным направлением получения нитрата кальция для дальнейшего его использования в качестве вышеупомянутых удобрений и добавок в строительные материалы.

С целью получения целевого продукта в виде нитрата кальция (тетрагидрата) из шламов содового производства предлагается следующая схема получения целевого продукта.

Шлам производства подвергается промывке, взаимодействию с 30%-ной азотной кислотой, выпариванию раствора с последующей кристаллизацией целевого компонента.

Состав основных компонентов обезвоженного шлама содового производства (шлама карбоната кальция) при влажности около 60% следующий: $CaCO_3$ 50–65; $MgCO_3$ 20–25; $Ca(OH)_2$ 4–10; $CaC1_2$ 5–10; $SiO_2 + Al_2O_3$ 5–10; $CaSO_4$ 3–9,5; SiO_2 0–4,9 [4].

В данном составе шлама содержится до 25% карбоната магния, который после взаимодействия с азотной кислотой переходит в раствор в виде нитрата магния. С целью прогнозирования возможной раздельной кристаллизации нитрата магния и нитрата кальция была построена диаграмма растворимости системы $Ca(NO_3)_2 – Mg(NO_3)_2 – H_2O$ (рисунок) по данным источника [5].

На диаграмме отражен процесс выделения нитрата кальция из системы. Согласно диаграмме, точка исходного раствора, состав которой определен на основе материального баланса взаимодействия шлама с 30%-ной азотной кислотой находится в области ненасыщенных растворов. При испарении воды в твердую фазу может кристаллизоваться тетрагидрат нитрата кальция, а в жидкой фазе остается раствор, эквивалентный составу эвтектики.

Таким образом, показано, что при выпаривании требуемого количества воды из исходного раствора можно получить как кристаллический тетрагидрат нитрата кальция, так и раствор, обогащенный нитратом магния.

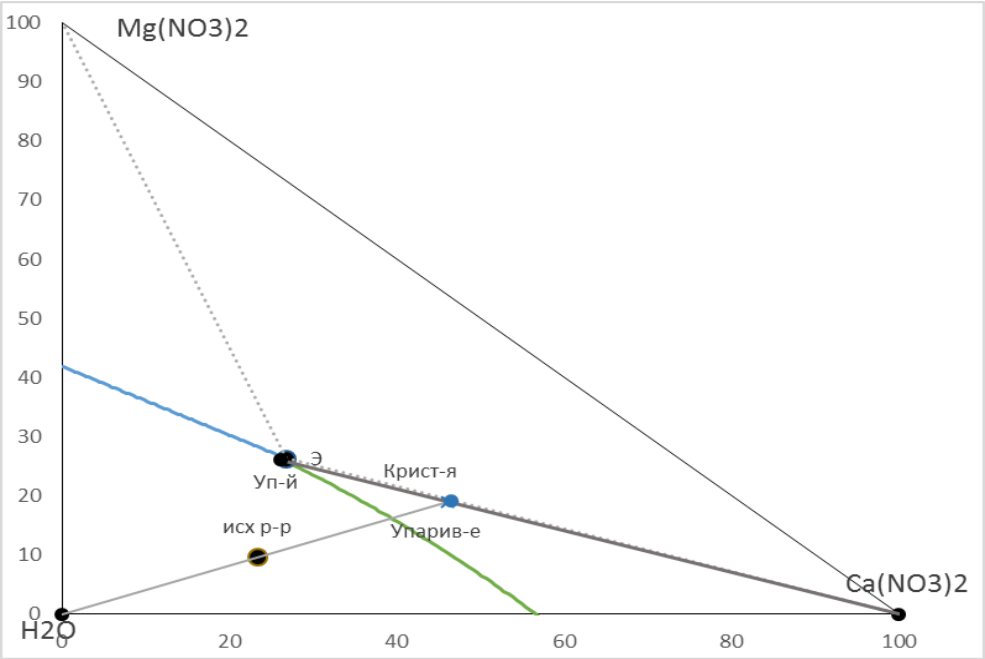


Рис. Диаграмма растворимости $Ca(NO_3)_2 – Mg(NO_3)_2 – H_2O$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатов А.А., Кутырев А.С., Бадертдинов Р.Н. Некоторые пути утилизации отходов производства соды // Башкирский экологический вестник. 2013. № 3–4. С. 8–16.
2. Козлов С.Г., Вязовикова И.В., Черный С.А., Крепышева И.В. Использование отходов содового производства в дорожном строительстве // Фундаментальные исследования. Технические науки. 2013. № 10. С. 2604-2611.
3. Материалы II студенческой научно-практической конференции «Современная наука глазами молодежи» / Отв. ред. О.В. Федорова. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. С. 9–11.
4. Калинина Е.В. Утилизация шламов карбоната кальция в производстве товарных продуктов строительной отрасли // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2012. № 1(5). С. 97–113.
5. Коган В.Б., Огородников С.К., Кафаров В.В. Справочник по растворимости. Тройные и многокомпонентные системы, образованные неорганическими веществами. Т. 3: Кн. 3. Л.: Изд-во Наука СССР, 1970, 1112 с.

Поступила 17.03.2024

УДК 544.351.3-16.032.4

П.М. Бабкин, А.А. Гилева, О.К. Косвинцев, С.В. Лановецкий

СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ РАСТВОРИМОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИДА КАЛИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Диаграммы растворимости солевых систем позволяют анализировать, прогнозировать и регулировать технологические процессы извлечения полезных компонентов из минерального сырья различного химического состава. В статье представлен статический анализ трехкомпонентной диаграммы растворимости системы KCl – NaCl – H_2O, при помощи которого описан пошаговый процесс растворения и кристаллизации хлорида калия из минерального сырья заданного состава.

Диаграммы растворимости многокомпонентных соединений представляют собой графическое изображение, показывающее связь между температурой и растворимостью того или иного соединения в растворителе [1-4]. С помощью таких диаграмм, как правило, определяют массовые количества кристаллизующегося растворенного вещества и растворителя при изменении температуры процесса растворения/кристаллизации. Анализ сложных многокомпонентных систем при помощи такого графического инструмента позволяет прогнозировать сложные технологические процессы галургического извлечения солей и широко используется как в научных исследованиях, так и промышленности [5-7].

Целью представленной работы явился статический анализ трехкомпонентной диаграммы растворимости KCl-NaCl-H_2O для определения оптимальных параметров извлечения хлорида калия из минерального сырья заданного химического состава.

В качестве исходного минерального сырья использовался полупродукт следующего минерального состава, % мас.: KCl – 50, NaCl – 40, H_2O – 10.

На диаграмме растворимости (рис. 1) приведены кривые $k_1Э_нn_1$ и $k_2Э_кn_2$, которые представляют собой изотермические сечения при температурах 105 ºС и 30 ºС соответственно.

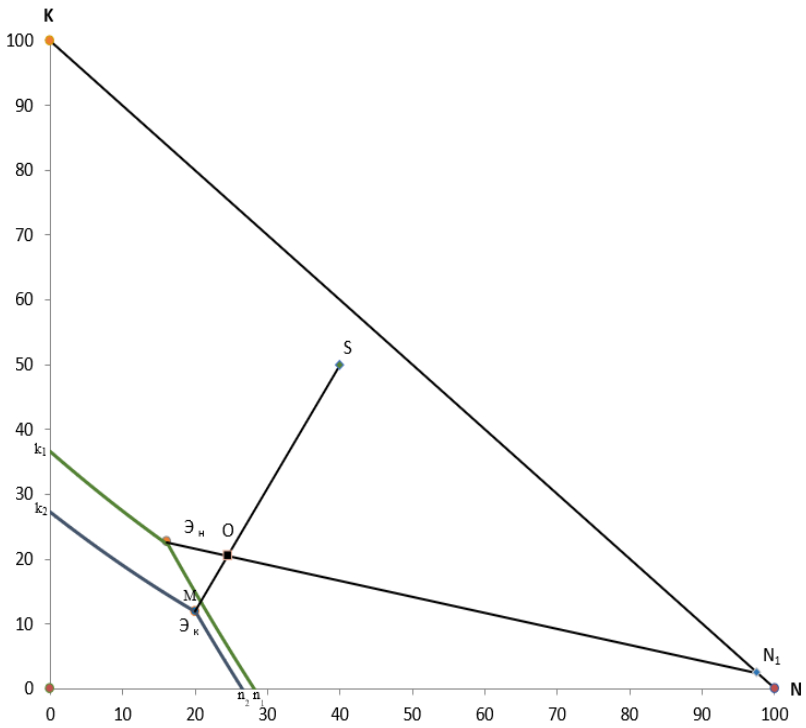


Рис. 1. Моделирование процесса растворения на диаграмме

В углах треугольной диаграммы расположены чистые вещества анализируемых соединений: в точке *K* – хлорид калия, в точке *N* – хлорид натрия, в точке 0 – вода. На отрезках треугольника, соединяющих точки, откладывается химических состав соответствующих двухкомпонентных веществ. В точках $Э_н$ и $Э_к$ отмечены эвтонические растворы при температурах 105 ºС и 30 ºС, насыщенные по двум солям (KCl и NaCl) [8].

При обработке исходного минерального сырья, состав которого соответствует на диаграмме точке *S* (KCl – 50 %, NaCl – 40 %, H_2O – 10 %), горячим маточным раствором состава, соответствующего точке *M* (KCl – 11,94 %, NaCl – 20,01 %, H_2O – 68,05 %), образуется раствор, насыщенный хлоридом калия и натрия, соответствующий точке $Э_н$.

Отрезки $Э_нN_1$ и *MS* в месте пересечения образуют точку *O*, используя которую можно определить количество растворяющего щелока и исходного сырья для процесса максимального перехода хлорида калия из твердой в жидкую фазу:

$$\frac{\text{Количество растворяющего щелока}}{\text{Количество исходного сырья}} = \frac{OS}{MO}.$$

Состав твердой и жидкой фаз после проведенного процесса растворения минерального сырья растворяющим щелоком определяется соответственно точками N_1 (NaCl – 97,5 %, KCl – 2,5 %) и $Э_н$ (NaCl – 17,5 %, KCl – 22,8 %, H_2O – 59,7 %). Для количественного выражения, полученных в результате процесса растворения продуктов в виде галитового отвала и насыщенного по хлориду калия раствора, можно использовать следующее уравнение:

$$\frac{\text{Количество насыщенного раствора}}{\text{Количество галитового отвала}} = \frac{ON_1}{Э_нO}.$$

Для анализа процесса кристаллизации хлорида калия из полученного в процессе растворения насыщенного щелока использовали диаграмму, представленную на рис. 2. В

качестве теоретической модели рассматривали процесс охлаждения насыщенного по хлориду калия щелока со 105 ºС до 30 ºС с одновременным испарением части воды.

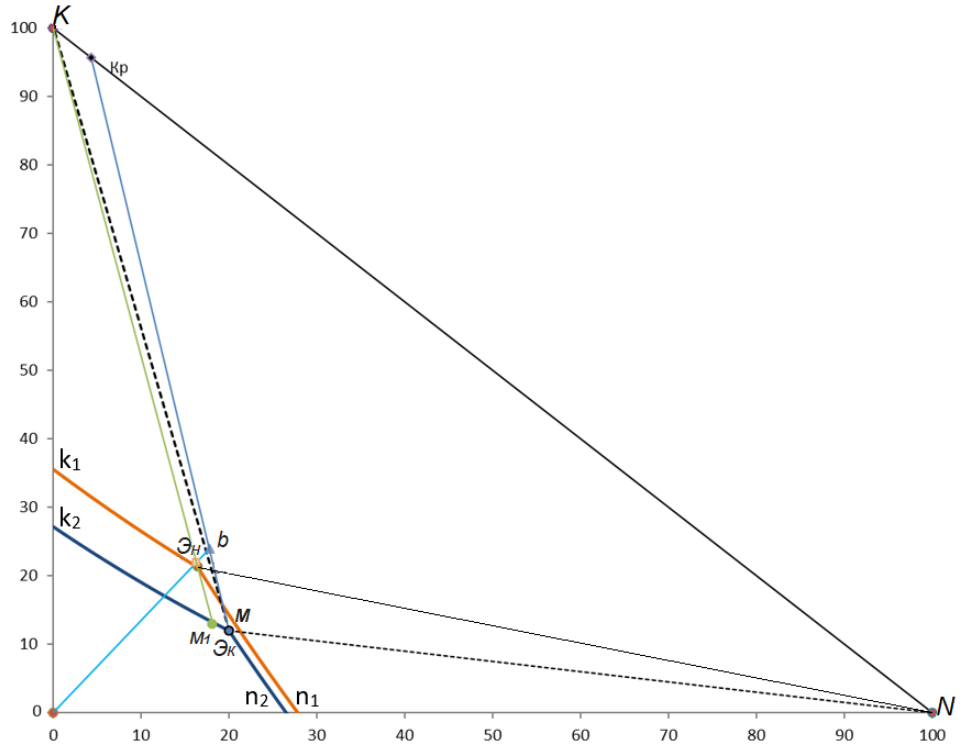


Рис. 2. Моделирование процесса кристаллизации на диаграмме

Для анализа диаграммы необходимо понимать, что пространство, расположенное внутри области, ограниченной отрезками $k_1Э_нK$ и $k_2Э_кK$, соответствует области кристаллизации хлорида калия из растворов, насыщенных этой солью при температурах 105 ºС и 30 ºС соответственно. А области, ограниченные отрезками $n_1Э_нN$ и $n_2Э_кN$, соответствуют области кристаллизации хлорида натрия из растворов, насыщенных NaCl при температурах 105 ºС и 30 ºС соответственно.

Точка $Э_н$ в процессе охлаждения насыщенного по хлориду калия раствора до температуры 30 ºС, перемещается в область кристаллизации хлорида калия ($k_2Э_кK$). В результате чего, образуется определенное количество кристаллизата хлорида калия и маточного раствора, состав которого соответствует точке M_1 на линии изотермы растворимости при температуре 30 ºС. Для количественного выражения полученных в результате процесса охлаждения продуктов в виде 100%-ного хлорида калия и маточного раствора, можно использовать следующее уравнение:

$$\frac{\text{Количество кристаллизата } KCl}{\text{Количество маточного раствора}} = \frac{Э_н M_1}{K Э_н}.$$

Маточник после отделения кристаллов KCl снова направляется на стадию растворения в виде растворяющего щелока состава, соответствующего точке M_1.

Однако при реальном процессе охлаждения насыщенного раствора в вакуум-кристаллизационных установках происходит частичное самоиспарение воды. Данный процесс на диаграмме представлен линией 0 – $Э_н$, которая перемещается до точки *b*. Количество самоиспаренной в процессе кристаллизации воды можно определить по уравнению:

$$\frac{\text{Количество охлаждаемого раствора}}{\text{Количество испарившейся воды}} = \frac{0-b}{Э_н b}.$$

Таким образом, благодаря частичному испарению первоначальная точка $Э_н$ переместится в точку *b*, попадая в область кристаллизации как хлорида калия, так и частично хлорида натрия. В соответствии с правилом соединительной прямой можно рассчитать, что полученная в процессе охлаждения до 30 °С система будет представлена раствором с составом в точке *M*, равным составу $Э_к$ и кристаллизатом, соответствующим точке K_p (KCl – 96 %, NaCl – 4 %). Количество соответствующих потоков можно определить по уравнению:

$$\frac{\text{Количество раствора}}{\text{Количество кристаллизата}} = \frac{K_p b}{b Э_к}.$$

Эту особенность следует учитывать при регулировании реального процесса кристаллизации хлорида калия из насыщенного раствора, поскольку с ростом количества самоиспарившейся воды будет снижаться доля хлорида калия в готовом продукте.

Таким образом, представленный анализ процесса растворения исходного сырья и кристаллизации хлорида калия позволяет при помощи диаграммы растворимости анализировать, прогнозировать и регулировать химический состав получаемых продуктов и их количество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соддиков Ф.Б. Исследование политерма растворимости трехкомпонентной системы [10,0% KCl + 90,0% NaCl] - NH_4HCO_3 - H_2O // *Universum*: технические науки. 2023. № 11-5 (116). С. 47-50.
2. Агилар К.К., Дмитревский Б.А., Арапов О.В., Чарыкова М.В., Чарыков Н.А. Фазовые равновесия в системах Na^+, K^+||Cl-H $_2$O и К $^+$||Cl, H_2PO 4-H_2O при температурах 0-100°С // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 6. С. 894-899.
3. Жохов А.А., Масалов В.М., Зверькова И.И., Емельченко Г.А., Маноменова В.Л., Руднева Е.Б., Васильева Н.А., Волошин А.Э. Исследование диаграммы $K_2NI(SO_4)_2·6H_2O$–$K_2CO(SO_4)_2·6H_2O$–H_2O и определение условий выращивания смешанных кристаллов $K_2(NI,CO)(SO_4)_2·6H_2O$ // Кристаллография. 2016. Т. 61. № 6. С. 995-998.
4. Лященко А.К. Структурные координаты раствора в физико-химическом анализе водно-солевых систем // Журнал неорганической химии. 2010. Т. 55. № 11. С. 1930-1936.
5. Хамдамова Ш.Ш., Тухтаев С. Растворимость системы хлорид кальция – хлорат натрия – вода при 20,50 °С // *Universum*: технические науки. 2016. № 6 (27). С. 6.
6. Кудряшова О.С., Елохов А.М., Горденчук А.Д., Лукманова Л.М. Растворимость в трехкомпонентных системах $HCOON_A$ - NaAn -H_2O // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2018. Т. 8. № 2. С. 112-121.
7. Данилов В.П. Физико-химический анализ природных солей и водно-солевых систем в институте физико-химического анализа и в ИОНХ РАН (1918-2018 гг.) // Химическая технология. 2018. Т. 19. № 13. С. 589-595.
8. Тихонов В.А., Куликов М.А. Физико-химические основы процессов в технологии производства минеральных удобрений: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019. 80 с.

Поступила 18.03.2024

УДК 628.33+66.086.4

Н.А. Пивоварова, Е.Н. Абакумова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

Фильтрация – это один из старых и надежных методов очистки воды, который успешно применяется на предприятиях нефте- и газопереработки для очистки сточных вод от нефтяных загрязнений. Однако чтобы соответствовать современным стандартам качества очищенной воды, необходимо разрабатывать и внедрять новейшие технологии фильтрации, которые позволят эффективно избавляться от механических примесей в сточных водах. На примере модельной смеси НСВ изучен процесс очистки фильтрацией с применением предварительной магнитной обработки. Показано, что эффективность очистки фильтрованием нефтесодержащей смеси принятого состава при рассмотренных условиях может быть увеличена в 18–21 раз.

Нефтехимическая промышленность входит в число отраслей, образующих в процессе деятельности значительное количество загрязняющих веществ в виде нефтесодержащих сточных вод (НСВ) или нефтешлама. Нефтесодержащие сточные воды (нефтешлам) относятся ко II классу опасности в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ. Их годовой объем на 2021 г. оценивают в 3 млн.т., включая нефтеперерабатывающие заводы и нефтебазы [1].

Нефтешлам помимо воды содержит механические примеси, нефть и ее нефтепродукты, а также вещества, сопутствующие сырой нефти и образующиеся в процессе ее переработки (нафтеновые кислоты, фенол, сероводород и др.). НСВ могут содержать остатки химических реагентов, применяемых в технологических процессах (деэмульгаторы, серная кислота, едкий натрий и др.), и различные присадки и добавки, использующиеся в производстве моторных топлив (тетраэтилсвинец, тетракарбонилжелезо и др.). [2, 3].

В связи с разнообразием загрязнителей в сточных водах и наличием эмульсии и суспензии из нефти, воды и механических примесей необходимо применять комбинацию различных методов очистки для эффективного удаления загрязнений [4]. Ученые сегодня уделяют внимание инновационным подходам к очистке сточных вод, особенно в области фильтрации с применением экономически выгодных композитных материалов и энергоэффективных технологий. Изучение изменения свойств нефтяных эмульсий с применением волновых технологий, таких как электрическая, ультразвуковая и магнитная обработка, также становится ключевым направлением в данной области исследований.

Магнитная обработка – это воздействие постоянного магнитного поля или переменных электромагнитных полей в динамическом режиме на поток жидкости. Отметим, что метод магнитной обработки воды является безопасным для окружающей среды, не требует использования химических реагентов, экономичен и применим как на действующих, так и на новых промышленных объектах. Внедрение магнитных систем в системы очистки промышленных сточных вод позволяет значительно улучшить качество очистки воды, снизить эксплуатационные расходы и улучшить состояние природных водоемов, в которые сбрасывают очищенные стоки [5].

Очистка сточных вод методом фильтрации для удаления тонкодисперсных взвешенных примесей обычно рассматривается как заключительная стадия предварительной механической очистки воды. Очистка сточной воды фильтрованием существенно улучшает качество очищаемой воды, что позволяет использовать ее повторно в технологических процессах на предприятии, а также исключает потенциально опасное загрязнение природных вод. Использование очищенной воды в водообороте предприятий помогает обеспечить экологическую безопасность потребителей воды.

Цель настоящей работы заключается в оценке эффективности фильтрования нефтесодержащих сточных вод с применением магнитной обработки на примере модельной смеси в лабораторных условиях. Исследование проводили с модельной смесью нефтесодержащих сточных вод следующего состава: 25 % мас. «нефтепродукты» (смесь дизельной фракции Волгоградского НПЗ и мазута Астраханского ГПЗ в объемном соотношении 1:1), 10% мас. тонкоизмельченных механических примесей (отложения из электродегидратора установки первичной переработки нефти), 65% мас. дистиллированной воды.

Модельную смесь (рис. 1) подвергали отстаиванию в делительной воронке в течение 24-25 часов до прекращения изменения уровня фаз, после чего дренированием отбирали «водную» фазу. «Водную фазу», содержащую не отделившиеся мелкодисперсные механические примеси и остаточный нефтепродукт, профильтровывали через бумажный фильтр «Белая лента». В фильтрате определяли остаточное содержание механических примесей фильтрацией через мембранный фильтр *Pall NHG*047100 с размером пор 0,8 мкм последующей промывкой дистиллированной водой, высушивании, доведения до постоянной массы и взвешивании осадка после указанных операций.

Рис. 1. Модельная смесь нефтесодержащих сточных вод

Все этапы очистки нефтесодержащей воды для сравнения проводили параллельно с предварительной магнитной обработкой. Для этого модельную смесь пропускали через магнитный туннель, генерирующий постоянное магнитное поле с разными значениями магнитной индукции с линейной скоростью в активном зазоре 0,7 м/с при комнатной температуре. Обработанную смесь отправляли на отстаивание, после чего полученную «водную» фазу обрабатывали в магнитном поле и фильтровали.

В таблице представлены результаты очистки «водной» фазы фильтрованием без предварительной магнитной обработки (МО) и с предварительной МО со значениями магнитной индукции в диапазоне 0,15–0,4 Тл. После магнитной обработки «водной» фазы количество взвешенных веществ, осевших на фильтре, увеличилось в 21 раз, а содержание механических примесей в фильтрате уменьшилось в 7 раз. Больше примесей задерживаются на фильтре после фильтрования «водной» фазы при использовании предварительной магнитной обработки «водной» фазы в постоянном магнитном поле со значением магнитной индукции 0,4 Тл. При этом количество механических примесей на фильтре уменьшается при увеличении магнитной индукции от 0,15 до 0,3 Тл, а с 0,3 до 0,4 Тл – значительно

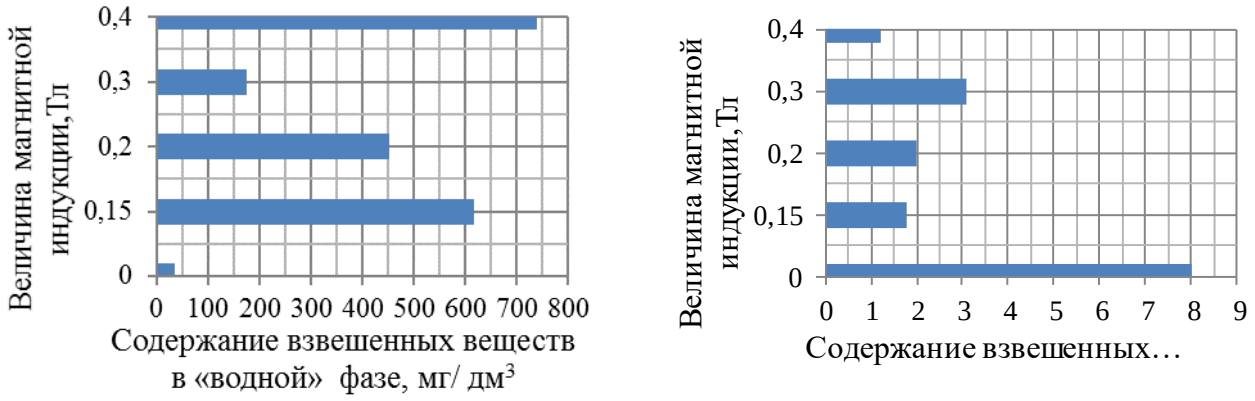
увеличивается. При увеличении магнитной индукции с 0,15 до 0,3 Тл содержание взвешенных веществ в фильтрате увеличивается. Однако по сравнению с фильтрованием фильтрата без предварительной магнитной обработки, содержание механических примесей в фильтрате стало меньше – при прохождении «водной» фазы в магнитном поле частицы механических примесей коагулировались, и они в большем количестве задержались на фильтре «Белая лента» (рис. 2). Частиц меньшего размера стало, соответственно, меньше, что и удалось доказать с помощью определения их содержания в фильтрате фильтрованием через мембранный фильтр с меньшим размером пор.

Таблица

Результаты очистки «водной фазы» фильтрованием

Наименование	Показатели воды после фильтрации				
	без МО	МО 0,15 Тл	МО 0,2 Тл	МО 0,3 Тл	МО 0,4 Тл
Эффективность очистки «водной фазы»*	-	18	13	5	21
Эффективность очистки фильтрата **	-	4	5	3	7

* отношение количества взвешенных веществ на фильтре после магнитной обработки и до нее;
** отношение количества взвешенных веществ в воде без магнитной обработки и после нее



А *Б*

Рис. 2. Зависимость содержания взвешенных веществ в «водной» фазе (А) и в фильтрате (Б) от значения магнитной индукции

Уменьшение механических примесей в фильтрате с применением магнитной обработки можно заметить и по визуальному сравнению чистоты фильтров (рис. 3). Без магнитной обработки примеси сплошным слоем покрыли мембранный фильтр после фильтрации фильтрата, в то время как после фильтрации предварительно обработанной в магнитном поле воды взвешенных веществ значительно стало меньше – фильтр практически чистый.

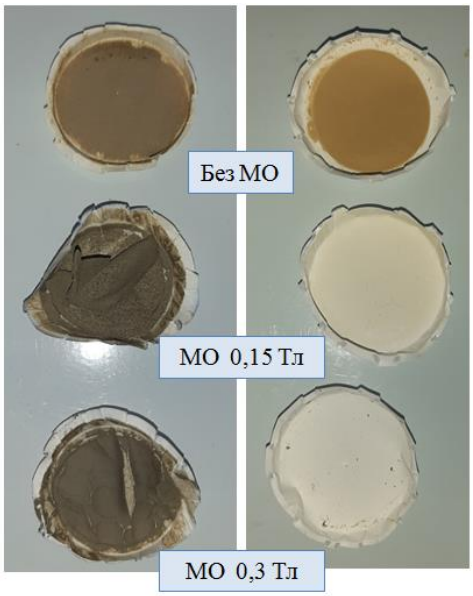


Рис. 3. Бумажный фильтр «Белая лента» (слева) и мембранный фильтр Pall NHG047100 (справа) после фильтрации «водной» фазы и фильтрата соответственно и последующей осушки

На рис. 4 можно видеть, как изменяется внешний вид «водной» фазы и фильтрата после фильтрации без предварительной магнитной обработкой и после нее. В пробе фильтрата Б мутность существенно меньше и менее интенсивна окраска.

А *Б*

Рис. 4. Внешний вид «водной» фазы (слева) и фильтрата (справа):
А – без предварительной магнитной обработки,
Б – после предварительной магнитной обработки (0,4 Тл)

Наибольший эффект очистки «водной» фазы фильтрованием достигается при использовании предварительной обработки в постоянном магнитном поле со значением магнитной индукции 0,4 Тл (рис. 5). Изменение эффективности оценивали как соотношение эффективности фильтрации с магнитной обработкой к эффективности этого процесса без нее. В диапазоне магнитной индукции 0,15–0,4 Тл меньшая эффективность очистки наблюдается при значении 0,3 Тл.

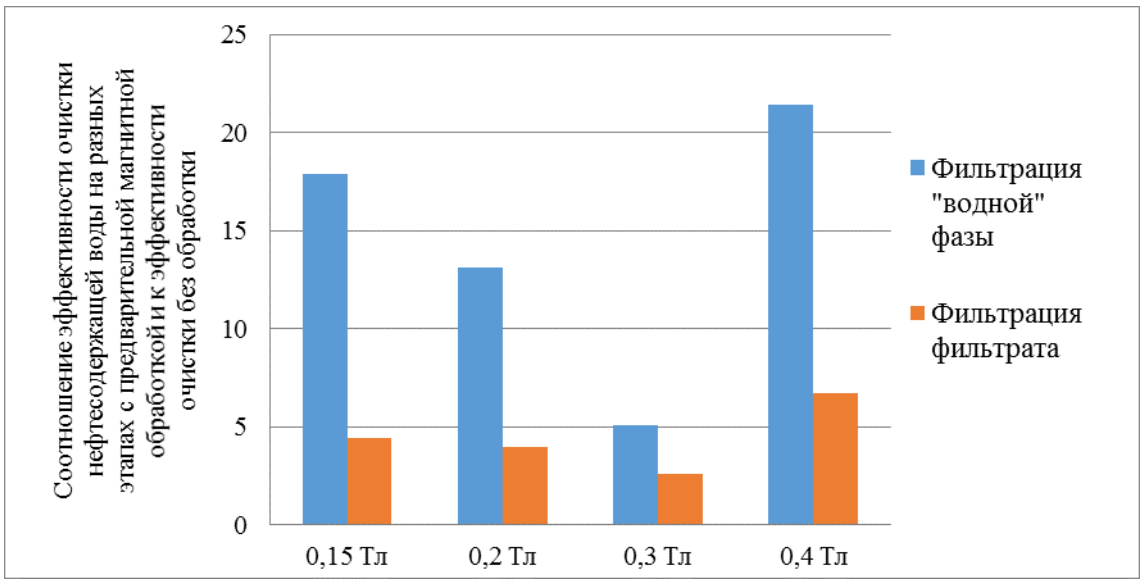


Рис. 5. Зависимость эффекта фильтрации «водной» фазы от значения магнитной индукции

Полученные результаты можно объяснить особенностями воздействия постоянного магнитного поля на НСВ. В эмульсиях НСВ магнитное поле действует как на заряженные частицы и диполи (вода), так и на нейтральные молекулы, обладающие парамагнитными свойствами (смолы, асфальтены).

В состав эмульсий НСВ входят асфальтены с выраженными парамагнитными свойствами. Эти свойства определяются содержанием парамагнитных центров в количестве 1018-1019 спин/г, поэтому молекулы этих веществ в определенном направлении ориентируются в магнитном поле, образуя центры кристаллизации для растворенных в жидкости веществ, что приводит к образованию комплекса «асфальтен – сульфид железа» [6, 7]. Некоторые растворенные в воде соли жесткости также проявляют парамагнитные свойства [8]. Поэтому при прохождении нефтесодержащей эмульсии через постоянное магнитное поле воздействие его осуществляется как на диполи воды, так и на соли жесткости: увеличивается количество центров кристаллизации парафинов и солей за счет разрушения бронирующего сольватного слоя на глобулах воды. Кристаллы данных отложений выпадают в виде тонкодисперсной, устойчивой взвеси, которая может быть спокойно вынесена потоком эмульсии.

Таким образом, магнитная обработка интенсифицирует процесс коагуляции парамагнитных компонентов механических примесей, входящих в состав суспензии «водной» фазы. Внешнее магнитное поле заставляет парамагнитные частицы ориентироваться в направлении вектора магнитного поля, вызывая столкновения части и коагуляцию с последующим укрупнением. Более крупные частицы эффективнее задерживаются на фильтре.

Практическая значимость работы заключается в повышении эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод фильтрованием в 18–21 раз и в возможности довести качество технической воды до нормируемых показателей оборотной воды для повторного использования в системе оборотного водоснабжения на технологических объектах с меньшими затратами. При сопоставлении результатов было установлено, что больший эффект очистки достигается при фильтровании с использованием предварительной обработки «водной» фазы в постоянном магнитном поле со значением магнитной индукции 0,4 Тл. При рассмотренных условиях наблюдается улучшение очистки в 21 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов В.И. Отходы нефтегазового комплекса как технологический индикатор геоэкологического состояния регионов России / В.И. Булатов, Н.О. Игенбаева, О.А. Нанишвили // Бюллетень науки и практики. 2021. №8. С. 46-55.
2. Склярова А., Бурлака С.Д. Анализ проблемы утилизации и переработки нефтешламов // Chronos. 2022. Т. 7. № 9(71). С. 64-65.
3. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: аналит. обзор / СО РАН. ГПНТБ, НИОХ. Новосибирск, 1992. 72 с.
4. Яровенко Э.Е. Характеристика методов утилизации и переработки нефтешламов // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2016. Т. 1. С. 148-149.
5. Карманов А.П. Технология очистки сточных вод: учеб. пособие / А.П. Карманов, И.Н. Полина. 2-е изд., испр. и доп. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 213 с.
6. Смирнов А.Н. Структура воды: новые экспериментальные данные // Наука и технологии в промышленности. 2010. № 4. С. 41-45.
7. Голубев И.А. Технология магнитно-фильтровальной очистки нефтезагрязненных сточных вод предприятий ТЭК: диссертация ... канд. техн. наук. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. 153 с.
8. Унгер Ф.Г., Цыро Л.В. О спиновой природе системы нефть-газ-вода-порода // Петролеомика. 2021. Т. 1. № 1. С. 19-35.

Поступила 19.03.2024

УДК 621.565

У.А. Дорофеева, О.Е. Нисина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ ВЛАГИ ТВЕРДЫМИ ПОГЛОТИТЕЛЯМИ

Изучен процесс адсорбции влаги различными твердыми поглотителями. Показано наглядное сравнение влагоемкости адсорбентов с течением времени и преимущество оксида алюминия.

Повышение долговечности и надежности эксплуатации пневматических систем управления химико-технологическим процессом является актуальной задачей. В низкотемпературных технологических процессах наличие капельной влаги в сжатом воздухе и других рабочих газовых средах приводит к выпадению конденсата на холодных поверхностях, плохой работе теплообменников, засорению трубопроводов и т.д. Наличие паров влаги также нежелательно при разделении смешанного газа, поскольку он обладает большей теплотой адсорбции и конденсируется в порах адсорбента, снижая адсорбционную способность других, адсорбируемых компонентов. Образование капель жидкости в технологических газах, содержащих активные примесные компоненты, приводит к формированию кислотной среды, коррозии трубопроводов и оборудования, отравлению катализаторов. Поэтому в большинстве случаев газ и газовая смесь предварительно осушаются перед использованием в технологическом процессе [1-4].

Существует три основных способа удаления влаги из технологических газов:

- абсорбция влаги гигроскопическими жидкостями (ассимиляция),
- адсорбция влаги твердыми поглотителями,
- конденсация влаги за счет сжатия или охлаждения газа [5].

В промышленности наиболее часть встречается метод адсорбции влаги твердым поглотителем. Способ характеризуется простотой аппаратурного оформления, универсальностью в выборе адсорбента, сравнительно низкими электрозатратами. Метод

основан на сорбционных (влагопоглощающих) свойствах веществ-адсорбентов. Адсорбент с пористо капиллярной структурой с химическим импергированием: извлекают водяной пар из воздуха [6]. При насыщении адсорбента влагой эффективность осушения снижается. Поэтому адсорбент следует регулярно регенерировать. При продувке потоком горячего воздуха из него испаряется влага.

Регенерация адсорбента в производственных условиях состоит из трех стадий:

- очистка адсорбента,
- десорбция (удаление адсорбтива из адсорбента),
- охлаждение адсорбента.

В производстве регенерация абсорбента проводится от 1 до 4 часов, в зависимости от влажности исходного воздуха и времени года, при температуре от 185 до 220°С с последующим охлаждением [7].

По химическому составу все сорбенты можно разделить на углеродные и неуглеродные, искусственные и природные. К углеродным адсорбентам относятся активные, материалы из углеродного волокна, а также некоторые виды твердого топлива. К неуглеродным относят: силикагель, активированный оксид алюминия, глиноземистый гель, цеолит и глинистые породы.

Цель работы – определение адсорбента, обладающего наибольшей влагоемкостью.

Молекулы водяного пара в воздухе при движении сталкиваются с поверхностью адсорбента, такой механизм связывания атмосферной влаги называется адсорбцией. С увеличением поверхности контакта, возможность удержания большего количества влаги возрастает, поэтому в качестве адсорбентов используют мелкопористые вещества.

В качестве твердых поглотителей для исследования использовались:

- силикагель технический марки КСМГ по ГОСТ 3956-76;
- активный оксид алюминия марки АОАО по СТО 61182334-014-2012;
- цеолит синтетический марки *NaX*-БСО по СТО 61182334-068-2018;
- молекулярное сито марки *XINGFENG*.

Объемный метод исследования основан на экспериментальном измерении влагоемкости адсорбента. Известное количество вещества, подается в закрытую систему, содержащую определенное количество адсорбента. Спустя заданное время, отфильтровывается неадсорбированный раствор и рассчитывается поглощенный объем.

На рисунке приведены результаты исследования влагоемкости четырех адсорбентов в зависимости от времени выдержки, при температуре процесса влагопоглощения 20°С и атмосферном давлении.

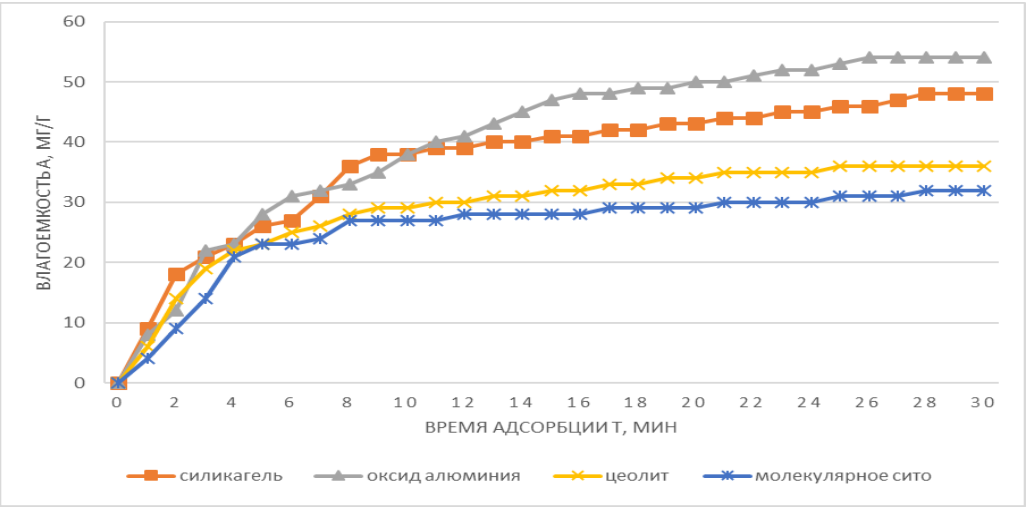


Рис. Изотермы адсорбции влаги различных адсорбентов

Анализ представленных данных показывает, что влагоемкость адсорбентов в зависимости от продолжительности эксперимента по адсорбции паров воды различна и меняется с течением времени проведения эксперимента. Примерно за половину времени образцы быстро достигают насыщения. По достижении результата видно, что влагоемкость оксида алюминия (54 мг/т) и силикагеля (48 мг/г) значительно превышают значения цеолита (36 мг/г) и молекулярного сита (32 мг/г).

Таким образом, из сравнения изотерм адсорбции (см. рис.) видно, что, наибольшее количество воды адсорбировалось оксидом алюминия: при увеличении времени контакта от 10 до 30 минут влагоемкость возросла от 38 мг/г до 54 мг/г, у силикагеля в этом интервале влагоемкость увеличилась от 38 до 48 мг/г.

Наиболее эффективным осушителем воздуха является оксид алюминия, эффективность которого по поглощению влаги повышалась с увеличением продолжительности адсорбции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байрамова А.С. Исследование процесса адсорбционного разделения цеолитами газовой смеси // Международный научно-практический журнал «Интеграция наук». 2018. №3 (18). С. 13-15.
2. Верещагин А.С. [и др.]. Модель адсорбции гелия и паров воды пористым композитным сорбентом на основе микросфер // Доклады российской академии наук. 2020. №1 (т. 490). С. 18-23
3. Ефимович Д.О. Оптимизация адсорбционной осушки углеводородных газов // Матрица научного познания. 2018. №7. С. 6 -7.
4. Лобковский Л.И., Рамазанов М.М. К теории фильтрации в среде с двойной пористостью // ДАН. 2019. Т. 484. № 3. С. 348-351.
5. *Energy separation and condensation effects in pressure energy recovery process of natural gas supersonic dehydration / Yang Liu, Xuewen Cao, Jian Yang, Yuxuan Li, Jiang Bian // Energy Conversion and Management*. 2021. *V*. 245. *P*. 557-572.
6. *Bahraminia S., Anbia M., Koohsaryan E. Dehydration of natural gas and biogas streams using solid desiccants*: *a review // Frontiers of Chemical Science and Engineering*. 2021. *V*. 15 (5). *P*. 1050-1074.
7. *Katilla M.C., Santos A., Tamires R. Natural gas dehydration by adsorption using MOFs and silicas*: *a review // Separation and Purification Technology*. 2021. *V*. 276. *P*. 409-428.

Поступила 24.03.2024

РАЗДЕЛ V.
ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 622.24

О.В. Морозова

БУРОВЫЕ РАБОТЫ И СКВАЖИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА УСТЬ-ЯЙВИНСКОМ РУДНИКЕ ВМКМС ПАО «УРАЛКАЛИЙ»

В статье рассматриваются буровые работы, станки, применяемые при этом в условиях Усть-Яйвинского рудника. Описаны состав комбайновых комплексов, а также методы и устройства для крепления кровли горных выработок.

Объединенная компания ПАО «Уралкалий» на ряду с «Беларуськалием» является мировым лидером по добыче сильвинитовых руд и производства хлорида калия.

Усть-Яйвинский рудник является самым молодым рудником в объединенной компании, разработка сильвинита начала осуществляться с июля 2023 года, проходческо-добычными комплексами на основе проходческих комбайнов.

На данный момент на руднике насчитывается 12 комбайнов марки «Урал-20-Р», 3 комбайна марки «КПО-10,5» (Урал-10Р), 15 бункеров-перегружателей марки «БП-17», 3 перегружателя марки «ППС» и 19 самоходных вагонов марки «ВС-17В».

Для успешного проведения очистных работ необходимо своевременно подготавливать рудоспускные скважины и перегрузочный узел, для того что бы снизить протяженность доставки руды при помощи самоходных вагонов. Критическим значением здесь является емкость кабельного барабана самоходного вагона – обычно она не превышает 200–250 м. Большое плечо доставки снижает производительность комплекса, что очень важно при работах на уклонах. И если на низлежащем горизонте имеется участковый или магистральный конвейер, рационально пробурить рудоспускную скважину и уменьшить «плечо доставки». Самый широко применяемый диаметр рудоспускных скважин – 500 мм. Даже при высоте скважины до 40 м этого достаточно для разгрузки двух самоходных вагонов на одну скважину и предотвращения простоя вагонов и комбайна, при условии работы комплекса с бункером-перегружателем.

Так же необходимо производить бурение скважин для прокладки вновь монтируемых конвейеров: магистральных, панельных и участковых.

Рационально применять такой алгоритм действий:

1. Проходка штрека комбайном.
2. Выставление точек и осей для прокладки конвейера (для точного монтажа и соответствия с проектом).
3. Бурение рудоспускных скважин для работы на данный конвейер.
4. Зачистка конвейерного штрека от рудного штыба (для удобства монтажа конвейера).
5. Перекрытие отбуренных скважин (если они пока не нужны) или установка рудоспускных труб на рудоспускные скважины, если на скважинах сразу планируется работать. Перекрытие рудоспускных скважин должно осуществляться с обеих сторон для недопущения падения в них людей, инструмента и возможности проезда самоходной техники.
6. Монтаж конвейера.

Виды и диметры применяемых скважин на руднике обусловлены их предназначением:

– скважина Ф100 – применяется для первичной скважины и возможности бурения

скважины большего диаметра «обратным ходом» с вышележащего горизонта на нижележащий. Как правило «обратным ходом» пробуривают скважины диаметрами Ф500, Ф600 и Ф1000 мм.

– скважина Ф500 или Ф600 мм – это стандартная скважина для рудоспуска, может выполняться с устьем и без него. Но в любом случае при работе самоходного вагона на скважину, скважина перекрывается предохранительной решеткой с ячеей не более 250 мм, для предотвращения падения людей в скважину и попадания негабаритных и крупных кусков породы или горной массы.

Также скважины Ф500/Ф600 мм используются для вентиляционных работ, для подвода или отвода воздушной струи.

Перечисленные буровые работы производятся буровыми станками: стационарно-непередвижного типа: БГА–2В также применяются самоходные буровые установки марки «БГА2В-01» и «УБС-701».

При геолого-разведочном бурении широкое применение получили станки колонкового бурения, которые применяются для бурения и отбора керна для физико-химических исследований или других геологических описаний керна. Диаметр скважин колеблется от 46 до 93 мм. Керн после извлечения из скважины аккуратно укладывается в деревянный ящик с обязательным подписыванием образцов. Данный тип бурения осуществляется стационарными станками марки БСК-2РПА, для эффективного удаления продуктов бурения из буровой трубы применяют водяную промывку или продувку сжатым воздухом.

Еще один тип применяемых буровых работ на Усть-Яйвинском руднике – выбуривание монолитов. Выбуривание монолитов осуществляется буром из профиля витого с буровой коронкой при помощи горного электросверла марки СЭР-18Д или аналогичными. При помощи шаблона размечаются на стенке горной выработки границы выбуриваемого монолита. Как правило, монолит имеет форму куба с размерами 300х300х300 мм. После отбуривания монолита при помощи металлических клиньев откалывают монолит от массива. Обязательным условием является маркирование монолита по сторонам света, верх помечается крестом. Далее монолит упаковывается в деревянный ящик и транспортируется к месту исследований без ударов и сильной тряски.

Монолиты отправляют в специализированные и аккредитованные лаборатории для проведения физико-механических свойств горных пород.

Также при проходке горных выработок различными проходческими комбайнами применяется бурение и крепление непосредственно буровой установкой комбайна. Комбайны Урал–20–Р, КПО–10,5 («Урал–10Р») оснащены двойной буровой установкой, наличие которой предполагает работу в два этапа:

1) отбуривание двух шпуров на глубину анкерной крепи, как правило это расстояние составляет порядка 1700 мм;

2) установка двух анкеров КРА-16 (или аналогичный, применяемый на руднике).

На рудниках Верхней Камы часто применяется крепление кровли горной выработки с самоходного вагона. Этот метод достаточно мобильный и производительный. Для этого на переднюю часть бампера самоходного вагона устанавливается съемное приспособление для установки ручного бурового станка на базе горного электросверла СЭР-18Д. Но так как горное электросверло СЭР-18Д не имеет регулятор частоты вращения шпинделя, для установки анкерной винтовой (грунтовой) крепи необходимо дополнительно устанавливать в шпиндель электросверла понижающий редуктор (специальная установка для установки винтовых штанг). Станки данного типа применяются и без самоходного вагона, но имеют небольшое конструктивное отличие.

Все перечисленные методы крепления широко применяются при закреплении горных выработок с высотой как правило не выше 3,2 м – выработки, пройденные в один ход по высоте комбайна «Урал-20Р». При более высоких выработках эффективно применяется для установки и возведения крепи машина БПМ-2А. Данная самоходная машина на дизель-

электрическом ходу позволяет производить весь цикл подготовки и установки анкерной крепи кассетами по 6 шт. Первым этапом пробуривается шпур Ф26/42 мм, а далее устанавливается анкер, который подается из револьверной кассеты. При пробуривании осуществляется продувка шпуров сжатым воздухом. Данная машина позволяет устанавливать крепь в выработках до 5,8 м.

Бурение скважин, рудоспусков, технологических скважин для вентиляции и прокладки коммуникаций, а также приведение кровли в безопасное состояние является приоритетом в области безопасности труда и состояния защищенности работников на всех объектах объединенной компании ПАО «Уралкалий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пахомов П.И. Курс лекций по дисциплине «Горные машины и оборудование». Бишкек: Изд-во КРСУ, 2006. 289 с.
2. Ефременков А.Б, Казанцев А.А., Блащук М.Ю. Горные машины и оборудование. Введение в специальность. Часть 1: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 152 с.
3. Бибик С.Д. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: метод. указ. к курсовому проекту / Министерство науки и высшего образования РФ, Норильский гос. индустр. ин-т. Норильск: НГИИ, 2020. 36 с.
4. Конспект лекций по дисциплине «Системы разработки пластовых месторождений полезных ископаемых» подготовлен для студентов направления 21.05.04 «Горное дело» специализации «Подземная разработка пластовых месторождений». 192 стр., 10 табл., 70 рис.
5. Кологривко А.А. Подземные горные работы: учеб. пособ. Мн.: БНТУ, 2006. 94 с.
6. Монтиков А.В., Дмитриев П.Н., Сидоренко А.А. Технология горного производства. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: метод. указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский государственный горный университет. СПб, 2021. 22 с.

Поступила 10.03.2024

УДК 553.632

К.Е. Стародубцева, В.В. Белкин

О НАХОЖДЕНИИ ЗОЛОТА В СОЛЯХ ВЕРХНЕКАМСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В статье рассматриваются результаты микроскопического исследования сильвинита одного из промышленных сильвинитовых пластов Верхнекамского калийного месторождения. Исследование проводилось с помощью поляризационного микроскопа «БиОптик» серии BPR-300. Для микроскопического изучения из образца крупнозернистого сильвинита пласта А, представленного полосами голубого, красного, молочно-белого сильвина и прозрачного галита, был отобран кусочек голубого сильвина размером около 5 мм. В результате исследования при десятикратном увеличении было обнаружено включение частицы золота размером около 0,4 мм в поперечнике с отторочкой из красного гематита шириной около 0,1 мм.

В 1984 году геологическая служба ПО «Уралкалий» получила результаты спектрального анализа солей Верхнекамского месторождения, проведенного институтом тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова. По данным названного института содержание золота в пробах было высоким и варьировало от 1 до 6 г/т.

В 1993 году Российским химико-технологическим университетом им. Д.И. Менделеева были получены результаты анализа проб глинисто-солевых шламов и галитовых отходов. Содержание золота в галитовых отходах составляло 1 г/т, в шламах – 6 г/т.

В конце 1993 года государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет» провел исследования шламов и глин, содержащихся в сильвинитах, под электронным микроскопом. Представленные распечатки частиц золота явно говорили о том, что золото находится в сильвинитах и шламах скорее всего не в виде соединений или рассеянных атомов, а в гравитационной форме. Отмечались также самородные платина и серебро. Был сделан вывод о промышленной значимости концентраций золота, серебра и платиноидов в калийных солях Верхнекамского солеродного бассейна. Институтом был предложен очевидный тогда способ гравитационного извлечения золота из шламов на концентраторе Кнельсона. С конца 1993 по январь 1994 г. упомянутый институт провел ряд опытов по извлечению золота из отвальных продуктов. В результате предварительных экспериментов из шламов с содержанием 0,6 г/т был получен золотой концентрат с содержанием 175 г/т, пригодный для получения товарного золота известными методами. В начале марта 1994 г. было представлено технико-экономическое обоснование постановки научно-исследовательских работ по комплексному использованию шламовых продуктов обогатительных фабрик АО «Уралкалий», изучению форм нахождения золота в исходных золотосодержащих продуктах.

С марта по август 1994 г. «Гиредметом» были проведены исследования исходной руды и шламов, в результате установлены промышленные содержания благородных металлов в нерастворимых продуктах обогатительных фабрик. На лабораторном концентраторе *Knelson*-3 были получены первые золотосодержащие концентраты. Проведены поисковые работы по концентрированию золота методами флотации и гидрохлорирования. Масса проб составляла до 500 кг. Были проведены работы по извлечению золота из насыщенных растворов. Впервые установлено, что золото помимо молекулярных форм содержится и в коллоидной форме. Проверены способы выделения коллоидного золота из раствора. Геологами АО «Уралкалий» В.В. Белкиным и А.С. Николаевым на основе отбора и анализа нескольких десятков геологических проб из соляных пластов было установлено крайне неравномерное распределение золота в различных пластах сильвинитов и каменной соли.

В 1994 г. Горным институтом Уральского отделения РАН были отобраны две штуфные пробы сильвинита и 4 пробы продуктов передела обогатительной фабрики. Результаты их анализов подтвердили повышенные содержания золота в названных продуктах. С августа по октябрь 1994 г. В АО «Уралкалий» были проведены геологоразведочные работы на золото на одном из шламохранилищ.

В 1996 г. проведены работы по осаждению благородных металлов из рассолов фабрик. Извлечение золота оказалось низким. В 1997 г. получены результаты по 210 послойным керновым пробам. Содержание золота в сильвинитах и каменной соли оказалось крайне низким и достигало всего лишь 0,03- 0,05 г/т [1].

В БФ ПНИПУ в 2024 году были проведены исследования по выявлению золота в сильвинитах Верхнекамского калийного месторождения. Для изучения был взят сильвинит Верхнекамского калийного месторождения из промышленного пласта АБ. Исследование проводилось с помощью поляризационного микроскопа «БиОптик» серии BPR-300 (рисунок).

Рис. Поляризационный микроскоп «БиОптик» серии BPR-300

Он предназначен для исследований прозрачных микрообъектов в проходящем свете – поляризованном и обыкновенном; непрозрачных объектов – в отраженном свете – поляризованном и обыкновенном. Для микроскопического изучения из образца крупнозернистого сильвинита пласта А, представленного полосами голубого, красного, молочно-белого сильвина и прозрачного галита был отобран кусочек голубого сильвина размером около 5 мм. В результате исследования при десятикратном увеличении было обнаружено включение частицы золота размером около 0,4 мм в поперечнике с отторочкой из красного гематита шириной около 0,1 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд., перераб. М: Эпсилон плюс, 2013. С. 162-171.

Поступила 14.03.2024

УДК 624.19

М.А. Кудрявцев, С.В. Анциферов

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СКЛОНА, СОДЕРЖАЩЕГО ВЫРАБОТКУ, ПРОЙДЕННУЮ ПАРАЛЛЕЛЬНО ЕГО ПОВЕРХНОСТИ

В докладе приведены результаты оценки напряженного состояния склона при наличии выработки, расположенной параллельно его поверхности, позволяющие установить закономерности формирования напряженного состояния грунта и выполнить оценку его устойчивости. Расчеты выполнены с использованием модифицированной компьютерной программы, реализующей метод расчета обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона. Определенные компоненты напряженного состояния массива грунта в склоне вблизи выработки позволят установить зоны неупругих деформаций вокруг выработки и выполнить оценку устойчивости склона с использованием различных критериев прочности.

После сооружения тоннелей, расположенных параллельно поверхности склона, вполне устойчивого до проходки выработки, в массиве грунта возможно появление областей, отличающихся концентрациями напряжений и деформаций, в ряде случаев, приводящих к появлению в массиве грунта зон неупругих деформаций, снижающих его устойчивость. Такие области могут стать причиной увеличения нарушения устойчивости массива грунта, возникновения оползней нарушения условий прочности и появления трещин в обделках [1].

Определение и оценка напряженного состояния массива грунта склона в окрестности тоннеля круглого поперечного сечения выполняется с использованием результатов, полученных методом [2, 3], реализованного в виде модифицированной авторами программы расчета [4].

Используемый метод расчета обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи наклонной земной поверхности, базируется на решении соответствующей задачи механики подземных сооружений, полученном с использованием математического аппарата теории функций комплексного переменного [5–7]. С этой целью выполнена постановка плоской задачи теории упругости о равновесии полубесконечной весомой изотропной однородной линейно деформируемой среды, ограниченной наклонной прямой и контуром кругового отверстия, подкрепленного невесомым концентрическим кольцом. Расчетная схема задачи, моделирующая поперечное сечение склона и обделки тоннеля, приведена на рис. 1.

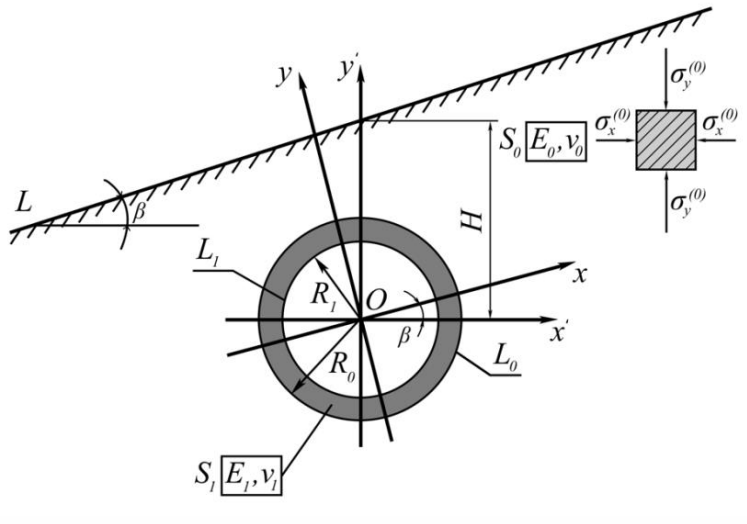


Рис. 1. Расчетная схема

Материалы среды и кольца имеют различающиеся модули деформации и коэффициенты Пуассона, среда дополнительно характеризуется удельным весом, коэффициентом бокового давления и неравнокомпонентным полем начальных напряжений. Полные напряжения в среде представляются в виде сумм искомых дополнительных напряжений и известных начальных напряжений. Поскольку начальные напряжения в кольце отсутствуют, искомые дополнительные напряжения в кольце являются полными. Учитывая специфику применяемого для решения задачи метода комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили [7], смещения рассматриваются только дополнительные.

Граничные условия плоской задачи теории упругости отражают отсутствие внешних нагрузок на наклонной границе полуплоскости и внутреннем контуре кольца; совместное деформирование областей с различающимися деформационными характеристиками, а именно среды и кольца, заключающееся в выполнении условий непрерывности векторов полных напряжений и дополнительных смещений.

Для решения задачи с использованием математического аппарата теории функций комплексного переменного (ТФКП) выполнен переход к соответствующей краевой задаче с граничными условиями, приведенными в [2]. При получении решения выполнено

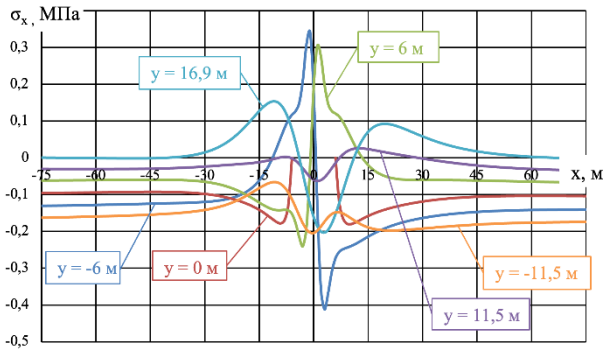
аналитическое продолжение комплексных потенциалов, описывающих напряженно-деформированное состояние полубесконечной среды, через прямолинейную границу установлены соотношения между неизвестными коэффициентами разложений комплексных потенциалов, характеризующих напряженно-деформированное состояние смежных областей, сформированы разрешающие бесконечные системы линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных действительных и мнимых частей коэффициентов разложения в ряды Лорана комплексных потенциалов в бесконечной среде.

Для решения используется предложенный в [5] сходящийся итерационный процесс, на каждом шаге которого последовательно решаются задачи о напряженном состоянии полной плоскости, ослабленной круговым отверстием, подкрепленным кольцом. Численные эксперименты подтвердили возможность достижения во время итерационного процесса сколь угодно высокой точности удовлетворения граничных условий исходной задачи; определено необходимое для этого количество удерживаемых в рядах членов.

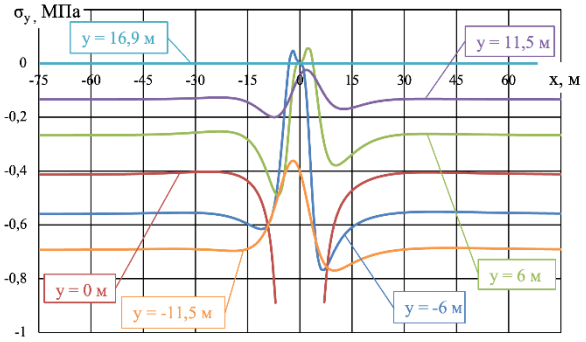
Решение реализовано в виде метода и программы расчета [4], модифицированной для более детального исследования напряженного состояния вмещающего выработку массива грунта и выполнения оценки его устойчивости с использованием известных критериев прочности.

Ниже приведены результаты, полученные с использованием модифицированной программы расчета для незакрепленного тоннеля, продольная ось которого горизонтальна и параллельна наклонной земной поверхности. Исходные данные принятые при расчетах: глубина заложения тоннеля – 18 м; модуль деформации массив грунта – 20 МПа, коэффициент Пуассона – 0,2; коэффициент бокового давления – 0,25; удельный вес – 0,026 МН/м^3; модуль деформации материала обделок тоннелей – 27000 МПа, коэффициент Пуассона – 0,2; диаметр выработки – 12 м.

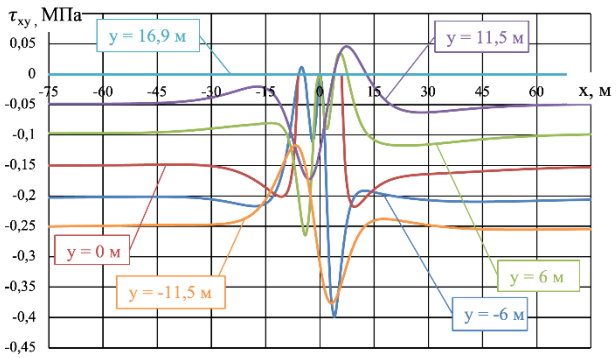
На рис. 2 представлены эпюры нормальных σ_x (рис. 2 а), σ_y (рис. 2 б), а также касательных τ_{xy} (рис. 2 в) напряжений, возникающих в массиве грунта вокруг выработки. Из-за наклона прямолинейной границы величина расстояния от центра сечения выработки до свободной поверхности (длина перпендикуляра) уменьшилась и составляет 16,9 м. Линии уровня, в точках которых определялись напряжения, задаются ординатой y в наклонной системе координат следующим образом: y = 16,9 м соответствуют свободной поверхности; y = 11,5 м – линия, проходящая посередине между поверхностью и контуром выработки параллельно границе; y = 0 – линия, проходящая через диаметр выработки параллельно поверхности; y = ± 6 – линии, параллельные поверхности, являющиеся касательными к контуру сечения выработки; y = –11,5 м – нижняя граница рассматриваемой области.



а



б



в

Рис. 2. Эпюры напряжений в массиве грунта вокруг неподкрепленной выработки при $\beta = 20^{\circ}$ *: а - нормальных* σ_x *; б - нормальных* σ_y *; в - касательных* τ_{xy}

Эпюры напряжений σ_x (см. рис. 2 а) и σ_y (рис. 2 б) в точках соответствующих линий уровня не обладают свойствами осевой, а эпюры напряжений τ_{xy} (см. рис. 2 в) – косой симметрии, имеют выраженный экстремальный характер. При удалении от выработки вглубь массива напряжения асимптотически стремятся к значениям соответствующих начальных напряжений в ненарушенном массиве грунта.

Анализ полученных эпюр показывает, что напряжения σ_x в точках массива грунта ниже $y = -6\ м$ подошвы выработки являются сжимающими, максимальное значение напряжений составляет $-0{,}42\ МПа$ вблизи контура выработки на линии $y = -11{,}5\ м$ при начальных напряжениях на этой линии в нетронутом массиве $-0{,}15\ МПа$. Выше этой линии уровня в диапазоне изменения y от $-6\ м$ до $16{,}9\ м$ напряжения σ_x (см. рис. 2 а) могут быть как растягивающими, например, вблизи свода выработки, так и сжимающими вне этой области. Максимальные значения напряжений возникают в среде вблизи точек, расположенных на контуре выработки при $y = -6\ м$: растягивающие $\sigma_x = 0{,}35\ МПа$ и сжимающие $\sigma_x = -0{,}41\ МПа$. На свободной поверхности при $y = 16{,}9\ м$ максимальные значения напряжений σ_x составляют $0{,}15\ МПа$. Из рис. 2 б следует, что напряжения σ_y в массиве грунта при указанных выше исходных данных являются только сжимающими, за исключением сравнительно малых областей вблизи контура выработки при $y = 6\ м$ (свод выработки) и $y = -6\ м$ (подошва выработки). Максимальные значения растягивающих напряжений в массиве пород вблизи свода составляют $\sigma_y = 0{,}30\ МПа$, вблизи подошвы – $\sigma_y = 0{,}34\ МПа$. Максимальные (по абсолютной величине) значения напряжений σ_y возникают в точках среды при $y = 0\ м$, т.е. на контуре выработки. Как следует из результатов, приведенных на рис. 2 в, эпюры расчетных значений касательных напряжений τ_{xy} в среде при указанных исходных данных имеют выраженный экстремальный характер вблизи контура выработки – на каждой из эпюр выявлено по четыре экстремальных значения напряжений как максимальных, так и минимальных (по абсолютной величине). Максимальные значения касательных напряжений составляют $\tau_{xy} = 0{,}40\ МПа$ при $y = -6\ м$ (вблизи нижней точки контура выработки).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наклонная земная поверхность приводит к существенному изменению напряженного состояния массива грунта вокруг выработки по сравнению с установленным вокруг неподкрепленной выработки, пройденной вблизи горизонтальной земной поверхности.

Анализ результатов свидетельствует о полном выполнении поставленных граничных условий: при удалении от выработки значения напряжений асимптотически стремятся к значениям начальных напряжений в ненарушенном массиве. Из-за наличия наклонной земной поверхности эпюры нормальных напряжений σ_x и σ_y не обладают свойством осевой симметрии, а эпюры касательных τ_{xy} - косой симметрии, что было характерно для эпюр напряжений при горизонтальной поверхности. В точках массива грунта возникают как растягивающие (положительные), так и сжимающие (отрицательные) нормальные напряжения σ_x; напряжения σ_y являются только сжимающими.

Эпюры расчетных значений напряжений при указанных исходных данных имеют выраженный экстремальный характер, что в определенной мере затрудняет анализ результатов и требует применения для оценки напряженного состояния массива грунта известных теорий прочности.

В настоящее время выполняются работы по исследованию влияния возведения обделки на напряженное состояние массива грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vlachopoulos, N.* & *Vazaios, I.* (2015). *Case Study*: *The Influence of Tunnelling on Slope Stability*.
2. Анциферов С.В., Фомин А.В. Математическое моделирование взаимодействия обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона, с массивом грунта // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. № 4. Тула: изд-во ТулГУ. С. 255-262.
3. Анциферов С.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния склона, ослабленного подкрепленной горной выработкой, сооруженной параллельно земной поверхности / С.В. Анциферов, М.А. Кудрявцев // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2023. Т. 10. № 1. С. 23-29.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619689. Российская Федерация. Расчет обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи наклонной земной поверхности: № 2022618217. Заявл. 05.05.2022: опубл. 24.05.2022/ С.В. Анциферов, А.В. Фомин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет».
5. Анциферов С.В. Метод расчета многослойных обделок параллельных тоннелей кругового поперечного сечения мелкого заложения: монография. Тула: изд-во ТулГУ. 2014. 298 с.
6. Араманович И.Г. О распределении напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием // Докл. АН СССР. М. 1955. Т. 104. №3. С. 372-375.
7. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М: Наука. 1966. 708 с.

Поступила 15.03.2024

УДК 94(470)

К.Е. Стародубцева, В.В. Белкин

СОЛИКАМСКИЙ ГОРОДСКОЙ ОКРУГ ПЕРМСКОГО КРАЯ – РОДИНА ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РОССИИ

В статье доказывается, что первым медеплавильным заводом России был не Пыскорский завод (пуск в 1635 г.), как это принято официально считать в настоящее время, а Григоровский медеплавильный завод, который работал, начиная с 1633 г., около двух лет. Это подтверждается царским указом о награждении окольничего В.И. Стрешнева за то, «что у Соли Камской его службою и раденьем медная руда розыскана, и завод устроен». Неоспоримым фактом является и то, что авторами летом 2023 г. вблизи плавильного амбара Григоровского завода найдены шлаки, оставшиеся после плавки меди.

В начале XVII века в России не хватало меди, особенно для литья пушек и производства медных монет. В связи с этим первый русский царь из династии Романовых Михаил Федорович, предпринимал усилия для поисков в России месторождений медных руд и на их базе – строительства медеплавильных заводов.

В 1635 году по официальным данным был построен первый в России Пыскорский медеплавильный завод. Однако авторы считают, что первенцем цветной металлургии России все-таки был Григоровский медеплавильный завод, построенный раньше, в 1633 году, вблизи деревни Григорово, на правобережье реки Камы, в пяти км от Соликамска (рис. 1).

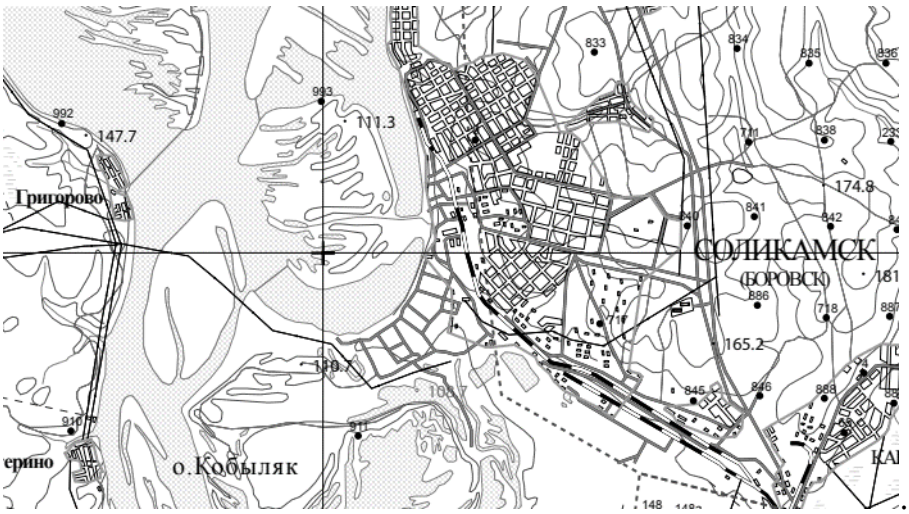


Рис. 1. Местоположение деревни Григорово Соликамского городского округа

В 1633 году царем Михаилом Федоровичем Романовым в район реки Кама для поиска медных руд посылается группа специалистов из 6 человек во главе с Василием Стрешневым. По возвращении они доложили, что ими обнаружена медная руда на правом берегу Камы, у Григоровой горы вблизи Соли Камской [1].

В том же 1633 году началось строительство одновременно рудника и плавильного завода и уже к 8 декабря 1634 года выходит царский указ о награждении В.И. Стрешнева за то что «медная руда розыскана и завод устроен» (рис. 2).

№ 710-й. Память въ Розрядъ, за приписью дьяка Назарьева, о пожалованіи окольничему В. И. Стрѣшневу денежнаго оклада триста семьдесятъ рублей.

Лѣта 7143-го, ноября въ 28 д. По государеву... указу, дьякомъ, думному Ивану Гавреневу, да Михаилу Данилову, да Григорью Ларіонову. Государь... пожаловалъ окольничаго Василія Ивановича Стрешнева за службу, что у Соли-Камской его службою и радѣньемъ мѣдная руда розыскана и заводъ устроенъ, велѣлъ ему учинить свое государево жалованье въ окольничихъ окладъ триста семьдесять рублей. И по государеву.... указу, дьякомъ, думному Ив. Гавреневу, да М. Данилову, да Гр. Ларіонову, окольничему Василью Ивановичу Стрешневу государево жалованье окладъ триста семьдесятъ рублей велѣть справить. Діякъ Назарьевъ.

Помѣта: «По сей памяти справить въ Розрядѣ».

(Москов. ст. столб. № 72, л. 2).

Рис. 2. Акт московского государства № 710-й. Память в Розряд, за приписью дьяка Назарьева. 8 декабря (по новому стилю) 1634 года

Первый медеплавильный завод представлял собой плавильный амбар размером 9 на 4,33 саженей. Через ручей была сооружена запруда «от горы до горы, рубленая городнями в две стены в длину 23 сажени, поперек городень саженная», с установленным водяным колесом. Здесь надо отметить, что если в царском указе написано что «завод устроен», значит завод был, получал первую российскую медь, и никаких других толкований указа допускать нельзя.

Примерно через два года после пуска на Григоровский медеплавильный завод приехала комиссия из Москвы с русскими и немецкими мастеровыми, которая увидела здесь уже построенный действующий завод. После его досмотра было определено, что в местном ручье мало воды, и было дано указание о выборе нового места для завода. В соответствии с ним завод был перенесен на 27 км южнее, в район Пыскорского монастыря, где уже была мельничная плотина. Первая партия меди на перенесенном заводе была получена в 1635 году [2].

Авторами на территории Григоровского медеплавильного завода найден летом 2023 г. шлак, оставшийся после плавки меди (рис. 3).

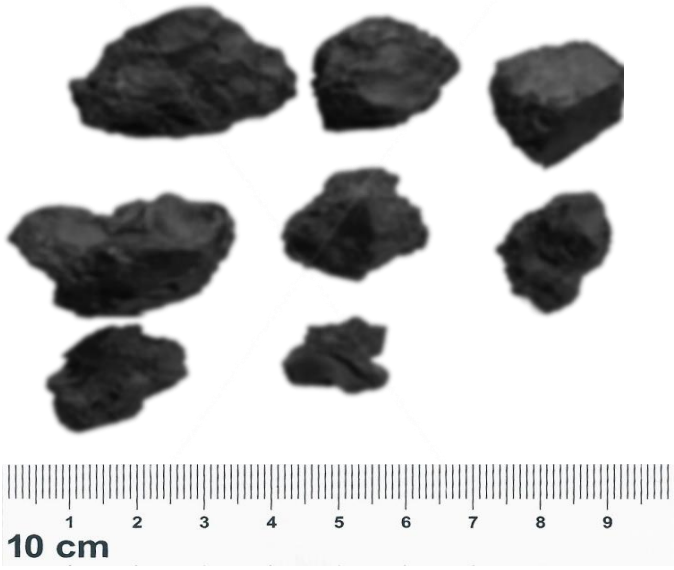


Рис. 3. Шлаки Григорьевского медеплавильного завода.

В Соликамске сейчас разрабатывается план мероприятий по празднованию в 2030 году 600–летия образования города. В число юбилейных мероприятий хорошо было бы включить и создание музея истории меди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов М.В. Троицкий медеплавильный завод и фабрика посуды Турчанинова. Соликамск: Типограф. 2012. 64 с.
2. Харитонов Т.В. Пермская медь // Обзор опубликованных и фондовых источников. ПГНИУ. Пермь. 2-е издание. 2018. С. 38-39.

Поступила 15.03.2024

УДК 624.19

О.В. Трещева, С.В. Анциферов

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ОБДЕЛОК ТОННЕЛЕЙ, СООРУЖАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА ИЗ ТРУБ

При разработке нового аналитического метода расчета использована математическая модель взаимодействия массива грунта, обделки тоннеля и труб защитного экрана как элементов единой деформируемой геомеханической системы. Выполнена постановка и получено аналитическое решение соответствующей плоской задачи теории упругости о равновесии полубесконечной среды, ослабленной круговым отверстием, подкрепленным концентрическим кольцом, и включающей произвольно расположенные шайбы, при соответствующих граничных условиях. Решение базируется на применении математического аппарата потенциалов Колосова-Мусхелишвили и теории аналитических функций комплексного переменного. Разработанный метод позволяет выполнять расчет обделок тоннелей мелкого заложения, учитывающего влияние на напряженное состояние подземных конструкций предварительно сооруженного защитного экрана из труб.

Использование в подземном строительстве предварительного крепления в виде защитных экранов из труб позволяет выполнять строительство тоннелей мелкого заложения закрытым способом в слабых грунтах, существенно уменьшая деформации земной

поверхности и осадки фундаментов наземных объектов, способствует повышению устойчивости массива грунта в забое [1, 6]. Очевидно, что в ряде случаев учет влияния защитного экрана на напряженно-деформированное состояние обделок может способствовать научному обоснованию принимаемых технологических решений и рациональных конструкций обделок.

Рекомендуемые в [9-12] методики, основанные на теоретических положениях, принятых в сопротивлении материалов и строительной механике, позволяют исходя из условий прочности и жесткости, с использованием расчетных схем для балок на упругом основании, определять диаметры труб защитного экрана с учетом возможного их заполнения. Из-за необходимости определения нагрузок на трубы, исходя из рассмотрения различных гипотез сводообразования, к существенным недостаткам этих методик можно отнести отсутствие возможности адекватного учета собственной несущей способности грунта, а также оценки напряженного состояния обделок тоннелей и окружающего массива грунта.

Как показывает опыт проектирования подземных сооружений, результаты определения напряженно-деформированного состояния элементов геомеханической системы «массив грунта – обделка тоннеля – трубы защитного экрана» при помощи специализированных пакетов программ, ориентированных на решение задач геомеханики численными методами, в частности – методом конечных элементов – требуют выполнения дополнительной верификации полученных данных. Проверка достоверности результатов численного моделирования возможна путем сравнения тестовых расчетов с данными, полученными аналитическими методами для частных случаев.

Следует отметить, что аналитических методов расчета обделок тоннелей с учетом влияния труб защитного экрана, в основу которых положены строгие решения соответствующих задач механики деформируемого твердого тела, в частности – теории упругости – в настоящее время не имеется из-за отсутствия соответствующих решений. Это определяет актуальность разработки метода расчета обделок тоннелей мелкого заложения, сооруженных с использованием защитного экрана из труб, базирующегося на современных теоретических положениях геомеханики и механики подземных сооружений [5] и математических методах решения задач теории упругости [4, 7].

Разработанный метод позволяет выполнить расчет обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом под защитой экрана, трубы которого продавливаются за контуром выработки в скважины из забоя в направлении проходки по всему контуру выработки или его части на всю длину параллельно или под малым углом к ее продольной оси.

Одна из возможных расчетных схем, реализуемых задачей, приведена на рис. 1.

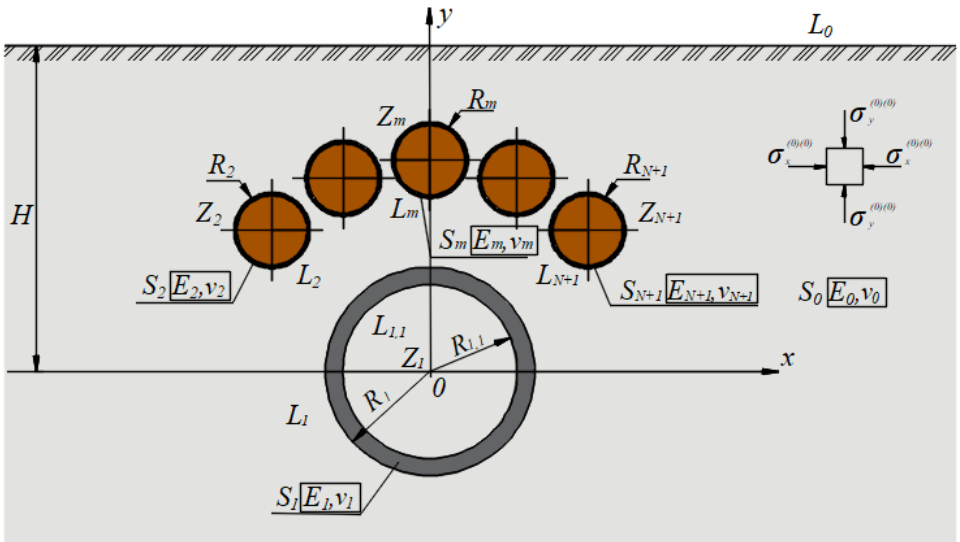


Рис. 1. Расчетная схема

Помимо приведенного (см. рис. 1) экрана, расположенного в сводовой части тоннеля, трубы могут располагаться в одной плоскости над выработкой, по части контура или по всему контуру выработки П-образно, а также с перекрытием.

Модель [3] позволяет учесть следующие основные факторы, оказывающие существенное влияние на напряженное состояние обделки тоннеля и массива грунта, а также на характер деформаций земной поверхности: наличие близко расположенной земной поверхности; глубина заложения тоннеля; геомеханические характеристики массива грунта; поле начальных напряжений в массиве, обусловленных гравитационными силами в массиве грунта; размеры поперечного сечения обделки тоннеля; деформационные характеристики материала обделки; количество труб защитного экрана; взаимное расположение и размеры поперечного сечения труб экрана; деформационные характеристики материала заполнения труб экрана; последовательность сооружения защитного экрана и тоннеля; отставание возведения обделки от забоя тоннеля; реологические свойства грунта в рамках линейной теории наследственной ползучести.

Таким образом, на расчетной схеме представлена полубесконечная весомая линейно-деформируемая среда, моделирующая массив грунта. Среда ослаблена круговым отверстием, подкрепленным концентрическим кольцом, моделирующим поперечное сечение обделки тоннеля. Сплошные круговые шайбы, моделирующие поперечные сечения труб защитного экрана с возможным заполнением, произвольно расположены вблизи подкрепленного отверстия.

Среда характеризуется объемным весом, деформационными характеристиками – модулем деформации и коэффициентом Пуассона, а также коэффициентом бокового давления. Материалы кольца и шайб имеют деформационные характеристики, отличающиеся от соответствующих характеристик массива грунта. Собственным весом обделки и труб с заполнением пренебрегаем по сравнению с весом вмещающего массива.

В среде существует поле начальных напряжений, моделирующее действие собственного веса грунта и учитывающее его изменение по высоте сечения выработки [2].

Полные напряжения в среде представляются в виде сумм начальных и искомых дополнительных напряжений, обусловленных наличием границы полуплоскости и перечисленных выше концентраторов напряжений. Начальные напряжения в кольце и шайбах отсутствуют.

Граничные условия задачи отражают действие гравитационных сил в области, моделирующей массив грунта, и условия полного контакта на границах раздела областей с различными деформационными характеристиками. Прямолинейная граница полубесконечной среды и внутренний контур кольца свободны от действия внешних сил; на границах областей с различными механическими характеристиками – среды и кольца, а также среды и шайб – выполняются условия непрерывности векторов полных напряжений и дополнительных смещений.

Решение задачи теории упругости, позволяющее определять любые компоненты напряженного состояния в любой точке кольца, подкрепляющего круговое отверстие, моделирующего обделку тоннеля, получено с использованием математического аппарата комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили. Из-за особенности постановки соответствующей краевой задачи теории функций комплексного переменного (ТФКП) искомые смещения являются дополнительными.

Особенностью полученного решения поставленной задачи в целом является применение хорошо сходящегося итерационного процесса, описанного в [2] и организованного так, что на каждом его шаге выполняется решение задачи для подкрепленного кольцом отверстия либо каждой из шайб в полной плоскости, дающие возможность определить неизвестные коэффициенты разложений искомых комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили в ряды Лорана с наперед заданной точностью.

Полученное решение составляет основу аналитического метода расчета обделок круговых тоннелей мелкого заложения, сооружаемых закрытым способом с применением

защитного экрана из труб, расположенных за контуром сечения выработки, при действии собственного веса грунта.

Разработанный метод реализован в виде алгоритма и компьютерной программы расчета, позволяющей установить закономерности влияния на напряженное состояние обделок тоннелей и массива грунта при изменении параметров защитного экрана – количество используемых труб; их диаметров и расположения относительно тоннеля; физико-механические характеристики грунта, материалов обделки, заполнения труб экрана и др., а также учесть ряд технологических факторов, оказывающих влияние на напряженное состояние обделок тоннелей: последовательность сооружения тоннеля по отношению к предварительно установленному экрану из труб, а также отставание возведения обделки от забоя выработки. Для этого возможно применение методик, приведенных в [2].

На рис. 2 показана пространственная модель расположения труб защитного экрана, расположенных по части контура.

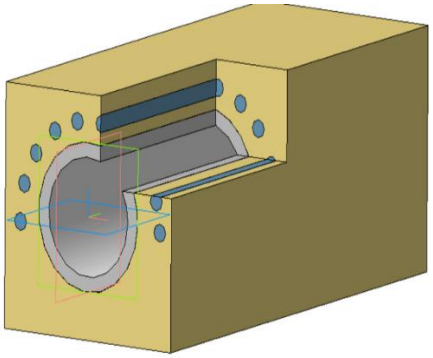
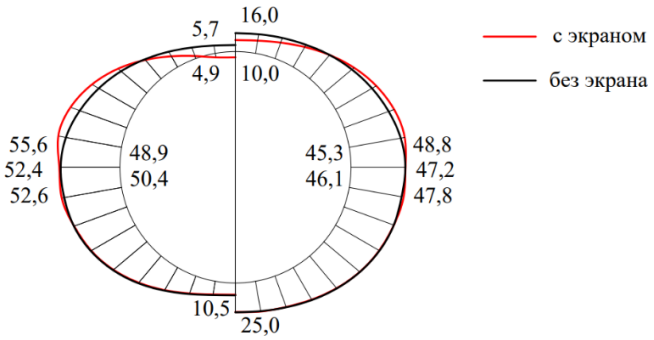


Рис. 2. Пространственная модель расположения труб защитного экрана

Ниже приведены результаты, полученные с использованием разработанной программы расчета для незакрепленного тоннеля, при следующих исходных данных: глубина заложения выработки 10 м; радиус поперечного сечения выработки 3,0 м; используются 35 труб, равномерно расположенных по верхней половине контура выработки на расстоянии от центров поперечных сечений труб до контура выработки равном 0,13 м; радиусы поперечных сечений труб 0,125 м; удельный вес грунта 0,02 МН/м^3; модуль деформации и коэффициент Пуассона грунта соответственно 50 МПа и 0,3; приведенный модуль деформации материала шайб 10000 МПа, коэффициент Пуассона – 0,2. Расчеты выполнены для двух значений коэффициента бокового давления в ненарушенном массиве грунта – 0,5 и 0,7.

На рис. 3 приведены эпюры нормальных тангенциальных напряжений, возникающих на контуре поперечного сечения выработки, пройденной без применения и с применением защитного экрана.



а б

Рис. 3. Эпюры нормальных тангенциальных напряжений на контуре поперечного сечения выработки, увеличенные в 100 раз, МПа при коэффициенте бокового давления: а – 0,5; б – 0,7

Из представленных результатов можно сделать вывод о том, что защитный экран из труб приводит в рассмотренном случае к изменению напряженного состояния массива грунта на контуре выработки:

В настоящее время выполняются работы по исследованию влияния отставания возведения обделки от забоя на напряженное состояние как вмещающего тоннель массива грунта, так и самой обделки тоннеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.В. Головин Д.Т. Применение защитных экранов в подземном строительстве // *Academy*, 2016. С. 22-28.
2. Анциферов С.В. Метод расчета многослойных обделок параллельных тоннелей кругового поперечного сечения мелкого заложения: монография. Тула: изд-во ТулГУ. 2014. 298 с.
3. Анциферов С.В., Деев П.В., Трещева О.В. Разработка математической модели взаимодействия обделок тоннелей, сооружаемых с применением защитного экрана из труб, с массивом грунта // 18-я международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: ТулГУ, 2022. С. 109-115.
4. Араманович И.Г. О распределении напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием // Докл. АН СССР. М. 1955. Т. 104. №3. С. 372-375.
5. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений: учебник для вузов. М.: Недра, 1994. 382 с.
6. Волков В.П., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н., Храпов В.Г. Тоннели и метрополитены. М.: Транспорт. 1975. 551 с.
7. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М: Наука. 1966. 708 с.
8. Прибыльская Н.М., Гречухин В.А. Напряженно-деформированное состояние защитного экрана из труб и базовых элементов в подземном строительстве // Метро и тоннели. 2022. №1. С. 9-12.
9. Рекомендации по применению опережающих экранов из труб при сооружении транспортных тоннелей / Под ред. Букова Н.Э., Матрохина Г.С. М.: ЦНИИС. 1988. 47 с.
10. Рекомендации по проектированию и устройству опережающих защитных экранов из труб с применением микротоннелепроходческих комплексов при строительстве тоннелей. М.: Корпорация «Трансстрой». Тоннельная ассоциация России. 2003. 55 с.
11. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов / Под ред. Ильичева В.А. М.: ГУП НИАЦ, 2004. 206 с.
12. СП 122.13330.2012. Тоннели железнодорожные и автодорожные. М.: Минрегион России, 2012. 112 с.

Поступила 15.03.2024

УДК 622.28.001

М.В. Старых, А.С. Саммаль

РАСЧЕТ ОБДЕЛОК КОМПЛЕКСОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ГРАНИЦЫ НАЛЕГАЮЩЕЙ ТОЛЩИ ПОРОД С ДРУГИМИ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В статье излагаются основные теоретические положения, на которых базируется разработанный новый аналитический метод расчета обделок комплексов параллельных гидротехнических туннелей, эксплуатируемых в напорном режиме, с учетом влияния близкорасположенной границы налегающей толщи пород с существенно отличающимися деформационными характеристиками. Метод основан на строгом решении соответствующей плоской контактной задачи теории упругости, реализованном в виде соответствующего компьютерного программного обеспечения. Выполненные многовариантные расчеты позволили проиллюстрировать широкие возможности предлагаемого метода при его применении с целью повышения эффективности принимаемых проектных решений.

Применяемые в настоящее время аналитические методы расчета подземных конструкций позволяют реализовать современные представления механики подземных сооружений о взаимодействии подземной конструкции и вмещающих горных пород в качестве элементов единой геомеханической системы «крепь – массив» [1- 3]. Указанные методы базируются, как правило, на строгих решениях соответствующих контактных задач теории упругости. При этом одним из очевидных недостатков применяемых аналитических методов математического моделирования является необходимость идеализации горного массива, в частности, представление его в качестве бесконечной однородной изотропной или ортотропной среды, деформационные свойства которой характеризуются некоторыми усредненными значениями модуля упругости и коэффициента Пуассона.

В связи с этим в Тульском государственном университете в течение длительного времени проводятся научные исследования, направленные на совершенствование теории и разработку новых подходов с целью учета реального, слоистого характера строения горных массивов. В этой связи можно отметить оригинальный метод расчета обделок тоннелей с учетом влияния пересекающей поперечное сечение по диаметру выработки границы раздела слоев пород с различными деформационными характеристиками [4]. В основу указанного метода положены аналитические решения ряда плоских задач теории упругости о напряженно-деформированном состоянии кусочно-однородной среды в окрестности подкрепленного кругового отверстия. Дальнейшим развитием полученных теоретических результатов явился подход к расчету подземных сооружений как кругового, так и некругового поперечного сечения с учетом влияния налегающей (или подстилающей) толщи ослабленных пород [5, 6].

В настоящей работе предлагается новый аналитический метод обделок комплексов параллельных напорных гидротехнических туннелей с учетом влияния расположенного выше слоя пород с другими деформационными характеристиками, являющийся логическим развитием и обобщением накопленной теоретической базы. В основу метода положено строгое решение плоской контактной задачи теории упругости, расчетная схема которой приведена на рис. 1.

Рассматривается бесконечная линейно деформируемая кусочно–однородная среда S_0, моделирующая горный массив пород, составленная двумя полубесконечными областями $S_{0,j}\ (j=0,1)$ из различных материалов, обладающими соответствующими среднестатистическими значениями деформационных характеристик: модулей деформации $E_{0,j}$ и коэффициента Пуассона $\nu_{0,j}$. При этом области $S_{0,j}\ (j=0,1)$ моделируют слои

различных пород и имеют прямолинейную границу раздела L.

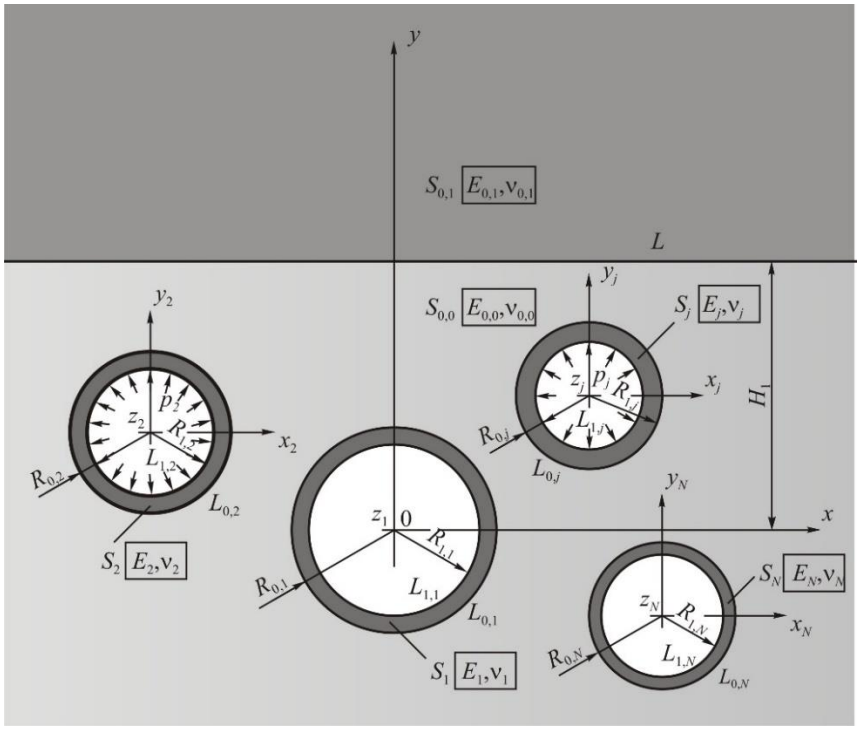


Рис. 1. Расчетная схема

Нижняя область $S_{0,0}$ ослаблена конечным числом *N*-подкрепленных отверстий, расположенных произвольным образом. Подкрепляющие отверстия кольца $S_j\ (j=1,...,N)$, моделирующие обделки туннелей, выполнены из различных материалов, деформационные характеристики которых $E_j, \nu_j\ (j=1,...,N)$.

Кольца $S_j\ (j=1,...,N)$ подвержены действию равномерного внутреннего давления $-p_j\ (j=1,...,N)$. При этом, возможный безнапорный режим рассматриваемой обделки (соответствующего кольца S_j) моделируется заданием $p_j=0$.

Поставленная задача теории упругости решена с использованием теории аналитических функций комплексного переменного [7], аналитического продолжения комплексных потенциалов, регулярных в нижней полуплоскости вне отверстий, через границу в верхнюю полуплоскость, аппарата конформных отображений, свойств комплексных рядов Лорана и интегралов типа Коши. Основная особенность полученного решения заключается в том, что оно реализовано в форме хорошо сходящегося итерационного процесса, в каждом приближении которого последовательно решаются более простые задачи для каждого из подкрепленных отверстий в полной плоскости при наличии в граничных условиях соответствующих дополнительных функций, отражающих влияние остальных колец и неоднородность среды. При этом указанные дополнительные функции, представляемые в виде степенных рядов, коэффициенты разложений которых обнуляются в первом приближении, уточняются по замкнутым формулам при проведении вычислений в последующих итерациях. Важно, что на каждой стадии результаты расчета контролируется путем проверки точности выполнения поставленных граничных условий. Когда погрешность удовлетворения всех граничных условий в двух смежных итерациях станет меньше заданной малой величины ε (например, $\varepsilon=10^{-6}$), расчет завершается.

Полученное решение реализовано в виде полного алгоритма и компьютерного

программного комплекса, предназначенного для расчета обделок комплексов параллельных напорных туннелей с учетом влияния границы раздела слоев пород с различными деформационными характеристиками.

С целью проверки достоверности результатов, получаемых с применением разработанного метода, выполнено их сравнение с данными расчета одиночного туннеля в соответствии с методом, изложенным в работе [5], а также с данными работы [3] применительно к обделкам комплекса туннелей неглубокого заложения. В первом случае рассматривался частный случай расчетной модели (см. рис. 1) при N=1, а во втором – в верхней области $S_{0,1}$ принимались следующие значения деформационных характеристик: $E_{0,1} = 0,\ \nu_{0,1} = 0,5$. Выполненное сравнение расчетных напряжений и усилий в подземных конструкциях и вмещающем горном массиве показало их полное совпадение.

Ниже в качестве иллюстрации применения разработанного метода расчета в практических целях рассматриваются результаты определения напряжений в обделках комплекса подземных сооружений, состоящего из трех туннелей (в напорном режиме эксплуатации находится только третий туннель), с учетом влияния налегающей толщи ослабленных пород, при следующих исходных данных: $H_0 = 10$ м, $E_{0,0} = 12000$ МПа, $\nu_{0,0} = 0,3$, $E_{0,1} = 300$ МПа, $\nu_{0,1} = 0,35$, $p_1 = 0$; $p_2 =$ 1 МПа, $p_3 = 1,5$ МПа.

Геометрические характеристики поперечных сечений туннелей и деформационные характеристики применяемых при креплении материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики обделок туннелей

Номер выработки	Положение центра		Радиусы контуров крепи, *м*		Деформационные характеристики материалов крепи	
	x_j,*м*	y_j,*м*	Наружный $R_{0,j}$	Внутренний $R_{1,j}$	Модуль деформации, E_j, МПа	Коэффициент Пуассона, ν_j
1	0	0	1,8	1,5	24000	0,2
2	1,0	6,5	3,1	2,5	24000	0,2
3	6,0	2,0	1,2	0,9	32000	0,2

Эпюры нормальных тангенциальных напряжений (в МПа) на наружных $\sigma_\theta^{(ex)}$ и внутренних $\sigma_\theta^{(in)}$ контурах поперечных сечений обделок туннеля показаны на рис. 2, а,б. Для сравнения пунктирными линиями здесь же приведены аналогичные результаты, полученные без учета влияния налегающей толщи ослабленных пород (соответствующие значения даны в скобках). Как следует из приведенных (см. рис. 2 а, б) расчетных эпюр, наиболее значительное влияние налегающего слоя ослабленных пород (положение границы для наглядности показано здесь же) проявляется в подземной конструкции, расположенной в непосредственной близости от нее. Выполненное математическое моделирование показывает, что напряжения в обделках могут увеличиваться до двух раз. При этом, как и следовало ожидать, с удалением подземных сооружений от границы раздела слоев, ее влияние снижается.

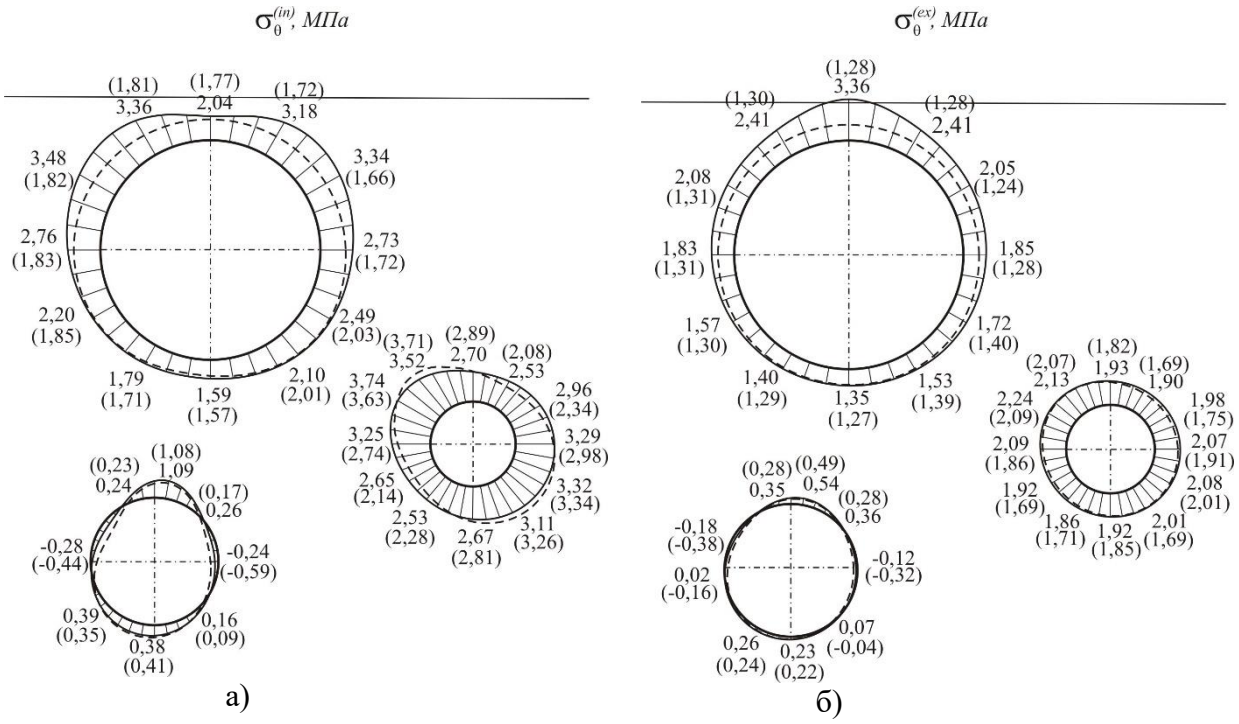


Рис. 2. Эпюры нормальных тангенциальных напряжений в обделках туннелей на внутреннем (а) и наружном (б) контурах

В заключение отметим, что применение предложенного метода в практике проектирования может не ограничиваться рассмотрением только обделок гидротехнических туннелей, но также использоваться при расчете подземных напорных трубопроводов, что будет способствовать повышению качества и надежности принимаемых инженерных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. М.: Недра. 1982. 270 с.
2. Фотиева Н.Н., Козлов А.Н. Расчет крепи параллельных выработок в сейсмических районах. М.: Недра. 1992. 231 с.
3. Анциферов С.В. Метод расчета многослойных обделок параллельных тоннелей кругового поперечного сечения мелкого заложения; монография. Тула, ТулГУ, 2014. 298 с.
4. Фотиева Н.Н., Афанасова О.В. Расчет круговой крепи подземных сооружений в неоднородном массиве на действие собственного веса пород // Подземное и шахтное строительство. 1991. № 2. С. 22-23.
5. Саммаль А.С., Анциферов С.В., Павлова Н.С. Математическое и компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния массива пород, сложенного двумя типами пород, в окрестности напорной выработки // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 7. С. 37-44.
6. Цуканов А.А., Деев П.В. Напряженное состояние обделки тоннеля, расположенного вблизи границы раздела пород // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2021. Вып. 2. С. 278-287.
7. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. 707 с.

Поступила 18.03.2024

УДК 622.2

А.Р. Иванова, И.М. Шевелев, С.А. Черный

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ КУЛОНА-МОРА ПОСРЕДСТВОМ ПОСТРОЕНИЯ ПАРАБОЛЫ ФЭРХЕРСТА ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ СВОЙСТВ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В статье предлагается новая методика расчета значений параметров сцепления и угла внутреннего трения в модели Кулона-Мора посредством построения параболы Фэрхеста при неизвестных значениях предела прочности на растяжение.

В современной калийной промышленности необходимым и важным инструментом для анализа геомеханических процессов являются компьютерные программы, позволяющие рассчитывать такие параметры как деформации, напряжения и перемещения в отработанных горных породах при помощи заложенных в них сложных математических моделях, реализующих ключевые положения и аспекты теории упругости, пластичности и ползучести [1].

Наиболее популярной в использовании является геомеханическая модель Кулона-Мора, позволяющая описывать допредельное, а также предельное состояние материала, при котором он переходит в состояние пластичности и разрушения. Ключевыми параметрами данной модели являются: модуль упругости (E, гПа), коэффициент Пуассона (ν), предел прочности на растяжение ($\sigma_р$, мПа), сцепление (c, мПа) и угол внутреннего трения (φ, град) [2, 3].

При моделировании калийных солей установлено, что предел прочности на растяжение может быть пересчитан посредством предела прочности на сжатие, который является самым основным параметром при исследовании в лабораторных условиях, по формуле:

$$\sigma_р = \frac{1}{18} \times \sigma_{сж}. \tag{1}$$

Далее по значениям $\sigma_р$ и $\sigma_{сж}$ строятся круги Мора, в качестве огибающей которых рассчитывается парабола Фэрхерста [4]:

$$\tau = \left(\frac{\sigma - \sigma_р}{a}\right)^{0,5}, \tag{2}$$

$$a = \frac{\sigma_{сж} - 2\sigma_р + 2\sqrt{\sigma_р^2 - \sigma_р \times \sigma_{сж}}}{\sigma_{сж}^2} \tag{3}$$

На рис. 1 показано построение кругов Мора, а также параболы для слоя Кр2с1, когда $\sigma_{сж} = 19{,}553$ мПа. По коэффициентам параболы Фэрхерста могут быть рассчитаны значения для параметров c и φ по формулам:

$$c = \sqrt{\frac{-\sigma_р}{a}}, \tag{4}$$

$$\mathrm{tg}\varphi = 2\frac{\sqrt{\sigma_{сж}/2 - \sigma_р} - \sqrt{-\sigma_р}}{\sigma_{сж} \times \sqrt{a}} \tag{5}$$

При этом следует отметить, что при неизвестных значениях $\sigma_р$ (что встречается достаточно часто), рассчитанные по такой формуле значения углов внутреннего трения φ

получаются неизменными $\varphi \approx 38{,}903$ град (вследствие зависимости $\sigma_р = f(\sigma_{сж})$), а также завышенными для известных значений калийных солей, так как, например, для сильвинита пласта Кр2 считается, что $\sigma_{сж} = 23$ мПа, а значение φ принимается равным 35 град.

Поэтому в качестве цели данной работы предлагалась методика, в соответствии с которой при неизвестном $\sigma_р$ угол внутреннего трения рассчитывался как угол парной линейной регрессии к параболе Фэрхерста [5]. Точки параболы при построении подбирались так, чтобы стандартные значения соответствовали общеизвестным. Например, для сильвинита Кр2: $\sigma_{сж} = 23$ мПа, $\varphi = 35$ град; для каменной соли: $\sigma_{сж} = 21{,}5$ мПа, $\varphi = 32$ град; для сильвинита АБ: $\sigma_{сж} = 19$ мПа, $\varphi = 27$ град; и т.д. Данная методика позволяет также избежать завышенных значений φ для калийных солей.

На рис. 1 и 2 показаны примеры построения регрессии для расчета значения параметров *c* и φ для слоев Кр2с1 и Б соответственно.

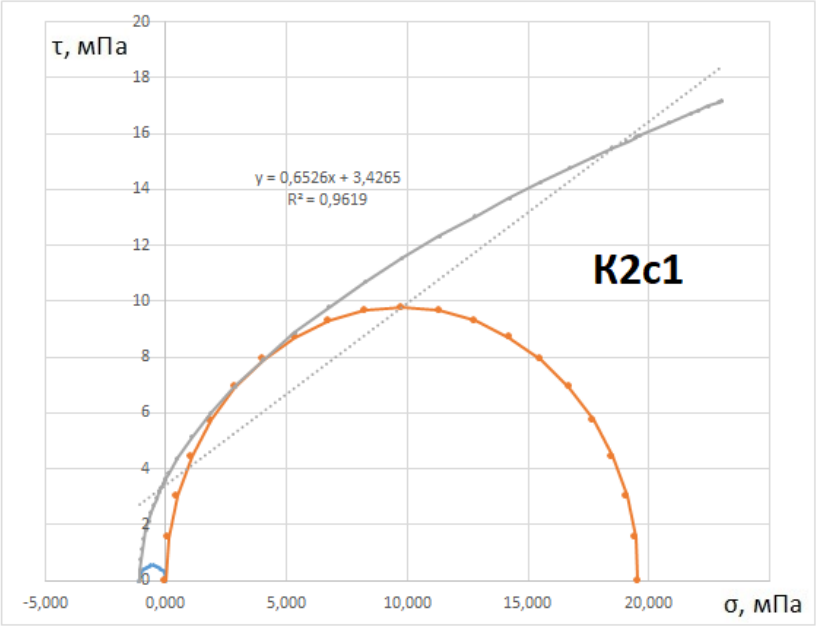


Рис. 1. Расчет параметров c и φ для слоя К2с1

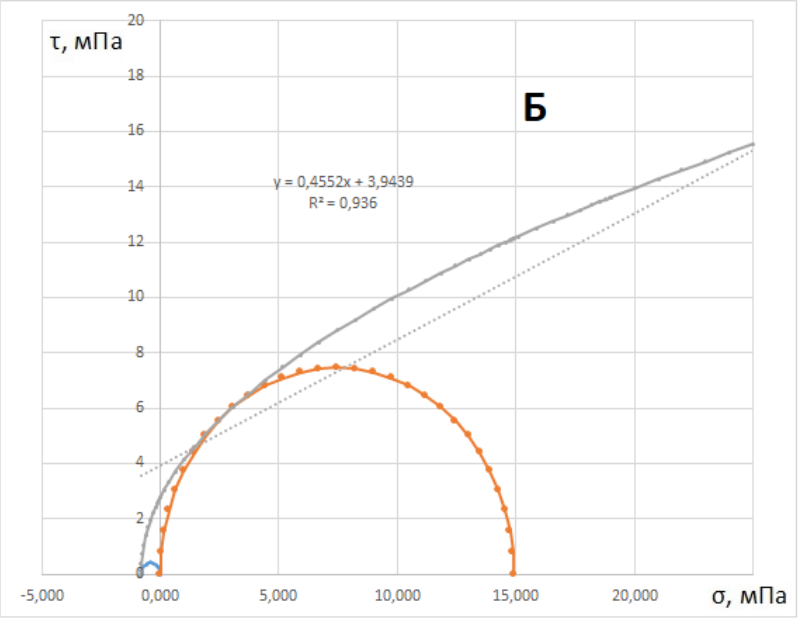


Рис. 2. Расчет параметров c и φ для слоя Б

Далее по коэффициенту b регрессии и точке пересечения $b_п$ параболы Фэрхерста с осью OY рассчитывалось сцепление c:

$$c = (b_р + b_п)/2. \quad (6)$$

В качестве примера (рис. 1 и 2) показаны расчет параметров с и φ для слоев К2с1 и Б, для которых $\sigma_{сж} = 19{,}553$ мПа и $\sigma_{сж} = 14{,}913$ мПа соответственно:

$$\varphi_{К2с1} = \mathrm{arctg}(0{,}6526) = 33{,}128 \text{ град},$$
$$c_{К2с1} = (3{,}4265 + 3{,}6487)/2 = 3{,}5376,$$
$$\varphi_{Б} = \mathrm{arctg}(0{,}4552) = 24{,}475 \text{ град},$$
$$c_{Б} = (3{,}9439 + 2{,}7828)/2 = 3{,}3634.$$

Результатом выполненного исследования стала разработка новой методики, которая позволяет при неизвестных значениях предела прочности на растяжение воспользоваться известным алгоритмом построения параболы Фэрхерста для расчета таких значений параметров модели Кулона-Мора, как сцепление и угол внутреннего трения, с помощью которой удается получить более корректные значения данных параметров с учетом их стандартных общеизвестных значений для калийных солей Верхнекамского месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Господариков А.П., Зацепин М.А. Математическое моделирование прикладных задач механики горных пород и массивов. Записки горного института, 2014, том 207. С. 217-221.
2. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969, 420 с.
3. *FLAC3D* 6.0 *Theory and Background*. 2017. *Itasca Consulting Group, Inc*.
4. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008, 199 с.
5. Миллер Р., Кан Дж. Статистический анализ в геологических науках. М.: МИР, 1965, 486 с.

Поступила 18.03.2024

УДК 622.2

Д.А. Балдин, М.А. Россинский, И.М. Шевелев

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ И РАСЧЕТА КООРДИНАТ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В статье приводится результат разработки программы, позволяющей ускорить процесс геомеханического моделирования в калийной отрасли на этапе построения геометрии модели.

Один из первых этапов численного моделирования геомеханических процессов при отработке калийных пластов посредством различных программных пакетов, основанных на реализации эффективных численных методов, заключается в правильном построении геометрии и реализации сетки разбиения модели [1].

Выбор правильной сетки разбиения при построении модели является критически важным критерием, влияющим на конечный результат вычислений. При этом под

«правильной сеткой» в каждом конкретном случае понимается такое разбиение, которое позволяет за приемлемое расчетное время получить необходимую точность численных результатов [2, 3].

При стандартном подходе к построению моделей сначала происходит построение геометрии при помощи встроенных чертежных инструментов, а затем разбиение модели на сетку, так как практически во всех современных программных пакетах реализована процедура построения сетки по заданной геометрии [4].

Такой способ имеет массу преимуществ, однако в случае, когда приходится иметь дело с большим количеством схожих моделей, и когда ключевым критерием становится не только вычислительное время, но и время, затраченное на построение геометрии, удобнее сначала рассчитать координаты расположения всех пластов/слоев модели, а также расположения всех отрабатываемых камер относительно данных пластов/слоев, а затем при помощи встроенных в программное обеспечение скриптовых языков реализовать автоматическое построение геометрии с учетом последующей сетки разбиения.

Для реализации такого подхода в среде разработки *Visual Studio* на языке *C#* была разработана программа, скриншоты которой представлены на рисунках 1-2 [5]. Программа позволяет по геологическим колонкам выстраивать все рассматриваемые объекты, включая расположение камер любого размера относительно выбранных отрабатываемых пластов/слоев модели и рассчитывать их соответствующие координаты.

Общий план, характеризующий построение основных пластов модели, изображен на рис. 1. На рис. 2 виден более детальный план, отображающий разделение отрабатываемых пластов на слои, а также характеризующий расположение добычных камер относительно данных слоев.

В результате проведенной работы была разработана программа, позволяющая значительно ускорить первый этап моделирования, связанный с геометрическим построением геомеханической модели на калийном месторождении.

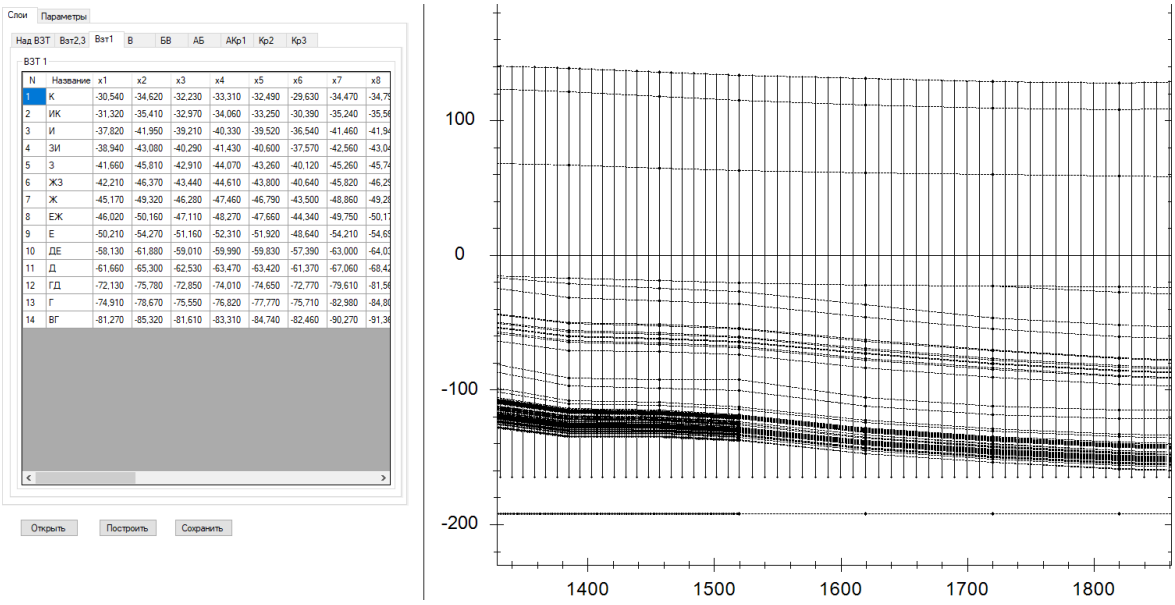


Рис. 1. Общий план, характеризующий построение основных пластов модели

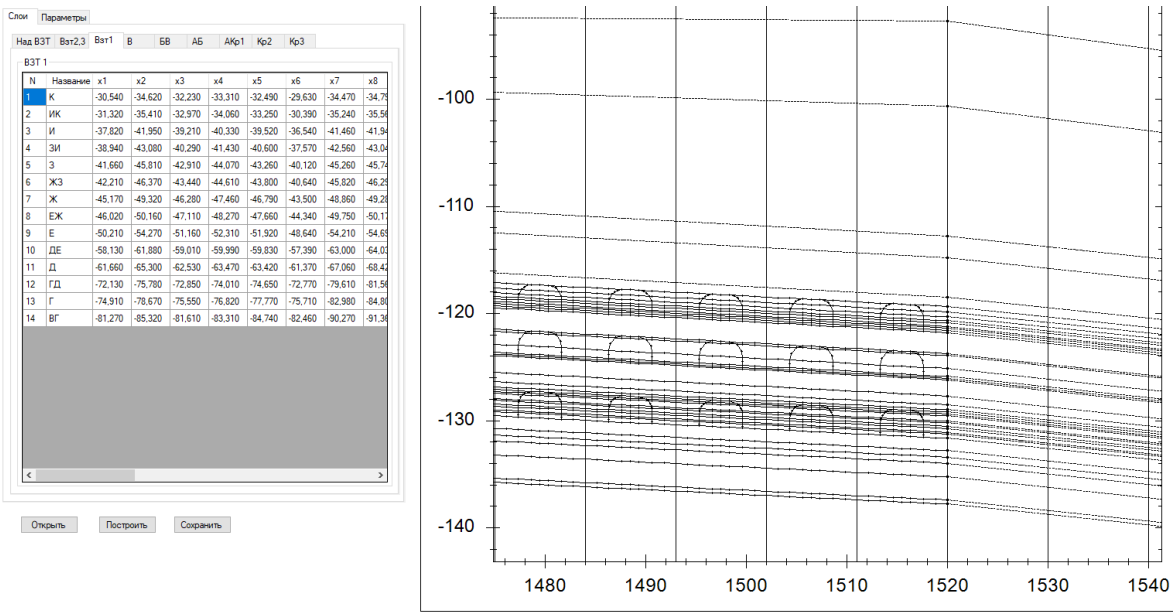


Рис. 2. Детальный план, отображающий разделение отрабатываемых пластов на слои и расположение камер

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Господариков А.П., Зацепин М.А. Математическое моделирование прикладных задач механики горных пород и массивов. Записки горного института, 2014, том 207. С. 217-221.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979, 393 с.
3. *Continuum and Distinct Element Modeling in Geomechanics*: *Proceedings of 2nd International FLAC/DEM Symposium*, *Melbourne*, *Australia*, 14-16 *February* 2011.
4. *FLAC3D* 6.0 *Theory and Background*. 2017. *Itasca Consulting Group, Inc*.
5. Скит Дж. C# для профессионалов: тонкости программирования. М.: Вильямс, 2014, 608 с.

Поступила 18.03.2024

УДК 622.2

А.Р. Иванова, В.С. Беспалов

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА СОЛИКАМСКИХ КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ

В статье предлагается повышение эффективности отработки панели и выемочных блоков на Соликамских калийных рудниках путем изменения расположения очистных камер под углом к выемочному штреку.

На Соликамских калийных рудниках (СКРУ-1, СКРУ-3), ввиду большего значения устойчивого пролета $a_{от}$ = 5–8 [1] и в целом более устойчивой кровлей, применяется схема подготовки блока с широким, центрально расположенным блоковым выемочным штреком шириной 8-9 м (рис. 1) [2]. Преимущество данной схемы заключается в возможности перпендикулярной к выемочному штреку зарубке очистных камер с соответствующим уменьшением трудозатрат и времени на зарубку. Однако у перпендикулярной зарубки

имеется и один существенный недостаток – невозможность применения более вместимого самоходного вагона типа ВС-30 с комбайном типа «Урал-20Р», ввиду их ограниченной маневренности при выезде из камеры, поэтому применяется самоходный вагон типа ВС-15 с бункером-перегружателем типа БП-14. Как следствие, необходимо уменьшать длину камеры, иначе комбайн будет работать со значительными простоями в конце камеры в ожидании разгрузки бункера-перегружателя. Из этого вытекает еще один недостаток – увеличение количества блоков, трудоемкости на проведение подготовительных выработок и на перемонтаж оборудования.

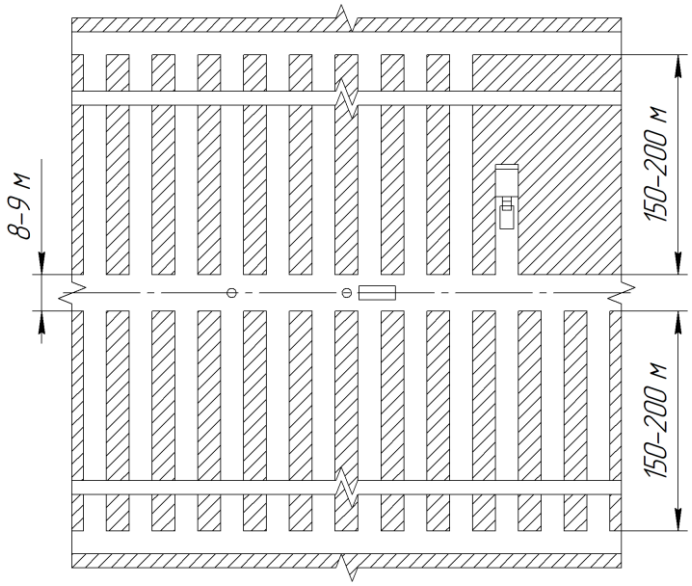


Рис. 1. Применяемая система подготовки и отработки блоков на Соликамских калийных рудниках

Как показывает практика, применение ВС-30 вполне возможно при наклоне камер менее 60° к выемочному штреку. Оптимальная длина камеры при использовании «Урал-20Р» и ВС-30 составляет 300 м [3, 4].

В таблице приведены укрупненные подсчеты основных технико-экономических показателей при раскройке панели с оптимальными размерами – 2400×1200 м и средними вынимаемыми мощностями – 3,2 м для пласта АБ и 5,0 м для пласта КрII. Расчет производительности выполнен в соответствии с методиками [2, 5]. На рис. 2 изображена схема с отработкой диагональными камерами.

Таблица

Варианты отработки

Угол наклона камеры, град.	Производительность комб. комплекса, т/см		Длина полублока, м	Кол. блоков на полупанель
	АБ	КрII		
90*	2239	2160	200	6
60	2615	2533	250	5
45	2627	2542	200	6
30	2592	2514	150	8

* – при использовании БП-14 и ВС-15

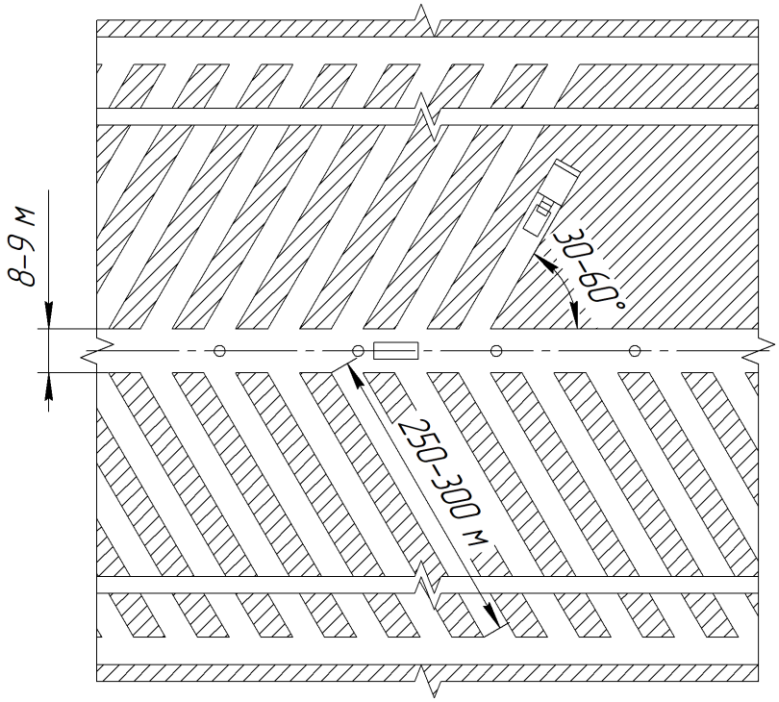


Рис. 2. Предлагаемая система подготовки и отработки блоков на Соликамских калийных рудниках

Укрупненные предварительные расчеты показали, что оптимальное расположение камеры составляет 60 градусов к выемочному штреку. Это позволит:

– использовать самоходный вагон ВС-30 и бункер-перегружатель типа БПС-25 в составе комбайнового комплекса, что значительно (до 20%) повысит сменную производительность комбайна;

– вследствие увеличения длины камеры сокращается количество подготавливаемых блоков, а значит и трудоемкость на подготовку и отработку панели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по защите рудников от затопления ПАО «Уралкалий» и охране объектов на земной поверхности от вредного влияния подземных разработок на Верхнекамском месторождении солей. Пермь-Березники: ГИ УрО РАН, 2022 г. 116 с.
2. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО «Сильвинит» / ОАО «Галургия». Новосибирск: Наука, 2011 г. 487 с.
3. Аспекты повышения эффективности разработки Верхнекамского калийного месторождения. Новосибирск: Наука, 2019 г. 182 с.
4. Специальные мероприятия по безопасному ведению горных работ на руднике СКРУ-3 ПАО «Уралкалий» в условиях «газового режима». Пермь-Соликамск: ГИ УрО РАН, 2019 г. 97 с.
5. Методика расчета производительности комбайновых комплексов на рудниках объединения «Уралкалий». Пермь: Уральский филиал ВНИИГ, 1976 г. 26 с.

Поступила 19.03.2024

УДК 622.28

С.С. Юдин, А.С. Саммаль

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НЕОДНОРОДНОГО ГОРНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ КРУГОВОЙ ВЫРАБОТКИ, ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ КОТОРОЙ ПЕРЕСЕКАЕТСЯ ГРАНИЦЕЙ РАЗДЕЛА СЛОЕВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

В статье рассматриваются основные положения разработанной математической модели формирования напряженного состояния неоднородного горного массива в окрестности подземного сооружения с учетом влияния границы раздела слоев различных пород, пересекающих поперечное сечение выработки. Проведенный анализ получаемых результатов с имеющимися в научной литературе данными других авторов применительно к частным случаям, когда граница раздела пород совпадает с диаметром выработки, позволил сделать вывод о достоверности предлагаемого подхода.

Применяемые до настоящего времени аналитические методы расчета подземных сооружений реализуют, главным образом, математические модели, базирующиеся на представлении горного массива в качестве сплошной, однородной, изотропной линейно-деформируемой или вязкоупругой среды. При этом горные выработки рассматриваются в качестве ослабляющих отверстий, а с целью оценки напряженного состояния вмещающих выработку пород рассматриваются строгие решения соответствующих плоских задач математической теории упругости.

В случаях, когда поперечное сечение круговой выработки пересекается слоями пород, обладающих существенно отличающимися деформационными характеристиками, может быть использован метод расчета [1], в основу которого положено соответствующее решение плоской задачи теории упругости о равновесии кругового кольца, подкрепляющего отверстие в кусочно-однородной среде, составленной из двух полубесконечных областей из различных материалов, линия контакта которых совпадает с диаметром отверстия. При этом заложенный в указанный метод принцип симметрии расчетной модели, значительно упрощающий математическую реализацию, существенно снижает область его применения.

В целом, анализ имеющихся методов и подходов к определению напряженно-деформированного состояния неоднородных горных массивов в окрестности горных выработок, поперечные сечения которых пересекаются границей раздела пород с различными механическими свойствами произвольным образом, показал, что, несмотря на имеющиеся теоретические наработки таких методов до настоящего времени не создано. В связи с этим в работе ставится и решается задача, связанная с совершенствованием теории расчета подземных сооружений с целью более полного учета влияния границы раздела слоев различных пород, пересекающих поперечное сечение туннеля или горной выработки. Таким образом, в рамках настоящего исследования предлагается дальнейшее развитие математической модели [1] формирования напряженного состояния горного массива в окрестности круговой выработкой, поперечное сечение которой пересекается границей раздела различных пород применительно к общему случаю, когда граница раздела пород не совпадает с диаметральной осью, и геометрическая симметрия рассматриваемой расчетной схемы нарушается.

В соответствии с поставленными целью и задачами исследований по имеющимся научным публикациям было выполнен анализ современного состояния теории и практики проектирования подземных сооружений в слоистом горном массиве, который позволил сформулировать основные положения математического моделирования единой геомеханической системы «двуслойный горный массив – выработка». Для реализации предложенной модели получено новое аналитическое решение плоской контактной задачи теории упругости, расчетная схема которой показана на рисунке.

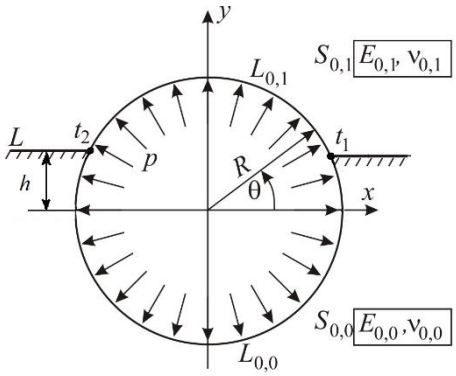


Рис. Расчетная схема

Здесь моделирующая неоднородный горный массив кусочно-однородная среда S_0 представляет собой бесконечную область, составленную из двух полубесконечных слоев (нижней $S_{0,0}$ и верхней $S_{0,1}$), материалы которых имеют различные деформационные характеристики – модули деформации $E_{0,j}$ и коэффициенты Пуассона $\nu_{0,j}\ (j=0,1)$. Ослабляющее среду $S_0 = S_{0,0} + S_{0,1}$ круговое отверстие радиуса R моделирует горную выработку. Прямолинейная граница L раздела областей $S_{0,j}$ (пород) пересекает контур отверстия $L_0 = L_{0,0} + L_{0,1}$ в точках $t_j\ (j=1,2)$, расположенных на высоте h от горизонтального диаметра. На линии контакта L полубесконечных областей $S_{0,j}\ (j=0,1)$ выполняются условия полного контакта, которые отражают непрерывность векторов напряжений и смещений. Контур отверстия L_0 подвержен действию равномерного нормального (радиального) давления $-p$, с помощью которого может также моделироваться отпор крепи (обделки), подкрепляющей выработку.

После введения в рассмотрение комплексных потенциалов $\tilde{\varphi}_{0,j}(z),\ \tilde{\psi}_{0,j}(z)\ (j=0,1)$, регулярных в соответствующих областях $S_{0,j}\ (j=0,1)$, связанных с напряжениями и смещениями известными формулами Колосова – Мусхелишвили [2] (здесь $z = x + iy = re^{i\theta}$ – произвольная точка области $S_0 = S_{0,0} + S_{0,1}$), осуществляется переход к краевой задаче теории аналитических функций комплексного переменного при следующих граничных условиях:

– на границе L, точки которой обозначены $t = x + ih$:

$$\begin{gathered}\tilde{\varphi}'_{0,1}(t) + \overline{\tilde{\varphi}'_{0,1}(t)} + \bar{t}\tilde{\varphi}''_{0,1}(t) + \tilde{\psi}'_{0,1}(t) = \tilde{\varphi}'_{0,0}(t) + \overline{\tilde{\varphi}'_{0,0}(t)} + \bar{t}\tilde{\varphi}''_{0,0}(t) + \tilde{\psi}'_{0,0}(t);\\ æ_{0,1}\tilde{\varphi}_{0,1}(t) - t\,\overline{\tilde{\varphi}'_{0,1}(t)} - \overline{\tilde{\psi}_{0,1}(t)} = \frac{\mu_{0,1}}{\mu_{0,0}}\left[æ_{0,0}\tilde{\varphi}_{0,0}(t) - t\,\overline{\tilde{\varphi}'_{0,0}(t)} - \overline{\tilde{\psi}_{0,0}(t)}\right]\end{gathered} \tag{1}$$

– на составляющих контур отверстия дугах $L_{0,0}, L_{0,1}$, точки которых имеют аффиксы $t = R\mathrm{e}^{i\theta}$:

$$\tilde{\varphi}'_{0,j}(t) + \overline{\tilde{\varphi}'_{0,j}(t)} - \left[\bar{t}\tilde{\varphi}''_{0,j}(t) + \tilde{\psi}'_{0,j}(t)\right]e^{2i\theta} = -p \quad (j=0,1) \tag{2}$$

где

$$\mu_{0,j} = \frac{E_{0,j}}{2\left(1+\nu_{0,j}\right)}, \quad æ_{0,j} = 3 - 4\nu_{0,j}.$$

Подлежащие определению комплексные потенциалы представляются в виде:

– применительно к нижней области $S_{0,0}$

$$\tilde{\varphi}_{0,0}(z) = \varphi_0(z) + \varphi_{0,0}(z), \quad \tilde{\psi}_{0,0}(z) = \psi_0(z) + \psi_{0,0}(z); \tag{3}$$

– к верхней области $S_{0,1}$

$$\tilde{\varphi}_{0,1}(z) = \varphi_0(z) + \varphi_{0,1}(z), \quad \tilde{\psi}_{0,1}(z) = \psi_0(z) + \psi_{0,1}(z), \tag{4}$$

где $\varphi_0(z)$, $\psi_0(z)$ – функции, характеризующие напряженно-деформированное состояние полной плоскости (упругие свойства которой совпадают со свойствами нижней полуплоскости) вне отверстия; $\varphi_{0,j}(z)$, $\psi_{0,j}(z)$ $\left(j = 0,1\right)$ – функции – регулярные соответственно в нижней $\left(j = 0\right)$ и верхней $\left(j = 1\right)$ областях $S_{0,j}$, введенные с целью учета влияния различных деформационных характеристик материалов рассматриваемых областей.

В результате, поставленная задача сводится к отысканию из граничных условий (1), (2) трех пар аналитических функций (3), (4), которые для удобства дальнейшего решения представляются в виде разложений в ряды Лорана. Затем, применив аппарат аналитического продолжения регулярных в нижней полуплоскости функций через прямолинейную границу L в верхнюю полуплоскость, раскрыв условия (1), удалось записать соотношения, связывающие функции $\varphi_{0,j}(z)$, $\psi_{0,j}(z)$ с потенциалами $\varphi_0^*(z)$, $\psi_0^*(z)$. Эти выражения, будучи подставленными в условие (2), в результате последующего умножения каждого члена полученного равенства на ядро Коши и интегрирования по контуру окружности $L_0 = L_{0,0} + L_{0,1}$, позволили прийти к разрешающей системе линейных алгебраических уравнений относительно искомых коэффициентов разложений потенциалов $\varphi_0^*(z)$, $\psi_0^*(z)$. Найденные коэффициенты на заключительном этапе решения сделали возможным определение всех комплексных потенциалов, а далее, применив известные формулы Колосова–Мусхелишвили [2], получить выражения, с помощью которых вычисляются напряжения в рассматриваемых областях, моделирующих горный массив.

Полученное решение представлено в виде полного алгоритма расчета, который адаптирован для последующей компьютерной реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасова О.В. Напряженное состояние вокруг необлицованного напорного туннеля // Механика подземных сооружений. Тула: ТулПИ. 1990. С. 59-67.
2. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. 707 с.

Поступила 20.03.2024

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

УДК 94(47).084

Н.В. Митюков

ПЕРЕГРУЗНЫЕ БАРЖИ ВОТКИНСКОЙ ПОСТРОЙКИ В КАСПИЙСКОЙ ФЛОТИЛИИ

На основе записей «Памятной книжки Морского ведомства» и «Судовых списков» за 1857-75 гг. производится анализ: могли ли среди плавучих средств Астраханского порта быть четыре речные баржи воткинской постройки. Сделан вывод, что если эти баржи действительно и были включены в состав Каспийской флотилии, то, скорее всего, оставались там не дольше 1864-65 гг.

В 1860 и 1862 гг., судя по делопроизводственной документации, Воткинский завод построил для Каспийской флотилии четыре речные баржи (260 т, 36,6 × 6,9 × 0,4 м). К сожалению, в известной литературе их служба никак не отразилась, за исключением того, что две из них в 1890-е гг. использовались как парусные шхуны «Осетр» и «Стерлядь» обществом «Кавказ и Меркурий». В данной работе проводится анализ содержания «Памятной книжки морского ведомства» и «Судовых списков» на предмет, можно ли истолковать информацию в них как подтверждение службы этих судов.

В 1857 году в Каспийской флотилии числятся следующие вспомогательные суда: баржи № 2–9, «Кусов. лодки» № 1, 2, 3. (Памятная книжка, 1857: 13). Относительно барж, указаны явно морские баржи, впоследствии получившие собственные имена, а вот среди лодок уместно предположить, что именно они далее попали в категорию перегрузных судов. Командиром № 1 значится лейт. Петров, № 2 – кап.-лейт. Рогал-Левицкий, № 3 – кап.-лейт. Савич.

В 1858 г. в составе флотилии имеются баржи № 2 (80 т., подп. Горнефер), № 4 (железная, 80 т., пор. Рылов), № 5 (83 т., подпоручик Платонов), № 6 (железная, 120 т., подпоручик Романов), № 7 (железная, 80 т., кап. Комаров), № 8 (83 т., шт.-кап. Курилов), № 9 (железная, 120 т., лейт. Жеребцов); лодки № 1 (20 т., лейт Петров), № 2 (20 т., кап.-лейт. Рогал-Левицкий) и № 3 (20 т., к-л Савич). Кроме того, баржа № 3 (75 т.) в состав флотилии не входила (Памятная книжка, 1858: 13). Видно, что железные баржи № 3 и № 9 отличаются от других размерами, они по 120 т, тогда как другие по 80 т.

В 1862 г. Каспийскую флотилию разделили на два экипажа. В 44-й вошли парусные баржи № 1, 2, 3, 5 и речная баржа № 6. В 45-й – № 4, 6, 8 и 9. Кроме того, вне экипажей среди портовых судов имеются 6 догрузных судов (Памятная книжка, 1862: 19). Скорее всего, в число последних вошли лодки и две (или четыре) воткинские речные баржи.

В 1863 г. парусные баржи получили собственные имена. В 44-м флотском экипаже имелись «Чайка» (б. № 1), «Мартышка» (б. № 2), «Баклан» (б. № 3) и «Нырок» (б. № 5) и 6 речных барж, а в 45-м – «Гагара» (б. № 4), «Аист», «Цапля» (б. № 9) и «Колпик». Кроме того, среди портовых средств имелись 2 деревянные и 4 железные догрузных судна (Памятная книжка, 1863: 21). Таким образом, из списка предыдущего года номерной осталась лишь парусная баржа № 6, а кроме того, пропала речная баржа № 6, которые, скорее всего, и стали двумя из шести речных барж списка 1863 г. Возможно, что четыре остальных баржи как раз

и построены в Воткинске. Но в списке 1862 г. также указано шесть догрузных барж, однако там обе № 6 идут отдельной строкой. Данное несоответствие можно объяснить, например, списанием двух судов.

В 1864 г. экипажи подверглись переименованию. В 1-м имелись шесть парусных барж – «Чайка», «Мартышка», «Баклан», «Нырок», «Гагара», «Цапля», а также парусные транспорты «Аист» и «Колпик». Кроме того, имелось 14 «портовых судов разных наименований» (Памятная книжка, 1864: 20-21). В 1865 г. последних стало уже 29 (Памятная книжка, 1865: 21), а в 1866 г. – 24 (Памятная книжка, 1866: 21). В 1867 г. их число снизилось до 16 (Памятная книжка, 1867: 21), а в 1868 г. снова возросло до 20 (Памятная книжка, 1867: 21). К счастью, информация этого года расшифровывается в Судовом списке. В соответствии с ним среди портовых судов в Астрахани числятся грузовая баржа № 6 (121 т, 25 × 6,1 × 1,3 м), относительно которой указано, что она сделана из железа в Лондоне на заводе Ренни в 1843 г. Кроме нее имеются десять подъемных плотов (6,7 × 6,7 × 2,4 м). Относительно № 1–4 указано, что они построены частной верфью в 1862 г. № 5-8 – «При Астраханском порте в 1863 г.» и № 9, 10 – «Там же в 1864 г.». Следующая строка, очевидно, относится ко всем плотам: «Построены из сосны с железным крепежом. Обошлись по 1500 руб. каждый». И следующая надпись также относится ко всем плотам: «Переданы в арендное содержание О-во пароходства «Кавказ и Меркурий» (Судовой список, 1868: 176-177). Таким образом, баржа № 6 вполне может быть баржей того же номера в старых списках, тем более, что она построена в 1843 г., и также совпадает водоизмещение в списке 1858 г.

В 1871 г. «Памятная книжка» сообщает, что в Астраханском порту имеется 10 подъемных плотов, которые «переданы в аренду Обществу Кавказ и Меркурий». В порту также имеются 2 флашхоута и 2 баржи, детали которых не сообщаются (Памятная книжка, 1871: 19). Полностью идентичная запись на той же странице имеется в книжке 1872 г. А вот книжка за 1873 г. говорит лишь о флашхоутах и баржах. Запись о плотах в ней отсутствует (Памятная книжка, 1873: 19). Судовой список 1874 г. также опускает информацию о плотах, зато сообщает детали о флашхоутах и баржах. Флашхоуты № 1 и 6 (11,0 × 4,0 × ? м) были сделаны из дерева в Астрахани по цене 500 руб. каждый, а баржи № 30 и 31 (93 т., 22,9 × 5,3 × 1,0 м) изготовлены в 1867 г. из железа на Воткинском заводе по 8199 ½ руб. каждая (Судовой список, 1874: 122). В списке 1875 г. флашхоуты уже отсутствуют, а информация о баржах дублирует запись предыдущего года (Судовой список, 1875: 111). Таким образом, в 1875 году последний флашхоут исчезает из плавсредств Астраханского порта. Скорее всего, под флашхоутами имеются в виду бывшие перегрузные баржи, которые находились в более хорошем состоянии.

В 1874 г. был открыт Волго-Каспийский канал. До этого грузы, шедшие из Каспия в Волгу и обратно, приходилось два раза перегружать, с открытием канала количество перегрузок сокращалось до одной. В связи с этим, утратили необходимость перегрузные баржи Каспийской флотилии, которые, получается, частично списали, а частично продали частнику. Но, судя по приведенным спискам, уже в 1864-65 гг. основную работу в роли перегрузных судов начали выполнять плоты астраханской постройки. Так что вполне очевидно, что к этой дате воткинские баржи списали, а, учитывая их недолгий срок службы, скорее всего, продали частнику.

Поступила 12.02.2024

УДК 94(47).084

Н.В. Митюков

КОНЕЦ ГАЛЕВСКОЙ ФЛОТИЛИИ

В работе публикуется документ об обследовании белыми состояния судов, зимовавших на средней Каме в 1919 г. Это делает его ценным свидетельством о последних операциях судов Галевской флотилии, поскольку очевидно, что где они были брошены, там их и застал ледостав.

Боевая флотилия Галевского района Воткинской народной армии (сокращенно Галевская флотилия) является, вероятно, одним из наиболее загадочных подразделений в речной войне 1918-1920 гг. Об ее деятельности можно судить лишь на основе реляций красных, воевавших против повстанцев. Документация самой флотилии, вероятно, либо вообще не велась, либо была уничтожена во время Гражданской войны. В связи с этим любой новый документ, прямо или косвенно связанный с флотилией, имеет огромное значение.

В Российском государственном архиве военно-морского флота (ф. Р-2180, оп. 4, д. 179) имеется интересный документ, датированный весной 1919 г. и потому формально не имеющий отношения к Галевской флотилии, прекратившей свое существование вместе с Воткинской народной армией в ноябре 1918 г. Однако «Список паровых судов, находящихся в Сарапульском участке в 1919 г.», сделанный до начала навигации 1919 г., по факту характеризует место, где были брошены суда флотилии в конце навигации. Поскольку именно на конец навигации приходилась эвакуация разрозненных частей народной армии за Каму, суда флотилии были брошены по месту своего последнего использования, которое и зафиксировал данный документ.

Документ представляет собой таблицу с указанием места и состояния зафиксированного судна (см. табл.). Суда, не имевшие отношения к флотилии опущены.

Таблица

Список зимовок судов Галевской флотилии

Место	Название	Кому принадлежал	Состояние
Плес Галевского затона	барказ «Воткинский завод»	Воткинский завод	–
Елово	буксир «Русло»	Чкалов	потонувший
Бабка	винтовой буксир «Шторм»	Ижевский завод	затонувший
	буксир «Онега»	Любимов	Машинные части увезены красными
Галево	буксир 80 л.с. «Звенига»	?	
Ольховка	буксир 35 л.с. «Верхокамец»	Григорьев	
	Буксир 80 л.с. «Николай»	Губин	
	«С. Витте»	Московско-Казанская ж/д	

Ранее нами был реконструирован список судов, участвовавших в боевых операциях флотилии [1]. Информация об участии во флотилии барказа «Воткинский завод» имелась только в работе И.А. Добровольского [2]. Речные регистры и Списки судов МПС утверждали, что судно еще в начале 1910-х гг. было продано в Пермь, в связи с чем к информации И.А. Добровольского возникали сомнения. Данный документ эти сомнения полностью развеивает и можно считать подтвержденным включение барказа в состав флотилии. Потопление буксира «Русло» зафиксировали рапорты красных, что полностью подтверждает приведенный документ. А вот относительно нахождения буксира «Шторм» в Бабке, да еще в затопленном виде – это неожиданная информация. По-видимому, боевые действия он провел в Гольянах и использовался лишь для эвакуации частей в Степаново. Поскольку об его затоплении информации нет, можно предположить, что это произошло

самопроизвольно из-за движения льда. Кроме того, в таблице есть еще одна странность – отсутствие теплохода «Байрам-Али». Очевидно, по окончании восстания его захватили красные, уведшие его на Волгу. Следует отметить, что ни красные, ни белые об этом не пишут, как и о возможных причинах подобного шага.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапшин Р.В., Митюков Н.В. Речная флотилия Галевского района Воткинской народной армии в боях на Каме в 1918 г. // *International Naval Journal*. 2023. Т. 11. № 1. С. 12-34. *DOI*: 10.13187/inj.2023.1.12.
2. Добровольский И.А. Река Кама в истории Воткинского завода. Воткинск: МП «МИИЦ», 2014. 132 с.

Поступила 18.02.2024

УДК 338.27

Ю.М. Анохин, А.И. Попов

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

В статье рассматриваются тенденции экономического развития нанотехнологий.

По прогнозам *Transparency Market Research*, глобальный рынок одностенных углеродных нанотрубок будет расти в среднем в полтора раза в год. В настоящее время его стоимость составляет $130 млн, но к 2027 году ожидается достижение отметки в $5 млрд. Основной спрос на нанотрубки приходится на производителей электроники, полупроводников, а также компании из энергетической и биомедицинской отраслей.

По данным на 2018 год, Азиатско-Тихоокеанский регион занимал почти половину мирового рынка одностенных углеродных нанотрубок, а 40% рынка приходилось на Европу. В этой области также активны компании *Meijo Nano Carbon* и *Zeon Nano Technology* из Японии, а также *Thomas Swan* & *Company* из Великобритании. Описанное распределение сохраняется и сейчас.

Кроме использования нанотрубок в электронике возможным направлением для их использования является создание оптических элементов для лазеров. Хотя объем рынка в этой сфере может быть ниже, преимущества одностенных углеродных нанотрубок здесь более заметны. Однако в других областях, таких как упрочнение материалов, создание покрытий или добавок с гидрофобными свойствами, нанотрубки имеют конкурентов.

Одним из рисков для технологии углеродных нанотрубок является возможность их включения в список химических веществ, которые могут быть запрещены в соответствии с регламентом Евросоюза *REACH*. В научном сообществе были высказаны обоснованные критики в отношении внесения углеродных нанотрубок в этот список, так как их запрет будет необоснован и препятствует развитию инноваций.

Одним из основных производителей является *OCSiAl*. Основным фактором роста продаж компании *OCSiAl* стало замещение многостенных углеродных нанотрубок, которые глобальная экономика потребляет в объеме около 3 тыс. тонн в год. Производители графеновых нанотрубок рассчитывают на долю второй половины этого рынка, что составляет $50–100 млрд в год. Однако ранний рынок сложно отделить от основного, и его реальный потенциал пока неизвестен. Большая часть будущего спроса на нанотрубки может исходить от производителей электромобилей, но эта часть рынка предсказуема с трудом.

Компания *OCSiAl* считает, что основным рынком для своего роста является

электротранспорт и производство литий-ионных батарей. В настоящее время компания уже работает со многими производителями батарей, и их сотрудничество ограничено соглашениями о неразглашении информации. Компания должна достичь капитализации более $100 млрд в течение 10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов Н.А. Экономика предприятия: учеб. пособие. М.: «Юрист», 1999. 584 с.
2. *NanoMarkets*. *Nanomemory*: *Commercial Opportunities for Nano-based Memory and Storage Technologies*. *August* 2004.

Поступила 18.02.2024

УДК 141.157

Ю.Д. Пушкарева, Н.А. Симанова

ОТНОШЕНИЕ К СМЕРТИ В ОБЩЕСТВЕ В РАЗНЫЕ ВРЕМЕНА

Смерть – то понятие, которое в обществе всегда вызывает больше вопросов, нежели дает ответов. Общество развивается, а вместе с ним развиваются и ценности, культура, религия. Они влияют на сознание каждого человека, меняя его отношения к различным вопросам философии, в том числе и к вопросу о смерти.

Вопросы жизни и смерти еще со времен античности будоражили умы не только именитых философов, но и обычных людей, что в повседневной жизни далеки от подобных глубоких размышлений. Не стоит отрицать того факта, что на отношение к данным вопросам немалая доля приходится на религию, культуру, да в принципе, и развитие самого общества в тот или иной промежуток времени. В нашем случае нужно понять, в какую степь ушло представление о смерти у современного человека в сравнении с тем, что было в античности и средние века.

Многие историки и философы уже давно утверждают, что в античности к такому понятию, как «смерть», относились спокойно и принимали ее не как что-то страшное, а скорее, как просто неизбежный факт, с которым необходимо было смириться. «В античности можно отметить три характеристики «народного чувства смерти»: сожаление о жизни, принятие смерти как «лекарства» и признание тотальности смерти» [1].

Для людей античности смерть выступала как нечто, что смертным невозможно было постичь, а потому и страха вызывать не должно. Но это лишь мысли живших до Сократа и Аристотеля. И вот здесь стоить отметить, что эти два философа несли в общество разные отношения к смерти и тому, что в теории могло быть после нее.

Если Сократ выставлял смерть как переход души в «загробное царство» и «лечение» души человеческой от земного существования, то Аристотель наоборот считал необходимым держать дистанцию от смерти и всех вопросов, что ее касаются. Сократ утверждал, что необходимо душу человека подготовить к отделению от телесного существования. Иными словами, душа умирает самостоятельно, без лишних вмешательств со стороны смертного тела.

Аристотель говорил немного иное касаемо вопроса смерти: от смертных требуется на протяжении всей их земной жизни не предаваться низменным тленным вещам, а находить в себе лучшее, жить согласно с этим, а мысли и действия свои превозносить до бессмертия, которое имело сакральный смысл в античности.

Однако время и общество не стоят на месте и каждый день развиваются. Ценности меняются, религия получила большой виток своего развития, стала неотъемлемой частью повседневности человека. Она имела огромное влияние на его мысли и дела, в том числе и на

представление о смерти.

В XIII веке существование человека перешло от теологизма к антропоцентризму, то есть личностные качества и проблемы становятся центральными в познании и мышлении. Однако отношения человека и смерти кардинально отличались от тех, что были в античное время.

С распространением католичества, смерть стала приобретать все более мрачное описание и в какой-то момент стала вызывать огромный страх еще при жизни.

В раннем Средневековье еще сохранялись отголоски «спокойного принятия» смерти, последующей встречи с самим Богом и близкими. Католичество же привнесло в сознание человека такие понятия как «чистилище», «страшный суд», «ад» и «рай». «Устрашающие образы смерти, как и постоянно навязываемая простолюдину мысль о смерти, начинают складываться приблизительно к XII в. и продолжают эволюционировать вплоть до эпохи Нового времени» [2].

Начиная с позднего Средневековья, в умах людей начинает закладываться страх в отношении смерти и существованию после нее соответственно. Это стало приводить к всяческим способам избежать этой участи, что стало надежным рычагом управления толпой для католической церкви. Последняя, изменив в корне понятие смерти и упростив его до понимания простолюдинами, получила возможность регулировать поведение человека, не развивая у него личностные качества и не посвещая его в подобного рода философские проблемы существования.

Все влияние религии на развитие общества по сей день видно в нашем обществе. Как бы не хотелось утверждать обратное, но в вопросе смерти человек очень сильно застопорился. Сейчас многие, вне зависимости от возраста, религии, национальности, сторонятся любого упоминания о смерти. Более того, старшее поколение всеми силами старается уберечь своих детей от мыслей о ней, что ведет к боязни говорить про то, что будет после жизни на этом свете.

Ученые часто говорят о том, что отношение к смерти в обществе – это своеобразная характеристика степени развития этого самого общества. И стоит признать, что в наши дни дела с вопросами смерти и загробной жизни обстоят крайне неблагополучно [3]. Наше общество всеми силами старается выжить эти понятия из собственного сознания, создает вокруг себя иллюзию того, что люди не умирают, а смерть не так важна, как обставлялось раньше. Безусловно, остались еще пережитки прошлого (различные ритуалы, способы захоронения), которые могут напомнить о высокой значимости смерти, однако ценность этого с каждым поколением все уменьшается.

Религия даже в современном мире имеет огромную власть и влияние на сознание человека. Но нельзя забывать и о том, что религия и смерть не могут существовать порознь. Первая должна быть призвана для того, чтобы объяснить каждому живущему на Земле, что смерть – часть всего жизненного цикла человека, игнорирование ее неприемлемо. Необходимо вернуть людям понимание того, что смерть неизбежна и ее необходимо принять как факт, не идеализируя и не уродуя. А при жизни нужно взращивать в себе лучшие качества, не предаваться различным душевным терзаниям, прожить все так, чтобы пред смертным одром не осталось сожалений и незаконченных дел на земле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарин А.С. Экзистенциал смерти в античной философии (от досократиков до Аристотеля) // Гуманитарные исследования. 2017. №1 (14). С. 12-18.
2. Николина О.И. Значение феномена смерти в мире средневекового человека // Вестник Омского университета, «Философия». 2011. №3. С. 45-48.
3. Отношение к смерти в современном обществе [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studbooks.net/1915141/meditsina/otnoshenie_smerti_sovremennom_obschestve

Поступила 20.02.2024

УДК 712.2

Е.В. Селукова, С.Э. Шаклеина

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ 2022-2023 Г.

В статье представлены проекты по благоустройству территорий Пермского края в период за 2022, 2023 годы, как городских, так и сельских территорий, указаны, какие проекты уже реализованы и какие будут завершены в ближайшее время.

На сегодняшний день благоустройство городов – одна из актуальных проблем в регионе. Для того, чтобы молодежь оставалась жить в городе, чтобы город был привлекательным для гостей и приезжих, необходимо обеспечивать комфортные условия проживания для всех слоев населения.

Объекты благоустройства выбираются ежегодно с 15 апреля в результате голосования на сайте 59.*gorodsreda.ru*. Голосовать может любой желающий за понравившийся проект.

За пять лет участия в нацпроекте «Жилье. Городская среда» в Пермском крае было благоустроено более 2 тыс. дворовых и почти 600 общественных пространств. Таким образом, Пермский край попал в пятерку российских лидеров по количеству реализованных проектов благоустройства [1].

В 2022 году было реализовано 244 объекта благоустройства, общий объем финансирования составил более 1,5 млрд руб., из них 1 млрд — средства федерального бюджета, из которых около 200 млн были выделены в рамках подготовки к юбилею города Перми.

Минстрой РФ ежегодно проводит конкурсы по созданию комфортной среды в крупных, малых городах и исторических центрах. По итогам таких конкурсов в число победителей вошло 11 проектов благоустройства по Пермскому краю. Большая часть этих проектов уже реализована [2].

В числе этих проектов:

1. Реализован проект «Усолье» с финансированием 74 млн. руб. Произведена установка уличных светильников, оборудована детская площадка, установлены уличные фонари, размещены павильоны, выполнено озеленение [1]. Все это вписано в существующий ансамбль старого города.
2. Шаховская набережная в Лысьве (федеральный грант — 129 млн руб.). Данный проект реализован за два года и в 2023 году был сдан. На набережной появились велодорожки, пирс, сцена, игровая и спортивная площадки, зоны спокойного отдыха.
3. В 2024 году будет завершен проект «О, берег» в Чайковском общей стоимостью 181 млн руб. Будет выполнен ремонт подпорной стенки, произведена установка парапетов и ограждений, появятся пешеходные, велосипедные дорожки и озеленение.

В 2023 году было выполнено обустройство 188 объектов: 57 общественных территорий и 131 дворовая. Общий объем финансирования – 1,1 млрд руб., в том числе федеральные средства – 686,4 млн руб. Итоги будут подведены в ходе I квартала 2024 года.

Среди победителей Всероссийского конкурса на лучшие проекты благоустройства в 2023 году следующие объекты:

1. Заводская набережная в Добрянке с объемом федеральной поддержки 85 млн руб.

Проект подразумевает пешеходную набережную протяженностью 1,3 км. Рядом с городским музеем появится визит-центр с кофейней, будут организованы прокат самокатов и многоуровневое освещение.

Рис. 1. Проект благоустройства заводской набережной в г. Добрянка

Рис. 2. Проект благоустройства заводской набережной в г. Добрянка

2. Набережная в Краснокамске. Объем финансирования 95 млн руб. Проектом предусмотрено строительство дорожек, беседок, смотровых балконов, амфитеатров, велодорожки.

Рис. 3. Проект благоустройства набережной в г. Краснокамск

3. Кунгур на реализацию проекта «Город мастеров» получил грант в 95 млн. руб.

4. Обновление набережной реки Сылвы и облика утраченного архитектурного ансамбля Благовещенского собора.

5. В городе Чусовой проект «Сердце парка» получил грант в 85 млн руб. Здесь предполагаются обновление парка «Ермак», открытие лодочной станции, павильона, новой входной группы.

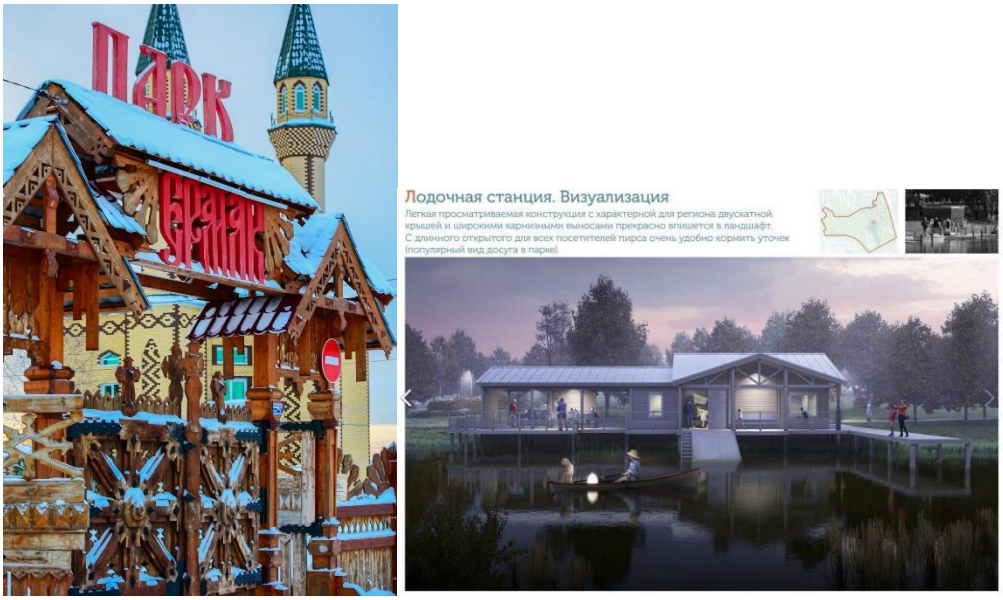


Рис. 4. Проект «Сердце парка» в г. Чусовой

6. Проект «Мост времени» Александровского городского округа с объемом федерального финансирования в 80 млн руб. Будет выполнено благоустройство набережной пруда. Появятся зона активного отдыха, арт-зона, зона тихого отдыха и «купалка», а также пешеходные и велосипедные дорожки, пирс у воды.

Рис. 5. Проект «Мост времени» в г. Александровск

В честь 300-летия Перми в 2023 году прошли форум «Среда жизни» и финал Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды «Малые города и исторические поселения».

Реализация мероприятий госпрограммы «Комплексное развитие сельских территорий» (КРСТ) в 2023 году позволила создать условия для комфортного проживания сельских жителей Пермского края.

Ранее губернатор Пермского края Дмитрий Махонин отмечал важность программы для улучшения комфорта жизни в территориях. «Краевые и муниципальные власти обязаны делать все, чтобы уровень жизни в сельских населенных пунктах повышался и был не хуже, чем в городах, ведь на селе у нас проживает почти четверть населения региона. Программа «Комплексное развитие сельских территорий» как раз является одним из инструментов достижения этой цели», – подчеркнул Дмитрий Махонин.

В Пермском крае реализовано 112 проектов по направлению «Благоустройство сельских территорий». Таким образом, появились детские дворовые площадки, было выполнено освещение тротуаров, благоустройство пешеходных дорожек, зон отдыха.

Пермский край в 2022-2023 году вошел в пятерку регионов-лидеров по благоустройству сельских территорий согласно итогов реализации проектов в рамках федеральной программы «Комплексное развитие сельских территорий».

От благоустройства территорий зависит облик города и населенного пункта, то, насколько привлекательной станет территория для проживания. Жителям хочется жить в комфортной среде, а города Прикамья начнут радовать своим обликом жителей и гостей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПКОО «Союз архитекторов». *URL*: https://www.arch-perm.ru/projects
2. Новости ФАУ «Проектная дирекция Минстроя России» *URL*: https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-fkgs/tpost/g12kd0ka91-v-permskom-krae-blagoustroyat-188-territ

Поступила 28.02.2024

УДК 721

А.Д. Елсуков, А.Ю. Батуева, С.Э. Шаклеина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЯ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА В ПЕРМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ APM STRUCTURE 3D

В статье представлены результаты расчета на прочность и устойчивость проектируемого здания спортивного комплекса.

Ситуация со здоровьем населения города Перми становится все более актуальной, и вопрос о здоровом образе жизни приобретает все большую социальную значимость. Чтобы продвигать здоровый образ жизни через спортивные занятия, необходимо обеспечить население базой спортивных услуг. Однако без реализации проекта спортивного комплекса эту задачу невозможно выполнить.

В работе рассмотрен проект спортивного комплекса на 270 человек.

Проектируемый спортивный комплекс будет расположен в г. Пермь на улице Гайвинская. Главным фасадом он обращен на улицу Гайвинская. Тротуары к территории спортивного комплекса предусмотрены с улицы Гайвинская. Перед спортивным комплексом устраивается стоянка для временной парковки автотранспорта.

В здании предусмотрены: игровой зал, тренажерный зал, фитнес-зал, теннисная площадка, медицинские кабинеты, кабинет директора, кабинет замдиректора, две тренерских, две инвентарных, два санузла, гардероб, рецепция, вестибюль, кладовая уборочного инвентаря, мужская и женская раздевалки, мужская и женская душевые. Полная высота здания составляет 11,9 м.

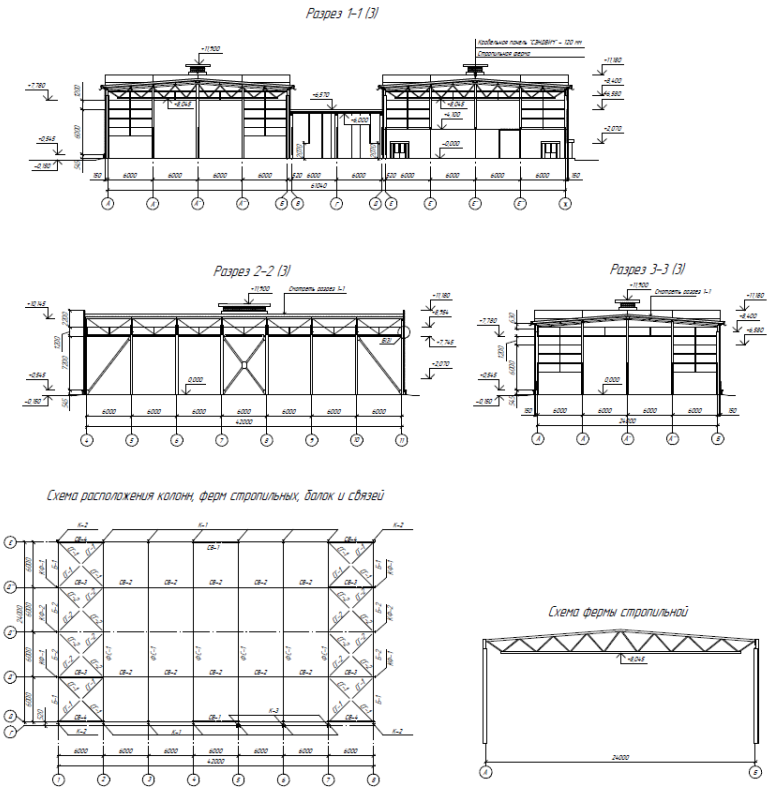


Рис. 1. Проект спортивного комплекса

Выбор конструктивной схемы спортивного комплекса обусловлен объемно-планировочными решениями и представляет собой каркасную систему из металлических конструкций. Увеличение пространственной жесткости здания обеспечивается системой связей. Поперечная жесткость здания достигается работой поперечных рам.

Расчет стропильной фермы на прочность был выполнен вручную, а прочность конструкции в целом была проверена в программе *APM Structure* 3*D*.

Сначала был выполнен расчет плоской конструкции на прочность, затем пространственной.

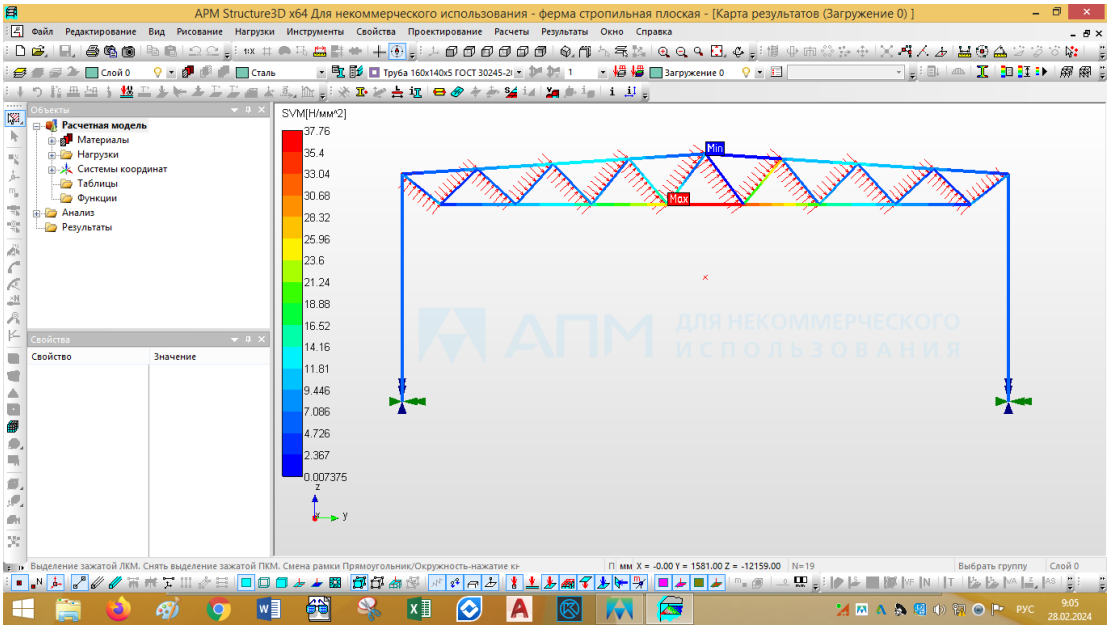


Рис. 2. Карта напряжений для стропильной фермы

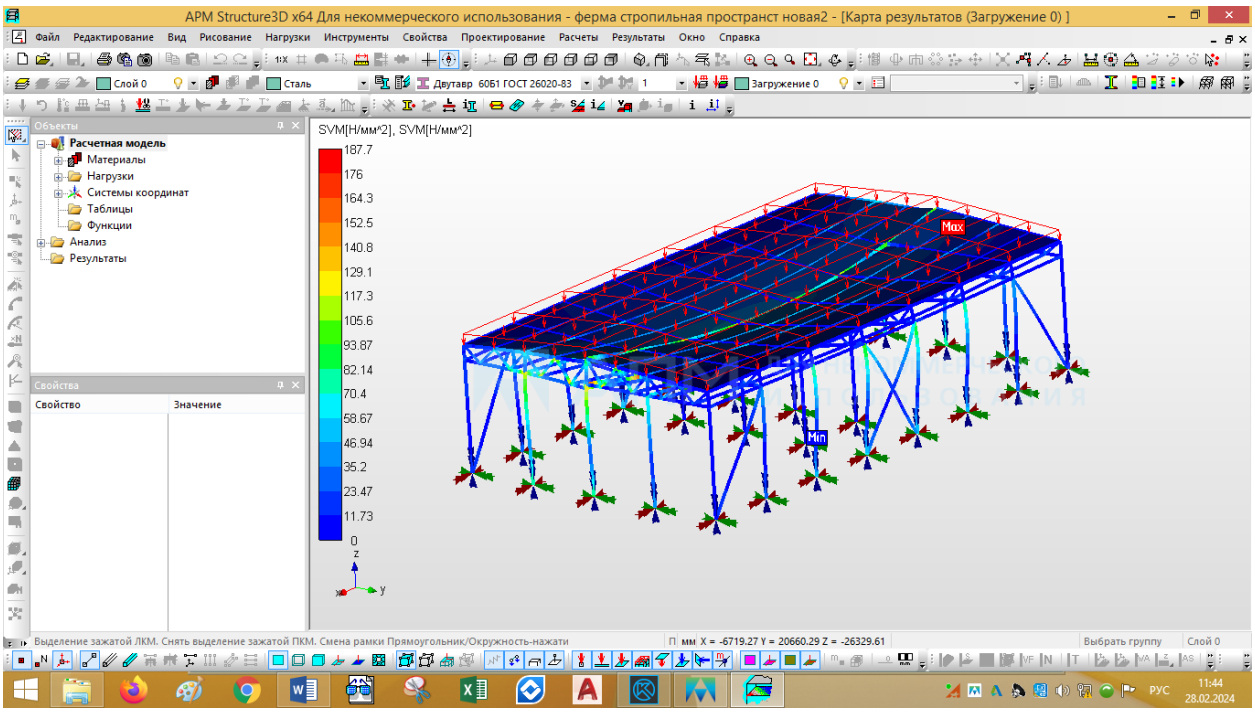


Рис. 3. Карта напряжений для пространственной конструкции с учетом снеговой нагрузки

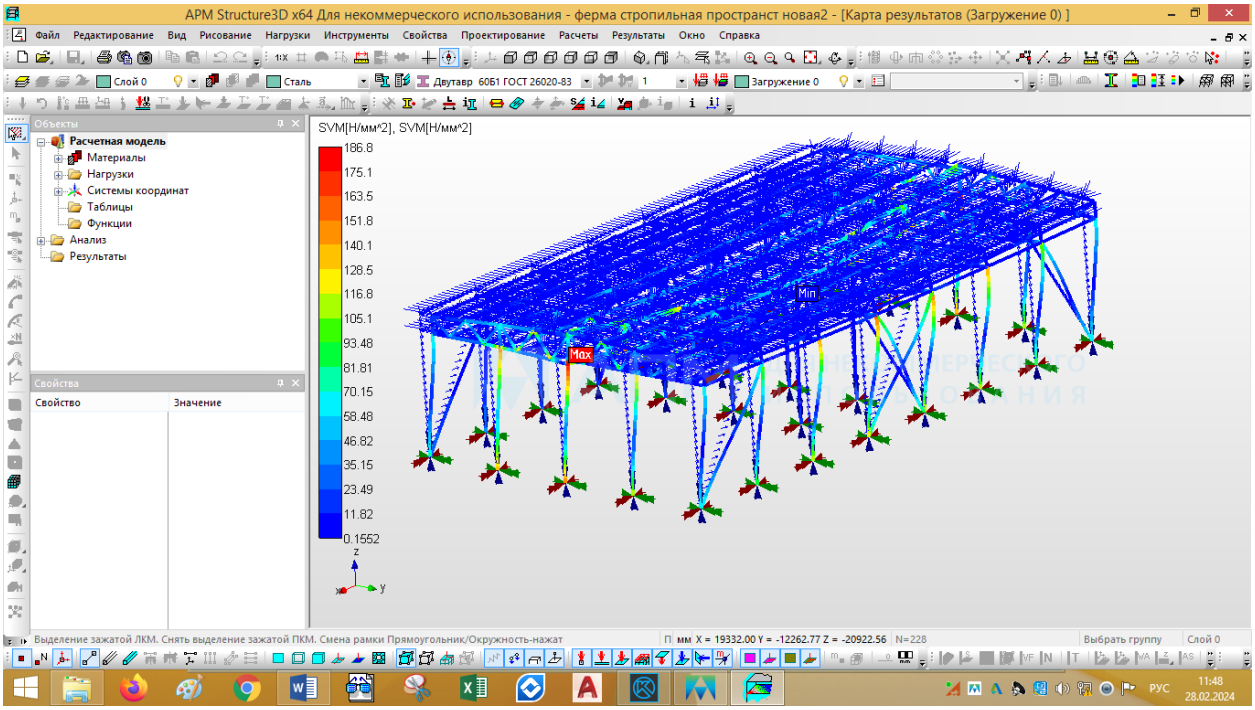


Рис. 4. Карта напряжений для пространственной конструкции с учетом снеговой и ветровой нагрузки

Как видно по рисункам, прочность и устойчивость конструкции обеспечены. Максимальное напряжение составляет 187 МПа, что не превышает допустимых значений расчетного сопротивления 210 МПа. Сечение стержням задавалось согласно спецификации чертежа. Расчет в программе *APM Structure 3D* позволяет избежать ошибок при ручном счете, а также выбрать оптимальное сечение стержням металлоконструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин: [учебник]. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во АПМ, 2005. 471 с.

Поступила 28.02.2024

УДК 930.85

Ю.Д. Пушкарева, М.А. Пушкарев, А.Н. Брезгина, В.В. Шилов

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ ПЕРМСКОЙ ГУБЕРНИИ В ДОСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

Рассматриваются зарождение, становление, развитие периодической печати Пермского Прикамья в XIX – нач. XX вв., названия некоторых газет, их роли в жизни общества.

Прообразом газет считают древние рукописные сводки новостей. Юлий Цезарь (100-44 гг. до н.э.) начал публиковать «Деяния сената», а потом и «Ежедневные общественные деяния народа» (представляли собой глиняные дощечки). С 713 г. в Китае начал выходить «Столичный вестник». В Венеции в XVI в. за подобные сводки платили мелкую монету, которая называлась «газетта» – отсюда и современное всем известное название.

В России первая рукописная газета «Вести-Куранты» («вестовые письма») издавалась в XVII в. на протяжении около 80 лет для информирования царя и боярской думы (готовилась дьяками Посольского приказа в нескольких экземплярах) [21].

Принято считать, что в России первая печатная газета вышла в эпоху Петра I второго (13) января 1703 г. в Москве, она носила довольно длинное название – «Ведомости о военных и иных делах, достойных знания и памяти, случившихся в Московском государстве и иных окрестных странах», и именно от этой даты Указом Верховного Совета РСФСР от 13 января 1991 г. был объявлен праздник 13 января – «День российской печати» взамен «Дня советской печати», который был приурочен к выходу 5 мая 1912 г. первого номера большевистской газеты «Правда», основанной В.И. Лениным.

В XVIII-XIX вв. в Российской империи с развитием печатной индустрии [16] успешно развивается и периодическая печать [5], к 1917 г. пресса в России (различная периодика) выходила более чем в 180 городах, только в Москве газеты выходили общим годовым тиражом более 450 миллионов экземпляров [7], а в Петрограде того периода (с 1914 г. по 1925 г. С.-Петербург назывался г. Петроград) выходило почти 150 газет и более 450 журналов.

Активно печатная периодика развивалась и на окраинах Российской империи [8]. Всего же в 1914 г. в стране выходило 916 газет и 1351 журнал на 35 различных языках [6], что ставило Российскую империю по этому важному вопросу в один ряд с Великобританией, Францией и Германской империей [4].

Чего только стоит имя русского предпринимателя, книгоиздателя и просветителя И.Д. Сытина (1851-1934), вызывавшего восхищение даже у иностранцев [18], который основал «Посредник» – первое издательство литературы с массовыми тиражами [9].

Несмотря на цензуру в царской России [20], сатирическая печать тоже существовала [15], не забывала периодическая печать в досоветский период о женщинах [12] и детях [11].

Цель нашей работы – рассмотреть зарождение и развитие периодической печати в Перми, центре обширной Пермской губернии досоветского периода – административной единице Российской империи в 1796-1923 гг., которая располагалась по обоим склонам Уральских гор на площади 332 000 км^2, с населением около трех миллионов человек к

началу XX столетия.

По распоряжению императора Николая I (1825-1855) с 1837 г. в губерниях и областях России начинают издаваться официальные газеты – «Губернские ведомости» [13], в них публиковали правительственные распоряжения, информацию о событиях в мире, стране, губернии, материалы по краеведению, этнографии, фольклору. Выходили «Губернские ведомости» обычно 2-3 раза в неделю, а в некоторых губернских городах ежедневно [1].

В центре нашей губернии, городе Пермь, 8 января 1838 г. тоже начинает выходить в свет официальный печатный орган – «Пермские губернские ведомости». Вначале эти «ведомости» представляли из себя чисто официальные сведения, но в скором времени, с 1841 г. к ним был присоединен «неофициальный отдел», состоявший большей частью из небольших статей по истории, географии, этнографии и статистике Пермской губернии («официальный отдел» публиковал распоряжения и приказы местных властей).

Здесь начали печататься не только такие знатоки нашего края как Д.Д. Смышляев (1828-1893), В.Н. Шишонко (1831-1889), А.А. Дмитриев (1854-1902), но и часто появлялись корреспонденции из разных мест обширной тогда Пермской губернии (сегодня Пермский край ровно в два раза меньше по площади, чем бывшая Пермская губерния). С 1912 г. на страницах газеты публиковался известный пермский педагог и краевед В.С. Верхоланцев (1879-1947).

Особенно «Пермские губернские ведомости» приобрели большую популярность с ноября 1894 г., когда по инициативе пермского губернатора, действительного статского советника Петра Григорьевича Погодина (с 1892 по 1897 гг.), произошла коренная реформа газеты. Именно с этого времени она начинает выходить в значительно увеличенном размере и становится в ряд лучших провинциальных газет.

В тот период в «Пермских губернских ведомостях» начинают печататься передовые статьи, телеграммы Северного телеграфного агентства, последние известия разных газет и журналов, внутренние и иностранные вести, а также значительно расширяется отдел местной хроники, фельетоны литературно-исторического и библиографического содержания, отдел «Среди газет и журналов», корреспонденции из провинции, иногда библиография и «разное». Именно с 1894 г. стала издаваться и отдельно упомянутая «неофициальная часть» газеты.

В период революции 1905-1907 гг., с 1906 г. «Пермские губернские ведомости» переживали некоторый кризис, они тогда вновь временно сводятся почти к одному официальному отделу, а программа их значительно сужается. Но с 1909 г. в них снова начинает уделяться внимание изучению местной жизни и обсуждению общественных вопросов. Последний номер этой газеты вышел 10 марта 1917 г.; почти 80 лет эта газета «просвещала» жителей Прикамья, даже сегодня она читается с огромным интересом, особенно «неофициальная часть» газеты.

10 мая 1867 г. вышел первый номер «Пермских епархиальных ведомостей» [17]. Они издавались до 1919 г. (в 1919 г. вышло два номера газеты), а так обычно они выходили три раза в месяц, каждое 1, 11 и 21 число. В 1915 и 1917 гг. было издано два выпуска извлечений из «Пермских епархиальных ведомостей» под названием «Известия Пермского епархиального церковно-археологического общества». За 52 года своего существования в этой газете также было размещено много статей по истории Пермского края и в особенности по истории Пермской епархии.

17 апреля (ст. стиль) 1871 г. Пермской губернской земской управе было разрешено издавать «Сборник Пермского земства» небольшими книжками и в неопределенные сроки. Первым редактором этого сборника был первый председатель Пермской губернской земской управы Д.Д. Смышляев (1828-1893) [10], а с 1 марта 1907 г. этот сборник был заменен еженедельным изданием «Пермской земской недели» [19] под редакцией известного писателя по земским вопросам Пермской губернии Д.М. Бобылева [2]. На своих страницах издание знакомило читателей с деятельностью земств Пермской губернии (по-современному – органами местного самоуправления) и с жизнью губернских крестьян. «Пермская земская

неделя» издавалась до 26 мая 1919 г.

3 декабря 1900 г. вышел первый (пробный) номер газеты «Пермский край». Газета издавалась с перерывами с января 1901 г. по январь 1906 г. С 19 марта 1906 г. по 29 мая 1907 г. газета выходила под названием «Камский край», но в декабре 1910 г. газета вновь была возобновлена под названием «Пермский край». Это была ежедневная прогрессивная общественно-литературная газета и выходила с перерывами до 19 августа 1912 г.

С 11 марта 1906 г. по 30 марта 1907 г. выходила газета «Пермский вестник» (издание Русско-народного монархического общества). В 1912 г. с 15 июня по 30 ноября эта газета с тем же названием издавалась Советом Пермского национального союза (националистов).

Кроме указанных газет, в начале XX в. в нашем губернском центре выходили и такие «специализированные» издания, как: «Врачебно-санитарная хроника Пермской губернии» (с марта 1908 г.), «Северная лесопромышленность» (с 1 января 1910 г.), «Известия счетоводного общества Пермско-Уральского края» (с сентября 1911 г.), «Искусство и жизнь» (с 16 октября 1911 г.), «Вестник землеустройства северного района» (с 1 января 1912 г.), с 1 апреля 1912 г. выходил патриотический журнал «Голос долга».

Как видим, у наших соотечественников, жителей Пермской губернии досоветского периода, периодическая печать была довольно-таки разнообразна и играла важную роль в жизни региона [14], а опубликованные на ее страницах материалы по истории нашего края, этнографии, фольклору интересны не только для нас сегодня, но и для будущих поколений [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блохин В.Ф. «Губернские ведомости» как зеркало российской провинции (XIX – начало XX вв.) // Вестник РГГУ. 2009. № 17/09. С. 26-31.
2. Бобылев Д.М. Что сделали земства Пермской губернии в интересах местного края. Пермь: Электро-типография Губернского земства, 1914. 44 с.
3. Волкова Т.И. Периодическая печать как исторический источник: учебно-методическое пособие / Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. Ярославль: ЯрГУ, 2018. 36 с.
4. Ворошилов В.В. Журналистика XX века // Журналистика. Учебник. 2-е изд. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2000. 360 с.
5. Газеты дореволюционной России. 1703-1917: каталог / Сост. Т.В. Акопян и др.; ред. Т.В. Акопян, М.А. Луковская. СПб.: Российская национальная библиотека, 2007. 592 с.
6. Галин В. Вместо предисловия. Россия, которую мы потеряли // Капитал Российской империи. Практика политической экономии. М.: Алгоритм, 2015. 352 с.
7. Гиляровский В.А. Москва газетная. Друзья и встречи // Гиляровский В.А. Собр. соч.: В 4 т. М.: Изд-во Правда, 1989. Т. 3.
8. Гольдфарб С.И. Газетное дело в Сибири (XIX – начало XX в.): Автореф. дис. … д-ра ист. наук. Иркутск, 2003.
9. Динерштейн Е.А. Иван Дмитриевич Сытин и его дело. М.: Московские учебники, 2003. 368 с.
10. Дмитрий Дмитриевич Смышляев. (1828-1893): Библиогр. указатель / МУК ОМБ Центральная городская библиотека им. А.С. Пушкина; сост. и ред. Т.И. Быстрых. Пермь, 2009. 258 с. (Смышляевский сборник. Вып. 1).
11. Еремина И. Изложено увлекательно: Детская периодическая печать XIX – начала XX в. // Библиотека. 1995. № 9.
12. Коломийцева Е.Ю. Женские журналы в структуре отечественной периодики XVIII – начала XX вв. М.: Лазурь, 2007. 249 с.
13. Мандрика Ю.Л. Губернские ведомости в научной парадигме // Известия Уральского государственного университета. Сер. 1. Проблемы образования, науки и культуры. 2010. № 3 (78). С. 168-176.
14. Масальцева Т.Н. История отечественной журналистики: периодическая печать Пермской губернии XIX–начала XX в.: учеб. пособие / отв. ред. З.С. Антипина. Пермь:

Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 171 с.
15. Мойсинович А.М. Культура России в начале XX века: сатирическая печать: учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2015. 80 с.
16. Немировский Е.Л. Иван Федоров. Начало книгопечатания на Руси: описание изданий и указатель литературы. М.: Пашков дом, 2010. 341 с.
17. Нетужилов К.Е. Формирование системы церковной периодической печати в России XIX–начала XX веков: историко-типологический анализ. *URL*: https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01004934859.pdf?ver=7 (дата обращения: 16.02.2024).
18. Рууд Чарлз. Русский предприниматель московский издатель Иван Сытин / Пер. с англ. А.Б. Лещинского. Худ. И.Е. Сайко. М.: ТЕРРА; Экономическая газета, 1996. 304 с.
19. Сенина А.В. Визуальная репрезентация Пермского земства по материалам газеты «Пермская земская неделя». 1907-1917 гг. *URL*: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/85429/1/978-5-7996-2751-5_116 (дата обращения: 16.02.2024).
20. Чолдин М.Т. Империя за забором: История цензуры в царской России / Пер. Галушкиной. М.: Рудомино, 2002. 309 с.
21. Шамин С.М. Куранты XVII столетия: Европейская пресса в России и возникновение русской периодической печати. М.; СПб.: «Альянс-Археo», 2011. 348 с.

Поступила 29.02.2024

УДК 942

Ю.Д. Пушкарева, М.А. Пушкарев, А.Н. Брезгина

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ГАЗЕТЫ «БЕРЕЗНИКОВСКИЙ РАБОЧИЙ»

Рассматриваются вопросы зарождения, становления, роль и смена названий старейшей, влиятельнейшей газеты Верхнекамья.

В 2018 г. городская березниковская газета «Березниковский рабочий» торжественно отметила свое 100-летие. Возраст более чем солидный и можно смело утверждать, что это периодическое издание сыграло в Северном Прикамье огромную роль в сложном XX в. и не только как источник информации, но и в деле образования, воспитания, просвещения не одного поколения березниковцев.

Известное свое наименование, яркий современный бренд газета г. Березники «Березниковский рабочий» получила лишь в марте 1943 г., а до этого имела несколько других наименований. Самым первым названием нашей старейшей газеты было – «Известия Усольского Совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов» (с 1 марта до 24 декабря 1918 г. вышло 154 номера тиражом от 500 до 1000 экз.).

Уже тогда на территории современного Березниковского городского округа, в который сегодня входят два города (Березники и Усолье), 8 сел, 11 поселков и 54 деревни, успешно работал первый в Российской империи Березниковский содовый завод (с 1883 г.), на котором трудились жители села Новое Усолье (с 1918 г. – г. Усолье) и близлежащих селений [2], а г. Березники де-юре еще не существовало.

Интересно, когда адмирал Колчак со своим войском внезапно захватил Верхнекамье, в том числе и Березниковский содовый завод, часть оборудования и шрифты из усольской типографии, где первоначально выходила наша первая газета, были вывезены в Чердынь, в которой тогда расположился колчаковский штаб воинской части, и здесь, в Чердыни, колчаковцы стали выпускать свою белогвардейскую газету под названием «Сибирский стрелок».

После взятия Перми Колчаком здесь тоже начала издаваться газета «Сибирские стрелки» (с 01.01.1919 по 27.07.1919). Эта газета выходила ежедневно и являлась изданием штаба 1-го Среднесибирского армейского корпуса, печаталась она в собственной типографии штаба. В наши дни данные периодические издания (в годы советской власти «контрреволюционные») представляют собой интересные исторические источники «проигравшей стороны» в страшной Гражданской войне [1].

После освобождения Верхнекамья от войск Верховного правителя России А.В. Колчака (18 ноября 1918 г. – 7 февраля 1920 г.) на территории Березниковского городского округа начал выходить «Бюллетень роста» (с ноября 1919 г. по апрель 1920 г. было выпущено 100-500 экз. – только для расклейки). С мая по ноябрь 1920 г. один раз в неделю выходил небольшой листок с названием «Борец с разрухой». Названия довольно красноречивые, говорят сами за себя.

Следующее название – «Красный колокол» – газета имела с 7 апреля 1921 г., и по 1922 г. вышло 84 номера данного издания тиражом 350-500 экз. (это был орган Усольского уездного комитета РКП (б), уездного исполкома и Упрофбюро).

Далее у будущего «Березниковского рабочего» было такое «боевое» название – «Вперед» (с апреля 1923 г. по апрель 1924 г. с тиражом от 350-500 до 1000 экз.) – орган Усольского уездного комитета РКП (б), уездного исполкома и Упрофбюро, а с 7 ноября 1923 г. – орган Верхнекамского окружкома и окрисполкома.

С 1 апреля 1924 г. два раза в неделю примерно около года газета издавалась под названием «Пахарь», тоже орган Верхнекамского окружкома и окрисполкома, а с 1 января 1925 г. с тиражом от 4000 до 10000 экз. с названием «Смычка» (по 9 февраля 1930 г.) – рабоче-крестьянская газета, издание Верхнекамского Окружного комитета РКП, Окрисполкома и Окрпрофбюро (рис. 1).

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

Смычка

ЕЖЕДНЕВНАЯ ГАЗЕТА Верхне-Камского Окружного Комитета ВКП (б). Окружного Исполк. К-та Советов и Окружного бюро проф. союзов.

Год издания третий. (Выходит вместо издававшихся ранее газет „Уральская Кочегарка" и „Деревенская газета"). Цена отд. № 3 к. Суббота, 13 августа 1927 г. № 183 (484)

Берите пример с березниковских солевиров.

Об'единенный пленум ЦК и ЦКК ВКП(б)
Хозяйственные директивы на 1927-28 год.

Вопросы деревни.

Внимание транспорту.

Улучшить качество работы.

Спасем жизнь Сакко и Ванцетти.

Казнь отсрочена до 22 августа

Сообщение осужденным об отсрочке казни.

Протест конференции сейма.

Солидарность не голосует.

В КИТАЕ.

Украинское правительство „борется" с коммунизмом.

К взаимоотношениям между Китаем и Японией.

Рис. 1. Газета «Смычка». №183 (484). 13 августа 1927 г.
Березниковский историко-художественный музей (БИХМ).
Фото А.Н. Брезгиной

С 11 февраля 1930 г. по март 1943 г. (т.е. до нынешнего названия «Березниковский рабочий») газета называлась «Ударник» (тираж был примерно от 3000 до 4000 экз.). Это была ежедневная газета, а с 18 августа 1930 г., с номера 189 (1387), стала районной –

органом Березниковского райкома ВКП (б), райисполкома, райпрофсовета (рис. 2).

ПРОЛЕТАРИИ ВСЕХ СТРАН, СОЕДИНЯЙТЕСЬ!

УДАРНИК

Орган Ворошиловского Горкома ВКП(б) и Городского Совета депутатов трудящихся

№ 39 (4235) 17 ФЕВРАЛЯ 1940 г. СУББОТА ЦЕНА 5 КОП.

Сегодня исполняется пять лет со дня утверждения Сталинского Устава сельскохозяйственной артели.

Великий документ сталинской эпохи

За дальнейшее укрепление колхозов

ПО СТАЛИНСКОМУ УСТАВУ

Единственно правильный путь

Рис. 2. Газета «Ударник». №39 (4235). 17 февраля 1940 г.
БИХМ. Фото А.Н. Брезгиной

С № 91 от 20.04.1934 г. в связи с переименованием Березниковского района в Ворошиловский, «Ударник», соответственно, становится органом Ворошиловского горкома ВКП (б), райисполкома, с 18 апреля 1938 г. органом Ворошиловского горкома ВКП (б) и Горсовета.

С 3 марта 1940 г. «Ударник» – орган Березниковского горкома ВКП (б) и Горсовета, а в 1943 г. – орган Березниковского горкома ВКП (б) и горисполкома.

С 13 марта 1943 г. газета «Ударник», с № 58 (5182), издается под привычным нам названием – «Березниковский рабочий» – тогда орган Березниковского горкома ВКП (б) и городского совета депутатов трудящихся Молотовской области (с 1940 по 1957 гг. Пермская область называлась Молотовской, с 1 декабря 2005 г. Пермским краем).

Еще ранее, 20 марта 1932 г., вышло постановление ВЦИК РСФСР об образовании города Березники и в марте этого же 1932 г. из Усолья (которое согласно упомянутому Постановлению ВЦИК вошло в состав образованного г. Березники) выделяется филиал типографии в г. Березники, но в июле того же года Березниковское отделение ликвидируется и рабочие снова переводятся в типографию Усолья.

С 1 ноября 1933 г. постановлением директивных организаций было организовано издательство газеты «Ударник», которое включало газеты «Ударник», «Березниковский комсомолец», «Кзыл-Химик» и саму бывшую Березниковскую типографию. Заведующим издательством был утвержден редактор газеты «Ударник» А.П. Филиппов, он же являлся и заведующим производством типографии.

Когда в начале 1930-х гг. в Березниках развернулось большое промышленное строительство – «Березниковский химический комбинат» (Всесоюзная стройка) [7] – типография все еще находилась на противоположном берегу Камы в Усолье, что создавало большую трудность в оперативной работе, поэтому и был поставлен вопрос о переводе типографии на левый берег Камы, это и было осуществлено в апреле 1934 г., первоначально типография расположилась на территории содового завода, где в настоящее время существует производственный цех.

До образования в 2018 г. Березниковского городского округа еженедельно выходила

«Усольская газета», которая была изданием администрации Усольского района и до 1995 г. называлась «Красное знамя» (печаталась в ОАО «ПрессА» г. Березники тиражом 1500 экз.), эта газета тоже претендовала на свою родословную от 1 марта 1918 г. от тех самых «Известий Усольского Совета депутатов».

В августе 1940 г. Указом Президиума Верховного Совета РСФСР Усолье было выделено из Березниковской городской черты в самостоятельный город как административный центр Ворошиловского района, и в 1942 г. в г. Усолье начала выходить газета «Ворошиловец», для этого из Березников в Усолье была выделена печатная машина с соответствующим количеством наборных шрифтов и материалов. В августе 1942 г. Усольская типография была полностью выделена на самостоятельный баланс.

Со 2 августа 1941 г. в г. Усолье начала выходить газета «Ворошиловец», переименованная сначала в «Знамя труда», затем в «Красное знамя», и с 1995 г. получила название «Усольская газета» [3] (печаталась в ОАО «ПрессА» г. Березники тиражом 1500 экз.).

После образования в 2018 г. Березниковского городского округа, 11 января 2019 г. вышел в свет первый номер муниципальной газеты «Два берега Камы» (учредитель печатного издания – администрация города Березники), в которую органически «влилась» и «Усольская газета».

А «Березниковский рабочий» и в наши дни под прежним названием от 1943 г. продолжает информировать и просвещать жителей и гостей Березниковского городского округа, и, на наш взгляд, несмотря на то, что газета начала свой путь с «усольской земли», именно ее и нужно считать преемником тех самых «Известий Усольского Совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов», выпуск которых состоялся 1 марта 1918 г.

По одной из версий, свой более чем вековой путь газета, как печатное издание, начала в частном доме торговца Кузнецова в селе Новое Усолье (с 1918 г. г. Усолье), в котором в 1895 г. открыл свою типографию купец 2-й гильдии И.И. Тарасов [5]. Сегодня в Березниках работает Издательский дом «Типография купца Тарасова» (ул. Циренщикова, 9), названный в честь этого купца. Думается, вполне реально в наши дни в г. Усолье в Доме торговца Кузнецова открыть музей типографии Верхнекамья.

Несмотря на то, что многие печатные издания (газеты) в XXI в. «уходят» в Интернет, печатное издание «Березниковский рабочий» будет служить березниковцам еще долго (с появлением кино предрекали «смерть» театру), так как газета рассчитана на большую аудиторию, освещает широкий спектр тем, буквально все, что интересует читателя, газета мобильна, то есть ее можно читать даже там, где нет интернета, и темы редакция практически всегда выбирает актуальные [4], которые помогают решать многие социально-экономические проблемы [8]. Всеми этими качествами на протяжении своей непростой истории обладал и обладает «Березниковский рабочий».

К тому же, как констатируют социологи, в странах (регионах), где наибольшее количество газет приходится на душу населения, меньше всего (ниже) уровень коррупции [6]. И в этом тоже видится благородная роль старейшей газеты Верхнекамья.

Разумеется, «Березниковский рабочий» можно и нужно рассматривать и как источник по истории нашего города, края. Жителям Пермского Прикамья не только интересно читать о свершениях, чаяниях, надеждах наших отцов и дедов, которые освещала газета на протяжении десятилетий, но и использовать их богатейший накопленный опыт в нынешней современной жизни.

Познакомиться с историей газеты «Березниковский рабочий», ее более чем вековым «послужным списком», со знаменитыми корреспондентами и редакторами можно также на замечательно оформленных стендах в коридорах редакции, которая располагается в г. Березники, ул. Юбилейная, д. 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симонов Д.Г. Газеты как источник по изучению антибольшевистских вооруженных сил Востока России (1918-1919 годы) // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История, филология. 2016. Том 15. № 6. С. 31-40.
2. Шилов В.В. Зарождение и становление содовой промышленности в Российской империи // Вопросы истории. 2021. № 6 (2). С. 47-58.
3. Шилов В.В. И все же – «Усольская газета» // Усольская газета. 1995. 1 апреля.
4. Шилов В.В. Независимость и объективность СМИ в зеркале социологии // Современное общество: вопросы теории, методологии, методы социальных исследований: Матер. VI Всеросс. научн. конф. Пермь: ПГТУ, 2002. С. 280-282.
5. Шилов В.В. Печатная продукция усольской типографии И.И. Тарасова как замечательный краеведческий источник // Страницы прошлого: Изобр. матер. краев. Смышляевских чтений в Перми. Вып. 3. Пермь: 2001. С. 119-121.
6. Шилов В.В. СМИ в США: по результатам поездки в 2009-2010 гг. Березники: ООО «Издательский дом «Типография купца Тарасова», 2011. 336 с.: ил.
7. Шилов В.В. Строительство и пуск Березниковского химического комбината // Вопросы истории. 2022. № 6 (2). С. 94-106.
8. Шилов В.В., Сергеева Т.Н., Захарова Н.Я., Веденеева Л.Н. Контент-анализ печатных СМИ индустриального центра Западного Урала о проблемах и роли предпринимательства // Экономика и предпринимательство: ведущий рецензируемый международный журнал независимых экономистов из перечня ВАКа и базы *Agris* (Москва). 2017. № 4 (ч. 1) (81-1) 2017 г. (*Vol.* 11 *Nom.* 4-1). С. 407-411.

Поступила 29.02.2024

УДК 378

В.А. Шишканова-Каменских, А.Н. Брезгина, В.В. Шилов

ИСТОРИЯ И РОЛЬ МУЗЕЯ ФИЛИАЛА АО «ОХК» УРАЛХИМ» В ГОРОДЕ БЕРЕЗНИКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рассматривается возникновение Березниковского химического комбината (БХК) в годы первых пятилеток. Показано создание и функционирование корпоративного музея старейшего березниковского предприятия, его важная роль в сохранении страниц отечественной истории, в формировании имиджа территории Верхнекамья, в воспитании гордости жителей Березниковского городского округа за создание предшествующими поколениями в СССР химического гиганта.

В Российской империи химическая промышленность значительно отставала от США и стран Европы. В 1913 г. в России производилось серной кислоты в 14 раз меньше, чем в США, в 7,6 раза меньше, чем в Германии, в 5,5 раза меньше, чем в Англии и Франции, а по общему объему производства химической продукции Россия занимала 8-е место в мире (в 1913 г. в России было зарегистрировано 349 мелких предприятий, в которых было занято 43 тысячи человек) [1].

После революционных событий и гражданской войны произошел резкий спад промышленного производства. Химическая отрасль, ввиду ее сложности, в молодой советской республике оказалась в катастрофическом положении. Практически ее нужно было создавать заново.

Важность химической отрасли в народном хозяйстве понимала и новая советская власть, поэтому ЦК ВКП (б) принимает резолюцию «О деятельности Северного химического треста», которая стала широкомасштабной программой развития химической промышленности СССР, в том числе и на Урале, а, в частности, в районе Верхнекамья.

При выборе места строительства Березниковского химического комбината (БХК) в Верхнекамском регионе учитывались не только наличие богатейших природных ресурсов, но и высокий промышленный потенциал: большая судоходная река с пристанями, горнозаводская железнодорожная ветка, наличие в Верхнекамье крупного Березниковского содового завода с опытным управленческим и техническим персоналом, а также открытыми специализированными учебными заведениями [2]. 24 апреля 1929 г. вышло постановление Коллегии Главхима, в котором говорилось: «Поручить Химстрою в двухнедельный срок составить ориентировочный генеральный план размещения Березниковского Комбината, исходя из постановления Коллегии Главхима от 6 марта, утверждающего пункт постройки комбината Березники» [3].

Над проектом работали такие видные ученые, как: профессор В.М. Келдыш, который консультировал инженеров, занимавшихся проектированием производственных зданий; профессор В.А. Пушечников проектировал насосные станции будущего комбината; профессор Н.Н. Гениев – объекты водоснабжения; профессор П.С. Белов – канализации; профессор Д.П. Козырев – химводоочистки.

Оборудование в тот период было более совершенное за границей, поэтому БХК разрешалось заключать контракты и договоры на поставку импортного оборудования и приезд иностранных специалистов, что и было сделано с более чем 40 фирмами [4].

Операции по наносу грунта и подготовке площадки были начаты летом 1929 г. и продолжались в суровые зимние месяцы. Нанос грунта производился вручную и с помощью механизмов. К маю 1930 г. строительство фундаментных конструкций было закончено. К августу – возведены леса. Строительство значительно продвинулось к лету 1931 г. 11 марта 1932 г. был подписан акт о приемке и комплекс был передан эксплуатационникам Березниковского завода. 23 апреля 1932 г. был получен первый аммиак [5].

Процесс «рождения газа», природу, быт первостроителей описал посетивший стройку по заданию Российского телеграфного агентства (РОСТА) как командированный журналист (с октября 1931 г. до весны 1932 г.), советский писатель К.Г. Паустовский [6, 7].

Создание крупнейшего индустриального центра в Верхнекамском регионе в годы первых пятилеток – важнейшее в масштабах всего Советского Союза. Это особенно подтвердилось во время Великой Отечественной войны, когда выделившиеся в 1939-1940 гг. самостоятельные производства из Березниковского химического комбината – 1) азотно-туковый завод им К.Е. Ворошилова, 2) Березниковская ТЭЦ-4, 3) Березниковский содовый завод, а также группа цехов, которая впоследствии составила основу еще одного самостоятельного завода – 4) анилинокрасочный (Березниковский химический) завод, и, кроме того, созданные в годы войны Березниковский магниевый завод (1943 г.) и Березниковский калийный комбинат (1944 г.) – по некоторым важнейшим видам продукции были единственными в СССР, что позволило снабжать военную промышленность необходимым стратегическим сырьем.

Государственный Березниковский азотно-туковый завод (АТЗ) им. К.Е. Ворошилова назывался по-разному: в 1940–1982 гг. – ГБАТЗ, в 1982–1992 гг. – Березниковское производственное объединение – ПО «Азот», в 2008 г. под контроль ОАО «ОХК «УРАЛХИМ» перешло 100% акций ОАО «Азот», а в 2010 г. была реорганизация и образование Филиала «Азот» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Березники (все имущество производственного комплекса было передано Филиалу).

Ровно через полвека, после получения первых тонн аммиака, березниковские азотчики отмечали 50-летний юбилей своего предприятия, к этому событию и было приурочено открытие Музея трудовой славы производственного объединения «Азот» (так тогда называлось предприятие), в экспозициях которого – история предприятия и строительство молодого социалистического города. Тогда же был открыт и памятник первому отечественному компрессору, работавшему в аммиачном производстве с 1934 по 1980 гг.

Справедливости ради следует сказать, что собирание истории предприятия началось

задолго до открытия самого музея. Во многом это связано с именем Дмитрия Антоновича Драгуна, ведь именно он одним из первых проделал огромную работу по сбору и систематизации материала об истории БХК.

Уже в 1967 г. при его самом активном участии вышла книга «Ветераны советской энергетики» [8] и в машинописном варианте существует книга «На заре индустриализации». Особенно ценный труд этого энтузиаста-краеведа оформлен в его с коллегами книге «Хроника трудового подвига», которая вышла в 1980 г. [9].

Следует отметить и деятельность художника-живописца, члена Союза художников СССР (1932 г.) Старкова Леонида Александровича, который избирался ответственным секретарем секции изоискусства ЦК профсоюза работников искусства. Он организовал на АТЗ им. Ворошилова художественную мастерскую. Некоторые оригинальные работы Л.А. Старкова хранятся в Березниковском историко-художественном музее им. И.Ф. Коновалова. И именно он одним из первых говорил, что березниковским азотчикам, с их богатейшей трудовой биографией, необходим свой собственный музей истории предприятия.

Таким образом, музей березниковских азотчиков создавался не на пустом месте. Первым официальным автором экспозиции и первым заведующим данного заводского музея была Людмила Александровна Вершинина (1982–1988 гг.) В 1986 г. у Людмилы Александровны вышла книга о Березниковском ПО «Азот» [10].

Большой вклад в собирание материалов об истории предприятия, обновление экспозиций, создание интересных тематических выставок внесли и следующие руководители музея – Марина Николаевна Осокина (с 1988 по 1992 гг.) и Татьяна Сергеевна Ковина (с 1992 по 2002 гг.). Тогда же начали регулярно проводиться выставки народно-прикладного творчества, организовываться встречи с художниками.

В те годы музей располагался на территории предприятия и попасть туда было непросто, после получения специального пропуска (и только с 14 лет), а все публикации нужно было согласовывать с первым отделом (режимный объект).

В 2002 г. музей возглавила Валентина Нинеловна Круч, именно при ней музей азотчиков получил новую прописку в историческом центре города – в здании Дворца культуры им. Ленина (г. Березники, просп. Ленина, 50).

Благодаря стараниям и энтузиазму В.Н. Круч 1 октября 2021 г. в преддверии 90-летнего юбилея предприятия была торжественно открыта новая экспозиция музея филиала «Азот» (рис. 1).

Рис. 1. Открытие новой экспозиции музея филиала «Азот» 1 октября 2021 г.
Фото В.Н. Круч

В уникальной экспозиции отражены пять этапов истории развития предприятия. Акцентирует на себе внимание инсталляция «Кабинет Грановского» (начальника Управления по стройке, а с 1932 г. директора БХК) (рис. 2).

Рис. 2. Инсталляция «Кабинет Грановского». Фото С.Э. Шаклеиной

Вызывает особое восхищение макет производства синтетического аммиака, воссозданный по строительным чертежам и фотографиям (рис. 3).

Рис. 3. Фрагмент экспозиции музея филиала «Азот». Макет первой очереди завода синтетического аммиака по проекту фирмы NITROGEN. Именно с запуска этого завода 23 апреля 1932 г. ведет свою историю Березниковский химкомбинат (БХК). Фото В.Н. Круч

В экспозиции музея азотчиков представлены: технические устройства, лабораторные установки, измерительные приборы, образцы продукции и катализаторов, уникальные документы и фотографии, оригинальные монтажные макеты производства высших алифатических аминов, карбамида; интерактивный экран, позволяющий получить представление об основных стадиях производства, интерактивная карта с полным наименованием продукта, его химической формулой, свойствах, назначении и применении; фотографии с видами производства, сертификаты *ISO*. Сенсорные информационные киоски содержат данные о работниках завода – участниках Великой Отечественной войны. Оригинальная и многофункциональная конференц-зона в виде амфитеатра с панорамным светодиодным экраном, которая позволяет демонстрировать документальные фильмы, учебные ролики, проводить презентации и другие интерактивные мероприятия.

С 1 сентября 2022 г. музей азотчиков возглавляет Елена Борисовна Нежданова.

Экспозиция музея филиала «Азот» имеет свыше 12 тысяч единиц хранения, при этом общий фонд музея постоянно пополняется. Посещаемость музея неуклонно растет и в последние годы составляет свыше 2,5 тысяч посетителей в год.

В наши дни музей филиала «Азот» играет важную роль в жизни города Березники. Это не просто учреждение, которое занимается сбором, изучением, хранением и экспонированием исторических памятников материальной и духовной культуры, но ведет просветительскую и популяризаторскую деятельность буквально для всех жителей и гостей Березников. Можно отметить и педагогическую деятельность музея, которая заключается в специальных проектах для детей, подростков и взрослых.

Музей в мощном промышленном центре Верхнекамья ведет и важную профориентационную работу. Так, практически ежегодно студенты Березниковского филиала ПНИПУ (первокурсники) посещают музей азотчиков, что не только позволяет им познакомиться с новыми страницами истории и культуры города, но и лучше представлять свою будущую профессию инженера (рис. 4).

Рис. 4. Студенты БФ ПНИПУ в музее филиала «Азот» 11 мая 2023 г. Фото С.Э. Шаклеиной

Поэтому вполне заслуженно в сентябре 2023 г. корпоративный музей филиала «Азот» АО «ОХК «Уралхим» взял серебро в номинации «Корпоративная социальная ответственность» V Национальной премии «Корпоративный музей» и вошел в десятку лучших музеев России. Музей «Азота» в юбилейном для премии году подготовил арт-проект «Индустриальный пейзаж», посвященный 90-летию предприятия и города Березники. Эта национальная премия вручалась на площадке культурно-выставочного комплекса «Синара Центр» г. Екатеринбург (было представлено 68 проектов в 17 номинациях), на которой музей березниковских азотчиков был отмечен двумя Дипломами [11].

Авторы выражают искреннюю благодарность Валентине Нинеловне Круч, Татьяне Сергеевне Ковиной, Елене Борисовне Неждановой за проведенные экскурсии и предоставление исторических материалов музея для написания данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Развитие химической промышленности в СССР / под общей редакцией Л.А. Костандова, Н.М. Жаворонкова в 2-х т. М.: Наука, 1984. Т. 1. С. 13.
2. Шилов В.В., Сафрошенко О.Н. Содовый на Каме. Время новых перспектив. Пермь: Литер-А, 2013. 240 с.: ил.
3. Постановление коллегии Главхима от 24 апреля 1929 г.: Протоколы заседания коллегии Главного управления химической промышленности (подлинники и копии) 16 октября 1928 г. – 30 апреля 1929 г. // Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф. 3106. Оп. 2. Д. 315. Л. 197.
4. Шпотов Б.М. Компания Форда и Россия. 1909-1929 гг. // США: экономика, политика, культура. 1999. № 5. С. 80-82.

5. Музей филиала «АЗОТ» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Березники. Фонд «Иностранные специалисты». Перевод статьи Карла Вилла в мартовском номере 1970 г. журнала «Кемико уорлд» (США).

6. Паустовский К.Г. Великан на Каме. На стройке Березниковского химкомбината. М.-Л.: Госхимтехиздат, 1934.

7. 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).

8. Ветераны советской энергетики. Книга о Березниковской ТЭЦ №4 – первом в нашей области предприятии коммунистического труда / Авторы ветераны труда Березниковской ТЭЦ-4 во главе с Д.А. Драгуном. Пермь: Пермское книжное издательство, 1967. 128 с., ил.

9. Круч В.Н. Книга о нашей истории // Азотчик (Березники). 2008. № 4 (6790). 31 января.

10. Вершинина Л.А. Березниковское производственное объединение «Азот». М.: Советская Россия, 1986. 126 с.: ил.

11. Корпоративный музей филиала «Азот» АО «ОХК «Уралхим» взял серебро… // Березники вечерние. 2023. №38 (1574). 27 сентября. С. 2.

Поступила 07.03.2024

УДК 17.026

Е.А. Ермакова, Н.А. Симанова

ЭТИКА ЗАБОТЫ И ФЕМИНИСТСКАЯ ЭТИКА

В статье рассматриваются основные подходы этики заботы (Платон, М. Хайдеггер, М. Фуко), а также особенности феминистской этики заботы (Н. Ноддингс, К. Гиллиган и др.), состоящие в отказе от классической традиции, в интерпретации заботы о другом через нацеленность на его нужды. Раскрывается значение этики заботы в современной философии образования, связанное с влиянием на такие ключевые проблемы, как трудности в этических отношениях субъектов образования между собой, опредмечивание реальности, невозможность обсуждения серьезных экзистенциальных вопросов в рамках образовательного процесса.

Понятие этики заботы стало чаще появляться в научных кругах среди философов и политиков. Ставится вопрос о введении в русскоязычный научный оборот ряда терминов, применяемых современными англоязычными авторами (Дж. Нгуен, М. Маккензи, Ш. Бленкинсоп, У. Бергмарк, Е. Элерби) в работах, где этика заботы рассматривается с точки зрения отношений учителя и ученика, моральных дилемм и вовлечения учеников в образование для приобретения опыта заботы о себе и других, об окружающей среде [1].

В настоящий момент, понятие «забота» у всех разное. Для кого-то забота означает приготовить ужин, сходить на прогулку, подарить подарок. У всех разные поступки, каждый думает по-своему и нельзя говорить, что это не забота. Многие авторы указывают на заботу как любовь к ближнему, но кого же считать ближним? Как определить, заботятся ли о тебе искренне? Много вопросов, но мало ответов. Значит этика заботы является истинно философским вопросом.

В статье хотелось бы выделить также направления развития системы образования будущего, важным основанием которых может стать этика заботы (образование в условиях «пересборки» образовательных институтов будущего, неопределенности, поиска аксиологических обоснований, технологических инноваций; образование как воспитание свободного человека будущего).

Этика заботы также подчеркивает важность ответственности каждого индивида за свои действия и их последствия. Она призывает нас осознавать, что наши решения и поступки могут негативно или положительно влиять на других людей, и поэтому мы должны относиться к ним с уважением и добросовестно учитывать их интересы и благополучие [3].

Одним из основных компонентов этики заботы является идея взаимоотношения между людьми. Она призывает нас более точно понимать и чувствовать людей: их ужас, обиду, любовь, тревожность, ликование и любовь. Поэтому этика заботы учит нас принимать людей такими какие они есть на самом деле. Ведь каждый человек по-своему влияет на другого. Это влияние может оказаться значимым в принятии решения как поступить, что может вылиться как в любовь к ближнему, так и в ненависть ко всему миру.

Ксенофобия в своих проявлениях близка к культурному расизму. В отличие от расизма ксенофобия представляет собой неприязнь к кому-либо чужому из-за его поведения, образа жизни и др. Этика заботы отвергает ксенофобию, и, наоборот, вместо этого призывает нас стремиться к тому, чтобы люди имели право на свое проявление заботы и уважения к человеку.

В целом, этика заботы является важной концепцией, направленной на создание более гармоничных отношений и общества. Она подчеркивает значимость заботы, внимания и ответственности по отношению к другим людям и призывает нас осознавать влияние наших действий на окружающих нас людей и наше общество в целом.

Важность этики заботы также касается детей и их благополучия. Для философии также интересен вопрос феминистской этики. В феминистской этике указывается на важность признания женщины в воспитании детей. Также она стремится к равным возможностям условий в семье, где быт держит в своих руках не только женщина, но и мужчина. Феминистская этика заботы анализирует и критикует стереотипы половых ролей и неравенство в распределении ответственности за воспитание детей, а также призывает к поддержке материнства и равномерному распределению заботы о детях между родителями. Однако наблюдается разное отношение к женщине в зависимости от места, образа жизни, принятой культуры, а также стереотипов прошлого.

Феминистская этика заботы признает важность борьбы с насилием в отношении женщин и ставит целью защиту и поддержку женщин, страдающих от насилия. Этика заботы в данном контексте подчеркивает необходимость быть внимательными и отзывчивыми к женщинам, которые сталкиваются с насилием, предоставлять им эмоциональную поддержку и помощь в их выборе и принятии решений. В современное время, в век свободы слова, это становится актуальным. Но решают эту проблему по-разному и в науке, и в обществе.

Борьба с гендерным неравенством в трудовой сфере стремится к установлению равных возможностей и условий для женщин. Она анализирует и критикует структуры власти и дискриминацию, которая препятствует женщинам в получении равной оплаты и продвижении на рабочем месте. Некоторые профессии не подходят для женщин, и с этим спорить нельзя, но никто не должен противостоять продвижению по карьерной лестнице. Ведь если выбирать между мужчиной и женщиной, то выбор будет в пользу мужчины, а женщина будет работать на одном месте несколько лет. Однако сама женщина также должна преодолевать предрассудки прошлого, ожидать выбора, что не наблюдается еще в практике. Многие женщины сами не идут на повышение, чтобы не выделяться на фоне собственного мужа, не стремятся к развитию карьеры, что в итоге в будущем приводит статистически к психосоматическим проблемам со здоровьем. Достаточно сложно решить проблему создания рабочих условий, способствующих балансу между работой и личной жизнью.

Феминистская этика заботы касается не только проблем, связанных с гендером и справедливостью, но и других аспектов заботы. Например, она поддерживает такие группы населения, как: инвалиды, люди с низшими социальными статусами. Здесь важно указать, что «инвалидность» может быть и психологической. В психологии есть понятие выученной беспомощности. Такие люди не стремятся к росту, они злоупотребляют чужой заботой.

Также феминистская этика заботы привлекает внимание к проблеме экологической

справедливости. Она подчеркивает необходимость бережного отношения к природе и борьбы с экологическими проблемами, такими как изменение климата и загрязнение окружающей среды. Необходимо вспомнить важный исторический термин – «мать-Земля»: отношение к природе как к своей матери. Однако также наблюдается тенденция неуважения к собственным родовым связям, к родителям, «потеряна связь с самой матушкой Землей». Феминистская этика заботы указывает на важность бережного отношения к своему дому, земле, на которой стоит родной дом, к Родине. Эту проблему поднимают в современных работах отечественных религиозных философов.

Таким образом, феминистская этика заботы затрагивает широкий круг проблем и направлена на достижение более справедливого и равноправного общества, где каждый человек имеет равные возможности и права на самоопределение и достойную жизнь. Так формируется пространство возможностей и достижений.

Представители этики заботы утверждают, что этика не должна быть просто набором рекомендаций о том, как нам жить и развиваться. И здесь есть главное моральное основание, так как определенные эмоции уже содержат моральный компонент. Например, симпатия, сочувствие имеют моральное значение. Любовь к ближнему вырастает из любви и бережного отношения к себе. Не может человек дарить любовь ближнему, отбирая любовь у себя. Это приведет к самоуничтожению. Гнев также можно рассматривать как моральное негодование по отношению к несправедливости или жестокости в отношении людей. Ярость может снести все на своем пути, где не останется ничего. И остановить ее можно только моралью. Эти эмоции характеризуются как сложные состояния, которые мы должны «вырастить», осознать, принять и понимать.

Следует указать, что не все эмоции должны быть рассмотрены как ценность для морального обсуждения. Отмечают, что даже «полезные» эмоции часто могут быть излишне морально заряженными. Например, слишком сильное сочувствие может привести к героизму и самопожертвованию, а доброжелательная забота о других может перейти в манипулирование или самопожертвование. Самоистязания в пользу другого человека создают другую крайность, и вместо сохранения жизни и созидания несут разрушение и повышение уровня суицидальных тенденций. Традиционные рационалистические концепции признаются неполными в своих моральных требованиях в этом вопросе. Все это подчеркивает необходимость тщательного изучения различных аспектов выражения заботы в моральном контексте.

Результаты такого изучения могут оказать существенное влияние на разрешение этических споров и помочь избежать неправильного толкования морали. Также интересен вопрос об этике науки, о современных внедрениях «машин» в моральную замену. Например, «искусственная» мать, по-другому – «Алиса». Она и пожелает ребенку спокойной ночи и подскажет в любом вопросе, она рядом, пока мать строит карьеру или добивается равенства с собственным мужем. Этот вопрос также необходимо изучать, если говорить об этике в целом. Следовательно, важность исследований в области этики заботы для современного общества, испытывающего недостаток в договорных моделях взаимодействия, дружелюбия и открытости, остается чрезвычайно велика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Этика заботы: феминистская альтернатива классической философии – автор: О.В. Артемьева. Дата обращения: 22.11.2023. *URL*: https://iphlib.ru/library/collection/articles/document/HASH3b4693d382f48dc4d0bcc9
2. Этика заботы в контексте феминистской этики. Дата обращения: 29.02.2024. *URL*: https://spravochnick.ru/etika/etika_zaboty_v_kontekste_feministskoy_etiki/
3. Этика заботы: понимание и применение в рамках феминистской этики. Дата обращения: 22.11.2023. *URL*: https://nauchniestati.ru/spravka/etika-zaboty-v-kontekste-feministskoj-etiki/
4. Этика заботы как универсальная («женская») этика: на пути к демократии – автор:

Пятилетова Людмила Владимировна. Дата обращения: 03.03.2024. *URL*: https://human.snauka.ru/2017/04/22435

Поступила 11.03.2024

УДК 372.881.111.1

Н.К. Попов, Н.М. Дерябин, Д.Ю. Цыбулин

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИЗУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

В статье рассматривается роль искусственного интеллекта (ИИ) в современном мире и возможность его применения для самостоятельного изучения иностранных языков. Дается краткий обзор имеющихся технологий ИИ для изучения английского языка, а также примеры использования ChatGPT для решения конкретных задач на английском языке.

Искусственный интеллект в современном мире

Мы живем в эпоху стремительного развития технологий, где искусственный интеллект играет все более значительную роль в нашей повседневной жизни. От автоматизации производства до анализа данных и создания умных технологий ИИ проникает во все сферы нашей жизни.

Впервые термин «искусственный интеллект» был использован в 1956 году американским информатиком Джоном Маккарти, продолжившим работу Алана Тьюринга, описавшего существование интеллектуальных рассуждений, которые могут быть использованы в интеллектуальных машинах. С тех пор понимание искусственного интеллекта изменилось в связи со значительными достижениями в его развитии. Одно из современных определений ИИ – это «вычислительные системы, которые способны участвовать в процессах, подобных человеческим, таких как обучение, адаптация, синтез, самокоррекция и использование данных для сложных задач обработки» [1].

Искусственный интеллект продолжает развиваться и улучшаться, что открывает новые возможности и перспективы для его использования в различных сферах деятельности человека, таких как финансы и маркетинг, технологии и техническая поддержка, образование, развлекательная индустрия и многие другие. Искусственный интеллект может быть использован для создания персональных помощников, чат-ботов, автоматизации ответов на вопросы пользователей и улучшения общения на естественном языке.

Одним из современных примеров искусственного интеллекта является *ChatGPT*, который основан на глубоком обучении и нейронных сетях. Данный ИИ был разработан исследовательской группой *OpenAI* и был представлен широкой публике в 2020 году. Структура данного ИИ основана на модели *GPT* (*Generative Pre-trained Transformer*) и обучен на огромном объеме интернет-контента, включая тексты из социальных сетей, новостные статьи, книги и другие источники информации. Благодаря этому он способен общаться с людьми на естественном языке, отвечая на вопросы, ведя диалоги и помогая в решении различных задач. Пользователи могут взаимодействовать с *ChatGPT* через специальные интерфейсы или интегрировать его в свои приложения для автоматизации коммуникации с клиентами, обработки запросов или создания персонализированных рекомендаций [2].

С помощью *ChatGPT* пользователи могут общаться с виртуальным собеседником, задавать вопросы, обмениваться информацией и получать ответы на естественном языке, что позволяет использовать его для создания персональных помощников, чат-ботов для сайтов и других приложений, где требуется взаимодействие с пользователями на естественном языке. Существует несколько способов интеграции *ChatGPT* в различные онлайн платформы. В

браузере *Google Chrome* и других браузерах на основе *Chromium* можно добавить форму для ввода запроса и кнопки для быстрого доступа к *ChatGPT*. Также можно использовать плагины, которые позволяют отправлять одинаковые запросы поисковику и чат-боту, и получать ответ от *ChatGPT* в небольшом окне на странице с поисковой выдачей. Для работы с электронной почтой есть расширение *ChatGPT Writer*, которое помогает генерировать новые письма или отвечать на сообщения. В *Google Docs* можно подключить нейронную сеть к своему аккаунту для работы с текстовыми документами и таблицами. А с помощью расширения *YouTube Summary with ChatGPT* на *YouTube* можно просматривать полную расшифровку открытого видео в текстовом виде с таймкодами [3].

Помимо *OpenAI* многие другие компании занимаются разработкой искусственного интеллекта, например, Яндекс, Сбер, *Google, Microsoft* и другие. Для всех, кто работает с англоязычными текстами, будет полезен помощник в Яндекс Переводчике – генеративная нейросеть *YandexGPT*, которая может исправлять ошибки, улучшать тексты и даже переписывать их под нужный стиль: формальный или деловой. *YandexGPT* может также для любого слова или выражения предложить синонимы, что полезно для тех, кто хочет расширить свой словарный запас и разнообразить лексику. Применить нейросетевые функции можно как на весь текст, так и на любой его фрагмент [4]. Необходимо отметить, что в настоящее время существует множество других нейросетей и систем, которые могут быть полезны для различных задач обработки текста.

Применение искусственного интеллекта при необходимости использования иностранного языка в работе и при изучении иностранного языка

Искусственный интеллект становится все более важным инструментом при работе с иностранными языками и их изучении. Благодаря развитию технологий, анализу больших данных и машинному обучению, ИИ способен помочь людям в переводе, изучении и понимании различных языков, делая этот процесс более доступным и эффективным для пользователей.

Большой популярностью в настоящее время пользуются различные приложения и программы для изучения иностранных языков, базирующиеся на искусственном интеллекте. Эти платформы используют алгоритмы машинного обучения для анализа и понимания структуры и контекста языка, что позволяет им предоставлять вам персонализированный и новый опыт обучения [5]. Например, приложение *Duolingo* предлагает интерактивные уроки по изучению иностранных языков, алгоритм которого адаптируется к уровню знаний и потребностям пользователя. *Duolingo* также использует искусственный интеллект для обучения грамматике, словарному запасу, а также для тренировки навыков понимания на слух и разговорной практики. Благодаря этому приложению можно эффективно и интересно изучать иностранный язык, получая мгновенную обратную связь и подсказки [6].

Другим популярным приложением для изучения иностранных языков с использованием искусственного интеллекта является *LinguaLeo*. Это приложение предлагает обширную базу уроков, текстов, видео и аудиоматериалов для изучения языка. *LinguaLeo* также использует технологии машинного обучения для персонализации учебного процесса и адаптации под уровень знаний и потребности каждого пользователя [7].

С другой стороны, ярким примером применения искусственного интеллекта в работе с текстами на английском языке являются различные генеративные модели искусственного интеллекта, созданные с помощью алгоритмов машинного обучения. Эти модели способны синтезировать тексты, имитирующие человеческую речь, что открывает новые перспективы в области автоматического генерирования контента. При помощи таких технологий можно создавать уникальный контент, анализировать большие объемы данных и помогать людям в обучении и развитии.

Огромные возможности в изучении иностранных языков, а также при необходимости выполнить перевод с одного языка на другой дает чат-бот с генеративным искусственным интеллектом *ChatGPT*. Он может не только помочь в понимании местных обычаев, правил

поведения и особенностей разговорной лексики для более комфортного общения на иностранном языке, но и благодаря способности создавать диалоговые ситуации на английском, поможет вам оттачивать навыки общения. Кроме того, этот инструмент способен эффективно написать деловое письмо на английском языке и составить грамотное резюме, может предложить различные учебные материалы по запросу, исправить грамматические ошибки в тексте. С помощью *ChatGPT* можно практиковать языковые навыки, узнавать новые фразы и выражения, а также получать обратную связь по грамматике и таким образом развить навыки общения на иностранном языке, став более уверенным и свободным в общении с носителями этого языка.

Например, планируя поездку за границу, вы можете попросить *ChatGPT* составить для вас диалог при бронировании номера в отеле с помощью запроса: «Составь пример диалога с администратором отеля при бронировании номера на английском языке?». В результате такого запроса *ChatGPT* предложит следующий вариант:

Администратор: Good afternoon! Welcome to our hotel. How may I assist you today?

Гость: Good afternoon! I'd like to book a room for two nights, please.

Администратор: Of course. Do you have any preferences for the type of room?

Гость: We would prefer a double room with a king-size bed, if possible.

Администратор: Certainly. Let me check our availability for you. May I have your name, please?

Гость: Yes, it's John Smith.

Администратор: Thank you, Mr. Smith. Could you also provide me with your email address and contact number?

Гость: Sure. My email address is john.smith@example.com, and my phone number is +123456789

Администратор: Perfect. I have a double room available for the dates you requested. Would you like to add any additional amenities to your reservation, such as breakfast or parking?

Гость: Yes, we would like to have breakfast included in our reservation, please.

Администратор: Noted. Your reservation is confirmed for a double room with breakfast included for two nights. Can I assist you with anything else?

Гость: No, that will be all. Thank you very much.

Администратор: You're welcome, Mr. Smith. Enjoy your stay with us, and don't hesitate to let us know if you need anything during your time here.

Гость: Thank you. Goodbye.

Администратор: Goodbye. Have a great day!

ChatGPT может создать текст на любую из тем. Например, он может быть полезен при подготовке к собеседованиям, например, при устройстве на работу. По вашему запросу он может написать вопросы, которые вам могут задать во время собеседования, и помочь подготовить грамотные и информативные ответы. Это позволит вам уверенно выступить на собеседовании и повысить свои шансы на успешное трудоустройство. Например, на запрос: «Подготовь вопросы к собеседованию на английском» был получен ответ, представленный ниже:

Can you tell us about your work experience and relevant skills for this position?

How do you handle challenging situations or conflicts in the workplace?

What are your long-term career goals and how does this position fit into them?

How do you prioritize tasks and manage your time effectively?

How do you stay current with industry trends and developments?

Can you give an example of a successful project you have worked on and what role you played in its success?

How do you approach working in a team environment and collaborating with colleagues?

What do you consider to be your greatest strength and how does it benefit your work?
How do you handle feedback and criticism, and how do you use it to improve?
Why are you interested in this particular position and what do you hope to achieve if hired?

ChatGPT демонстрирует выдающуюся способность к генерации текстов разнообразной тематики, превосходно выполняя обработку текста на английском языке. В контексте обработки текстов на русском языке он также показывает высокую эффективность, хотя несколько уступает в качестве работы по сравнению с обработкой английского языка.

Перевод текстов с одного языка на другой – это одна из ключевых задач, с которой сталкиваются люди, работающие в международной среде. *ChatGPT* может быть использован для перевода текстов технического характера, таких как инструкции по эксплуатации, технические спецификации и прочее.

Также одним из важных аспектов коммуникации в бизнесе является написание деловых писем. *ChatGPT* может быть использован для создания сопроводительных писем к резюме, коммерческих предложений и других видов деловой корреспонденции. Можно задать условия задачи и попросить создать текст по заданным данным, после чего, проанализировав результат, принять решение о его использовании.

Например, на запрос: «Напиши сопроводительное письмо к резюме на английском языке» *ChatGPT* выдал следующий ответ:

Dear Hiring Manager,

I am writing to apply for the position of [Job Title] at [Company Name], as advertised on [where you found the job posting]. I have attached my resume for your consideration.

I am a highly motivated and skilled professional with [number] years of experience in [industry/field]. In my previous roles, I have successfully [mention key achievements or responsibilities relevant to the job you are applying for]. I am confident that my background in [specific skills or experience] would make me a valuable asset to your team.

I am particularly drawn to [Company Name] because of [specific reason related to the company or job]. I am impressed by the company's commitment to [mention any company values or achievements that resonate with you]. I believe that my skills and experience align well with the requirements of the position and I am excited about the opportunity to contribute to your team.

I would welcome the chance to discuss my application with you further and can be reached at [phone number] or [email address]. Thank you for considering my application. I look forward to the possibility of working with [Company Name].

Yours sincerely,
[Your Name]

Таким образом, *ChatGPT* дает ответ, соответствующий формальной структуре делового письма. Если в запрос добавить больше информации, то в ответе будут заполнены все пропуски. При корректной подаче запроса *ChatGPT* способен полностью написать деловое письмо, редактирование которого может быть минимальным.

Итак, *ChatGPT* предоставляет широкий спектр возможностей для решения практических задач в области перевода и коммуникации. Это инновационный инструмент, который может быть использован как для повседневных задач, так и для сложных профессиональных заданий. Дальнейшее развитие и усовершенствование подобных моделей приведет к еще более широкому применению и улучшению качества работы в различных областях деятельности, а использование искусственного интеллекта при изучении нового языка позволяет повысить эффективность обучения, улучшить навыки письма и разговорной практики, а также получить обратную связь и коррекцию ошибок, что существенно облегчает процесс изучения иностранного языка. Использование искусственного интеллекта при изучении иностранного языка облегчает процесс самообучения и повышает

эффективность обучения за счет доступности онлайн-ресурсов, возможности получения мгновенной обратной связи и коррекции ошибок. Таким образом, искусственный интеллект становится важным инструментом как для работы с иностранным языком, так и для его изучения.

Выводы и рекомендации

Искусственный интеллект, и в частности, *ChatGPT,* имеет большой потенциал в обучении английскому языку. Он может помочь улучшить навыки чтения и письма, а также понимание и использование сложных языковых конструкций, особенно для тех, кто предпочитает обучение в интерактивном формате, что может значительно улучшить процесс обучения. Исходя из этого, можно рекомендовать использовать *ChatGPT* как дополнительный ресурс для изучения английского языка, но не полагаться исключительно на искусственный интеллект. Важно комбинировать различные методики обучения, чтобы получить наилучший результат.

ChatGPT является в первую очередь языковой генеративной моделью и его стоит использовать прежде всего для создания различных текстов, поскольку программы на основе искусственного интеллекта способны генерировать тексты высокого качества, быстро и эффективно, что существенно повышает производительность и эффективность работы. Что касается обычного перевода, то с этим быстрее и качественнее справятся такие переводчики как, например, Яндекс Переводчик, *Google* Переводчик, *Reverso* и некоторые другие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *International Journal of Educational Technology in Higher Education: Artificial intelligence in higher education: the state of the field. URL*: https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-023-00392-8.
2. *Introducing ChatGPT. URL*: https://openai.com/blog/chatgpt.
3. Куда можно встроить *ChatGPT* и зачем. *URL*: https://lifehacker.ru/kuda-mozhno-vstroit-chatgpt/.
4. Еще одно полезное на практике применение нейросети: Как мы делаем Яндекс. *URL*: https://vk.com/wall-203849292_610.
5. Обзор платформ искусственного интеллекта (*AI*) для изучения английского языка. *URL*: https://vc.ru/u/1961240-legend-lingua/747111-obzor-platform-iskusstvennogo-intellekta-ai-dlya-izucheniya-angliyskogo-yazyka?ysclid=lt8g7afdp7819272080.
6. *Duolingo*: как искусственный интеллект составляет персонализированное обучение языкам. *URL*: https://sberuniversity.ru/edutech-club/pulse/keysy/34861/.
7. Хабр, знакомься — новый *LinguaLeo* с персональной системой обучения иностранному языку. *URL*: https://habr.com/ru/companies/lingualeo/articles/246235/.
8. «Медведь Ерофей», проблемы с радостью и галлюцинации: *ChatGPT* глазами россиян: Национальный исследовательских университет «Высшая школа экономики». *URL*: https://www.hse.ru/news/expertise/900590982.html.

Поступила 15.03.2024

УДК 512

О.Н. Боталова, О.А. Глухова

РОЛЬ МАТЕМАТИКИ, ХИМИИ И ФИЗИКИ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассмотрен ряд электронных образовательных ресурсов по математике, химии и физики. Приведены примеры с широкими функциональными возможностями и полным набором образовательных материалов, также технология их использования. Данный обзор может быть полезен не только руководителям образовательных учреждений и учителям, но и родителям школьников при организации дополнительного или домашнего обучения.

История развития многих городов неразрывно связана с промышленными предприятиями. В России эти предприятия являются ведущими для экономики страны. Промышленность играет ключевую роль и в экономике Пермского края, формируя основную долю валового регионального продукта. Отрасль представлена предприятиями топливно-энергетического и химического комплексов, черной и цветной металлургии, машиностроения, лесной, легкой и пищевой промышленности.

Ведущую роль в промышленности региона играет топливно-энергетический комплекс. Его крупнейшими представителями являются нефтедобывающие компании. Помимо добычи в Пермском крае осуществляется и переработка углеводородного сырья. В частности, проводится первичная переработка нефти, а также переработка газа.

Еще одним важнейшим сегментом промышленности региона является химический комплекс. Пермский край полностью обеспечивает потребности России в калийных удобрениях, которые производят предприятия в Березниках и Соликамске.

Овладение практически любой профессией требует разнообразных знаний по математике, химии, физике. Особое значение имеет умение представлять реальные ситуации с помощью данных дисциплин.

Не каждый ученик сразу знает, какую профессию он приобретет в будущем. Но, относясь ответственно к изучению математики, физики и химии, каждый учащийся обеспечивает себя необходимыми знаниями, умениями, навыками, качествами, которые необходимы в его дальнейшей профессиональной деятельности. Не существует профессий, в которых не применялись бы приобретенные знания в школе. Каждому человеку нужны навыки мышления, которые развивают умственные способности, умение обобщать, умение логически мыслить и рассуждать дает навык планирования вперед, способность удерживать в голове несколько последовательных шагов.

В МАОУ «Школа № 5», г. Березники применяется технология смешанного обучения (таблица). «Смешанное обучение» – это система преподавания, сочетающая очное, дистанционное и самообучение, включающее взаимодействие между педагогом, обучающимся и интерактивными источниками информации, отражающие все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения), функционирующие в постоянном взаимодействии друг с другом, образуя единое целое.

При осуществлении смешанного обучения в условиях школы с применением современных информационных технологий возможно выделить его основные преимущества и перспективы:

- учитель доступен круглосуточно;
- обучение вне зависимости от времени и места;
- индивидуальный контроль над обучением;
- контроль над временными и финансовыми затратами при обучении;
- контент для частого применения;
- множество дидактических подходов.

Наиболее значимые перспективы интерактивной составляющей смешанного обучения:

– вносит оживление в учебный материал, позволяя учащемуся «общаться» с ним;

– добавляет интерактивности и подталкивает обучающихся к активной учебе;

– явно демонстрирует материал и идеи преподавателя на лекциях или просто в тексте, которые трудны для восприятия ученикам;

– компьютерные симуляции – это современное и удобное средство, позволяющее заглянуть внутрь изучаемых процессов и явлений;

– воспитывает у учеников навыки самообучения, саморефлексии и самоконтроля;

– позволяет учащимся провести сложные, опасные или дорогие опыты и ситуации, необходимые при изучении параллельных миров, радиационного оборудования и проч.

Таблица

Цифровые платформы для проведения уроков по технологии смешанного обучения

№	Название	Задачи и содержание	Ссылки
1	Физикон облако знаний	Интерактивные домашние, самостоятельные, контрольные и лабораторные работы, ОГЭ/ЕГЭ. Цифровой помощник учителя для проведения школьных уроков	https://oblakoz.ru/
2	«Применение онлайн-платформы *Skysmart* Класс на занятиях»	Описание и характеристика платформы, регистрация, интерфейс, возможности использования платформы в учебном процессе; знакомство с ссылками	Видеолекция. Ссылка на платформу https://edu.skysmart.ru/. Методические рекомендации по использованию на занятиях
3	«Знакомство с платформой *Bitrix*24 и содержанием курса»	Описание возможностей Битрикс24, инструкция к регистрации, интерфейс сервиса, краткое описание и характеристика	Обучающая презентация, видеолекция, ссылка на платформу: www.bitrix24.ru/
4	«Создание викторин на платформе *MyQuiz*»	Описание и характеристика ресурса, регистрация, интерфейс платформы, возможности использования в учебном процессе; работа по созданию викторины; знакомство с ссылками	Обучающая презентация, видеолекция, ссылка на платформу: https://myquiz.ru/
5	«Обзор онлайн-конструктора Удоба»	Описание и характеристика ресурса, регистрация, интерфейс приложения, возможности использования конструктора в учебном процессе; знакомство с ссылками	Обучающая презентация, видеолекция, ссылка на сайт: Удоба https://udoba.org/
6	«Использование возможностей *Wordwall.net* в процессе обучения»	Описание и характеристика ресурса, регистрация, интерфейс цифрового ресурса; возможности использования *Wordwall* в учебном процессе; знакомство с ссылками	Обучающая презентация, видеолекция, ссылка для перехода на платформу https://wordwall.net/

Окончание табл.

№	Название	Задачи и содержание	Ссылки
7	Гиперматика	Образовательный проект дает возможность ученику самостоятельно изучить не только уровень, но и стиль изложения материала.	https://7.math.ru/courses

Педагог имеет возможность самостоятельно увеличивать недостающие профессиональные и общекультурные знания, а также другие знания, востребованные современными обстоятельствами и жизнью, навыков, а также формирование компонентов информационной культуры.

Данные дисциплины могут быть определяющими, когда они используются в профессиях, от которых зависит безопасность и жизнь других людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонтьев А.А. Язык и речевая деятельность в общей и педагогической психологии. М.: Моск. психол.-соц. ун-т; Воронеж: МОДЭК, 2001. 444 с.
2. Печенкина Е.Н. Практико-ориентированные задачи на уроках математики в основной школе [Электронный ресурс]. *URL*: http://rudocs.exdat.com/docs/index-100680.html (дата обращения: 31.01.2023).
3. Пивоваркин О.К. Общий прием решения задач как компонент познавательных универсальных учебных действий // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. №5. С. 115-117.
4. Скурихина Ю.А. Практико-ориентированные задачи по математике. 5-6 класс. Киров: Радуга-ПРЕСС, 2019. 192 с.
5. Соболева Г.В., Тактарова И.С., Садыкова И.А. Познавательные универсальные учебные действия [Электронный ресурс]. *URL*: http://sgls.admsurgut.ru/win/download/1747/ (дата обращения: 15.11.2020).
6. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Министерство образования и науки Российской Федерации. М.: Просвещение, 2012. 48 с. (стандарты второго поколения).
7. Чуланова Н.А. Нормативный контекст определения «Познавательные универсальные учебные действия» // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 179-186.

Поступила 15.03.2024

УДК 94(5)

Н.Ф. Беккер

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА ТАЙВАНЯ

Приводится общий обзор информации о развитии промышленности Тайваня. Большое внимание уделено соотношению государственного участия и роли частного бизнеса при достижении прогресса в ключевых отраслях экономики Тайваня. Вскрыты и показаны базовые основы «экономического чуда». Выделены наиболее успешные и перспективные приложения науки в отраслях промышленности острова

Южная Корея, Сингапур, Гонконг и Тайвань, показавшие рекордные результаты в развитии экономики во второй половине двадцатого столетия, получили весьма

благоприятное и даже лестное прозвище «азиатских малых драконов», кит. 亞洲四小龍 [1].

Тайвань уверенно экспортирует свой капитал в Юго-Восточную Азию: в 2023 году остров вывез за рубеж 447 млрд. долларов своих инвестиций.

Особенно важны крепнущие связи с континентальным Китаем, который в 2023 году одобрил 7 536 свежих инвестиционных бизнес-проектов с участием Тайваньских финансов. Это на 29,2% больше, чем в 2022 году. Полный объем использованного капитала увеличился на 43,5% – в денежном исчислении до 2,93 млрд. долларов.

Ранее Тайвань строил большие планы по развитию атомной энергетики: на острове работали шесть атомных реакторов общей мощностью 4,9 млн. кВт. Однако после аварии на Фукусиме от этих планов не только полностью отказались, но даже установили законодательно дату полного отказа от атомной энергетики – 2025 год. В настоящее время в работе два энергоблока атомной электростанции Мааньшань. Это реакторы *PWR* (англ. *pressurized water reactor*) – водо-водяной реактор компании *Westinghouse* мощностью 936 МВт.

Тайвань ориентируется на самые новейшие технологии электронных *OEM*-устройств. *OEM* (*Original Equipment Manufacturer* – англ. производитель оригинального оборудования) – это производство продукции в континентальном Китае по шаблону с последующей маркировкой логотипом владельца интеллектуальной собственности.

Судостроение Тайваня ориентировано на мирную продукцию: парусники, спортивные яхты, каноэ, моторные и надувные лодки. Однако в сотрудничестве с Южной Кореей, которая передала комплектующее оборудование для подводных лодок, тайваньская компания *China Shipbuilding Corporation* (*CSBC*) 28 сентября 2023 г. представила первую дизель-электрическую подводную лодку тайваньского производства под названием «Хай Кунь» – мифическая морская рыба Кунь.

Тайвань – лидер в международной цепочке обувной промышленности: спортивная обувь, одежда, инвентарь – теннисные мячи, ракетки и прочее. Около 80% мировых обувных брендов производят на острове свою продукцию. Тайваньское обувное оборудование также занимает на мировом рынке прочные позиции.

Туризм играет в экономике Тайваня важную роль: великолепная бережно охраняемая природа: около 20 % площади острова – это национальные парки с эндемичными животными и растениями. На острове много памятников китайской, японской и европейской архитектуры. Гурманы считают, что тайваньский чай – один из лучших в мире.

С туризмом связаны импорт продовольствия, бытового оборудования, топлива, сырья, на экспорт поставляются готовые изделия в США, Японию, Южную Корею, Гонконг.

Статистические сведения

Население 23 888 595 (1 июля 2023 г.) [2].

ВВП $828 659 000 000(номинально, оценка на 2023 г.) [3].

ВВП по паритету покупательной способности на душу населения $1 603 720 000.

Экономика Тайваня – это высокоразвитая экономика свободного рынка.

Количественной оценкой экономики страны обычно считается ВВП по паритету ПС. Тайвань занимает 9-е место в Азии и 19-е место в мире по этому показателю. Международный валютный фонд включил Тайвань в группу стран с развитой экономикой [3]. Он оценивается Всемирным банком в группе стран с высоким уровнем дохода [4] Тайвань является самым технологически продвинутым производителем компьютерных микрочипов в мире [5], [6], [7].

Ранжированный по населению список городов Тайваня приведен в табл. 1.

Таблица 1

Список городов Тайваня

№ п/п	Город	Население
1.	Синьбэй	3974930
2.	Тайчжун	2759934
3.	Тайбэй	2696406
4.	Таоюань	2136735
5.	Тайнань	1885599
6.	Гаосюн	1402962
7.	Синьчжу	436291
8.	Цзилун	372075
9.	Цзяи	269983
10.	Чжанхуа	234818
11.	Пиндун	203892
12.	Чжубэй	203228
13.	Юаньлинь	124830
14.	Доулю	108147
15.	Тайдун	106990
16.	Хуалянь	106432
17.	Тоуфэнь	102749
18.	Наньтоу	102371
19.	Илань	95936
20.	Мяоли	91039
21.	Магун	60434
22.	Пуцзы	43298
23.		17519079

Сельское население: 23 888 595 – 17 519 079 = 6 369 516 человек.

Основные сельскохозяйственные культуры – рис (до 50% всех площадей), кукуруза, сахарный тростник. В животноводстве Тайваня превалирует интенсивное свиноводство, птицеводство и молочное скотоводство.

Природные ресурсы Тайваня

Из полезных ископаемых Тайваня перспективен каменный уголь, запасы которого в районе Тайбэя оцениваются в 254 млн. тонн, но добыча составила в 2022 году только 0,545 млн. тонн при импорте 15 млн. тонн.

Также в районе Тайбэя выявлены месторождения меди и золота (по золоту запас около 100 тонн). Строительные минералы: сера, глина, мрамор, известняк.

Ранжированный список наиболее крупных компаний Тайваня приведен в табл. 2.

Таблица 2

Крупнейшие компании Тайваня по рыночной стоимости (в $)

Taiwan Semiconductor (TSMC)	台湾半导体(台积电)	89,9 млрд.
Hon Hai Precision Industry Co (Foxconn)	鸿海精密工业有限公司	32,1 млрд.
Formosa Petrochemical Corp	台湾石化公司	26,5 млрд.
Chunghwa Telecom Co., Ltd.	中华电信股份有限公司,有限公司	24,3 млрд.
Formosa Plastics Corporation	台塑公司	15,3 млрд.
Cathay Financial	国泰金融公司	14,3 млрд.

Окончание табл. 2

Formosa Chemicals	台湾化学及纤维公司	14,1 млрд.
Fubon Financial Holding	富邦金融控股股份有限公司(富邦金控))	13,7 млрд.
China Steel	中国钢铁	13,7 млрд.
Mega Financial Holding	兆丰金融控股	9,7 млрд.
Uni-President Enterprises Corp	统一企业公司	9,5 млрд.
AsusTek Computer Inc.	華碩電腦股份有限公司	8,8 млрд.
Quanta Computer	广达电脑	8,5 млрд.
China trust Financial	中国信托金融	8,2 млрд.

Энергетика Тайваня

Производство электроэнергии – 280127 млн. кВт·ч.

Установленная мощность электростанций – 57738 МВт.

Примерно 80 % электроэнергии получают с использованием импортируемого каменного угля, природного газа, нефтепродуктов (рисунок).

Рис. Расположение электростанций на Тайване,
атомных, угольных / нефтяных / газовых,
гидроэлектростанций, геотермальных, бывших

Тайваньская государственная энергетическая компания *Taipower* обеспечивает своими установленными мощностями около 20 % всей потребности в электроэнергии.

Владелец *Taipower* планирует заменить угольные электростанции газовыми турбинами. Потребности в газе удовлетворяются поставками из Индонезии и Малайзии.

Электронная промышленность

Полупроводниковые компании Тайваня инвестируют большие средства в научные исследования. Это позволяет им оставаться вне конкуренции на мировом рынке производителей электроники. Например, компания *TSMC* потратила более 3 миллиардов долларов на исследования и разработки только в 2020 году. Такие инвестиции обеспечили *TSMC* возможность разработать новые технологии и продукты.

Acer, *Asus*, *Gigabyte* – это основные производители в мире компьютеров и ноутбуков. Они изготавливают также интернет-планшеты, мобильные телефоны, смартфоны, маршрутизаторы, видеокарты.

ADATA, *Silicon Power*, *Apacer Technology* специализируются на выпуске карт памяти, USB-флэш-накопителей, портативных жестких дисков, твердотельных накопителей, инновационных модулей памяти, мультимедийных устройств

AG Neovo, *AOC*, *BenQ*, *Coretronic*, производят мощную линейку бизнес-мониторов, и ЖК -мониторов, моноблоки и планшеты *Android*.

Cooler Master обеспечивает электронику эффективными системами охлаждения.

Chainmesh и *C-Media* производят беспроводные аудиоустройства.

Foxconn транснациональная компания – производитель электроники, заводы которой располагаются не только в Азии, но и в Европе, в Северной и Южной Америке.

Pegatron, *Wistron*, *Clevo* и *Quanta Computer* – это производители электроники по контрактам. С ними сотрудничают *Apple*, *IBM*, *Dell*, *Sony*, *Microsoft*, *Canon*, *Amazon*, *Xiaomi*, *OnePlus* и *HP*.

Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited (TSMC) – это тайваньская корпорация, производитель полупроводниковых продуктов и целого спектра передовых технологий, стандартных архитектур, технологических процессов.

HTC Corporation – производитель *Android*-смартфонов, а также устройств физического погружения в виртуальную реальность, в результате чего появился шлем *HTC Vive*. Шлемы виртуальной реальности – устройства, которые моделируют трехмерные пространства с аудио- и видео-визуализацией.

AU Optronics – один из ведущих производителей *LCD*-панелей. Выпуск – более 12% от мирового объема. Основой любого жидкокристаллического монитора является *LCD*-матрица (*Liquid Crystal Display*). Жидкокристаллическая панель – это сложная многослойная структура на *TFT* (англ. *thin film transistor*) тонкопленочных транзисторах. Кроме прочего фирма *AU Optronics* выпускает солнечные батареи.

D-Link, *Zyxel*, *Asus* и *Billion Electric* – известные в мире производители сетевого оборудования.

Фирма *MediaTek* – выпускает оптические системы хранения данных и компоненты для отраслей связи на основе чипов с 5*G* (пятое поколение).

Тяжелая промышленность

An Feng Steel, *China Steel*, *Chun Yuan Steel* – обеспечивают производство стали с объемом годового выпуска около 20 млн. тонн.

Прибыль Тайваньской фирмы *Ta Chen International, Inc.* – крупнейшего дистрибьютора рулонов из нержавеющей стали и алюминия в США за 2023 год увеличилась на 14,6 %.

Нефтехимическая промышленность

Нефтехимическая промышленность Тайваня продолжает расти, ориентируясь на испытываемый недостаток нефтехимических продуктов китайский рынок.

CPC Corporation – обеспечивает добычу природного газа в Тайване 105 млн. м³ за год. Зарубежная добыча компании составляет 79,8 тыс. тонн нефти; 1,14 тыс. тонн газового конденсата и 398 млн. м³ природного газа. Добыча ведется в Эквадоре, Нигере, Чаде, Австралии.

Фирмы *Nankang*, *Federal Corporation*, *Kenda*, *Maxxis* выпускают изделия из резины.

Наибольшим спросом пользуются велосипедные и автомобильные шины и покрышки. Продукция фирмы *Maxxis* поставляется на заводы *Volkswagen*, *Toyota* и *Ford*.

Компании *CHIMEI* и *Formosa Plastics* – это широкий ассортимент изделий из пластмасс. Компания *Formosa Plastics* владеет и управляет единственным частным нефтеперерабатывающим заводом и заводом крекинга нефти на Тайване. Шестая крекинг-установка переработки нефти, которую в настоящее время строит компания *Formosa*, оценена в 3,6 млрд. долларов.

Производство деталей для автомобилей

Выпуск автомобилей на Тайване составляет 300 тыс. в год

Кроме сборки автомобилей на Тайване налажен масштабный выпуск комплектующих для электромобилей, например, 75% деталей для фирмы *Tesla* делают на Тайване.

Фирма *Hota* – единственный поставщик редукторов для автомобилей фирмы *Tesla*.

Фирма *Excellence Optoelectronics* делает светодиодные фары для *Tesla*.

Производители автомобилей кроме тайваньских марок выпускают автомобили других фирм:

- *Hotai Motor* собирает *Toyota*;
- *Yulon Motors* собирает *Nissan Renault* для тайваньский потребителей;
- *Luxgen* импортитует автомобили в Китай;
- *China Motor Corporation* собирает брендовые марки *Mitsubishi* и *Chrysler*.

Аэрокосмическая индустрия

Аэрокосмическая отрасль развивалась с акцентом на исследования, разработку и производство высокотехнологичных компонентов. Отрасль объединяет ряд частных компаний, специализирующихся на конкретных направлениях: компоненты самолетов, авионика, беспилотные воздушные средства.

Государственная компания *Aerospace Industrial Development Corporation* (*AIDC*) производит истребители.

Исследованиями в области авиационно-космической техники занимается Национальная космическая организация Тайваня (*NSPO*).

За всю свою историю *NSPO* запустила шесть спутников *Formosat*. Среди них были спутники для связи, *GPS*, исследования ионосферы Земли и прогноза погоды.

Тайвань планирует разработать шесть спутников *B*5*G* на низкой околоземной орбите и десять спутников дистанционного зондирования Земли, создать национальную стартовую площадку, провести исследования и разработать ракеты, способные запускать на околоземную орбиту спутники весом более 100 кг, а также проводить лунные миссии.

Выводы

Тайвань сделал правильную ставку на прикладные научно-технологические инновации. Основная доля вложений в научно-технические исследования инвестируется частными средними и крупными фирмами Тайваня. Администрация острова сохранила и поддерживает развитие сложившихся направлений научно-технологического прогресса, которые дополняются новыми вложениями, соответствующими глобальным технологическим тенденциям.

Ориентиры Тайваня на высокотехнологичную промышленность являются надежной гарантией уверенного движения в стабильное самодостаточное будущее страны. Однако в эпоху глобализации успешное научно-технологическое развитие не может ограничиваться рамками отдельных пусть даже успешных государств. Масштаб решаемых проблем изменения климата, угроз эпидемий, природных катаклизмов, недостатка энергетических природных ископаемых делает мощный вызов к широкому международному сотрудничеству.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История Китая: учеб. / под редакцией А.В. Меликсетова. 2-е изд., исп. и доп. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «Высшая школа», 2002. 736 с.
2. *Taiwan Population* 2023 (*Live*). https://worldpopulationreview.com/countries
3. *International Monetary Fund*. IMF.org. Международный валютный фонд.
4. *World Bank Country and Lending Groups*. datahelpdesk.worldbank.org. Страны Всемирного банка и кредитные группы.
5. *TSMC is about to become the world's most advanced chipmaker. The Economist / Business April 7th* 2018. *TSMC* собирается стать самым передовым производителем чипов в мире.
6. *Taiwan's TSMC Could Be About to Dethrone Intel. Bloomberg* / *Technology November* 28th, 2018. Тайваньская *TSMC*, возможно, вот-вот свергнет *Intel* с престола.
7. *Jibu Elias TSMC set to beat Intel to become the world's most advanced chipmaker PCMag India April* 10*th*, 2018. *TSMC* надеется одолеть *Intel* на месте первого производителя чипов в мире.

Поступила 16.03.2024

УДК 94

Н.Ф. Беккер

САМЫЙ КРУПНЫЙ И КРОВОПРОЛИТНЫЙ ВООРУЖЕННЫЙ КОНФЛИКТ В МИРОВОЙ ИСТОРИИ В КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНКАХ

На основе пространственно-временного метода выполнены количественные оценки значимости военных конфликтов Советского Союза и фашистской Германии. Выявлено, что за примерно одинаковую продолжительность сравниваемых промежутков времени оценка военных конфликтов фашистской Германии в 1,68 раза превышает военные конфликты Советского Союза.

В работе [1] рассматривалась проблема количественного описания исторических событий. Отмечено, что пространственно-временные оценки позволяют сравнивать события, разделенные между собой большими промежутками времени – годами, десятилетиями, столетиями. Путем вложения географической составляющей в состав оценки имеется возможность количественно охарактеризовать часть пространства, выступающего в качестве района конфликта [3].

Особенно деликатно следует трактовать сухие количественные оценки такого великого исторического события как Великая Отечественная война советского народа с фашистской Германией. Это великое испытание и великие жертвы всех народов нашей великой страны, учитывая, что Великая Победа в Великой войне смогла стать возможной только в результате колоссальных усилий и мобилизации воли населения всей страны.

Тем не менее, количественные оценки ни в коей мере не противоречат, а скорее подтверждают политический смысл, культурное значение и духовное содержание как результат великих испытаний, беспримерного героизма самозабвенной жертвенности, особенного подвижничества каждого советского человека.

В таблице приведены сведения об основных конфликтах Советского Союза и фашистской Германии в период с 1938 года по 1945 годы. При документально подтвержденных датах начала и конца военного конфликта для определения его длительности использовался табличный процессор, как это было рекомендовано авторами в работе [3]. Рассматриваемый далее количественный материал обработан в версии *Excel*

Microsoft Office 2007.

За это время в нашей стране имели место пять серьезных военных конфликтов. По сравнению с рассматриваемыми тринадцатью конфликтами Германии можно оценить ее военную активность, превышающую активность Советского Союза в 2,6 раза.

По отношению к Великой Отечественной войне пространственно-временная оценка всех других военных конфликтов Советского Союза составляет 60%. а по соотношению длительности – 21,3%. Географическая составляющая в 2,31 раза превышает данный показатель фашистской Германии. Все это говорит о большом мобилизационном потенциале нашей страны, также о масштабности и глубинной содержательности этого великого исторического события.

Общая оценка нашего противника – фашистской Германии почти в 1,69 раза превышает оценку Советского Союза. Это является свидетельством серьезности в тяжеловесной категории противника, захватившего или кооперировавшего практически все страны Западной Европы. В то же время легковесность побед Германии подтверждается нашей цифровой оценкой: девять предвоенных конфликтов с Австрией, Бельгией, Голландией, Грецией, Данией, Польшей, Францией, Чехословакией, Югославией из рассматриваемых тринадцати, каждый имеет свою индивидуальную оценку менее 1%. В общей сумме эти страны набирают 3,7%, а общая длительность конфликтов с этими странами составляет 1,8% от суммарной длительности всех рассматриваемых конфликтов Германии (таблица).

Таблица

Оценки масштабности военных конфликтов Советского Союза и фашистской Германии

Военный конфликт	Столица 1	Столица 2	Расстояние между столицами по прямой, км	Дата начала конфликта	Дата окончания конфликта	Длительность конфликта, день	Количественная оценка значимости, км*день	Оценка относительно Северной войны, %
Военные конфликты Советского Союза								
Озеро	Москва	Токио	7485	29.07.19	11.08.19	13	97305	4,26%
Халхин-	Москва	Токио	7485	11.05.19	16.09.19	128	958080	41,94%
Финская	Москва	Хельсин	893	30.10.19	13.03.19	135	120555	5,28%
Германи	Москва	Берлин	1612	22.06.19	09.05.19	1417	2284204	100,0%
Япония	Москва	Токио	7485	08.08.19	03.09.19	26	194610	8,52%
Итог			24960			1719	3654754	160,0%
Военные конфликты фашистской Германии								
Австрия	Берлин	Вена	523	11.03.19	13.03.19	2	1046	0,05%
Чехосло	Берлин	Прага	280	14.03.19	15.03.19	1	280	0,01%
Польша	Берлин	Варшава	516	01.09.19	06.10.19	35	18060	0,79%
Англия	Берлин	Лондон	931	03.09.19	08.05.19	2074	1930894	84,53%
Дания	Берлин	Копенга	355	09.04.19	10.04.19	1	355	0,02%
Норвеги	Берлин	Осло	839	09.04.19	08.05.19	1855	1556345	68,14%
Голланд	Берлин	Амстерд	576	10.05.19	15.05.19	5	2880	0,13%
Бельгия	Берлин	Брюссел	650	10.05.19	28.05.19	18	11700	0,51%
Франция	Берлин	Париж	877	15.05.19	05.06.19	21	18417	0,81%
Югослав	Берлин	Белград	878	06.04.19	17.04.19	11	9658	0,42%
Греция	Берлин	Афины	1804	06.04.19	17.04.19	11	19844	0,87%
Россия	Берлин	Москва	1612	22.06.19	09.05.19	1417	2284204	100,%
США	Берлин	Лондон	931	06.06.19	08.05.19	336	312816	13,69%
Итог			10772			5787	6166499	269,9%
Разница оценок между Советским Союзом и Германией								109,9%

На фоне Англии и Норвегии с общей оценкой 152,6% совсем бледно выглядят Соединенные Штаты Америки со своими 13,69%.

В перспективе представляется возможным проведение количественных оценок военных конфликтов великого полководца всех времен и народов – Наполеона Бонапарта с целью сопоставления их с результатами, полученными в данной работе, и в ранее проведенных нами исследованиях [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер Н.Ф. Пространственно-временная количественная оценка исторической значимости военных конфликтов // Молодежная наука в развитии регионов: материалы всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 27 апреля 2022 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 246 – 247.
2. Беккер Н.Ф. Петр Первый и Карл Двенадцатый. Кто более матери-истории ценен? // Молодежная наука в развитии регионов: материалы всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (Березники, 26 апреля 2023 г.). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 267-269.
3. Беккер Н.Ф. Расчеты длительности исторических событий в табличном процессоре *Excel* // Решение: материалы 11-й Всерос. науч.-практ. конф. (Березники, 21 октября 2022). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. С. 178-179.

Поступила 19.03.2024

УДК 379.85

В.А. Лундина, И.М. Пудовкина

ТУРИСТИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ ИЛИ ЗАЧЕМ НАМ МОНАКО

В настоящее время развитию внутреннего туризма придается большое значение. Как отмечает ряд экспертов в данной области, внутренний туризм вносит весомый вклад в экономику страны и может наряду с нефтью и газом относиться к самым прибыльным сферам торговли. Однако развитие внутреннего туризма соотносится не только с экономикой. Целью его развития в пределах нашей страны является также знакомство с ее историей, культурным наследием, традициями и природными богатствами. Важным аспектом развития внутреннего туризма является воспитание патриотизма и уважения к своей малой Родине. Данная статья – о туристических маршрутах Пермского края, который в 2023 году попал в топ 5 регионов по развитию туризма и реализации нацпроекта «Туризм и индустрия гостеприимства».

Как объект путешествий Урал сформировался не сразу. Как известно первые русские из новгородских земель появились на севере уральских угодий не позднее XI века. Однако сюда их привело не любопытство и любознательность, характерные для любого путешественника, а чисто практический деловой интерес. Вскоре Урал приобрел значение для новгородцев в качестве промыслового края: отсюда на рынки Новгорода в изобилии поступала пушнина, спрос на которую был высок.

Само понятие «путешествие» появилось только в эпоху Петра I, реформы которого кардинально изменили жизнь русского общества, стали фактором развития светского мировоззрения, а вместе с ним и культуры путешествий, целью которых было открытие новых земель не только в Европе, но и в России, в том числе на Урале. Одним из первооткрывателей уральских земель стал В.Н. Татищев (рис. 1). В 1720 году он возглавил экспедицию с целью повысить потенциал горнорудной промышленности, найти новые

месторождения «медной и серебряной руды, построить новые заводы и начать выплавку меди и серебра» [1]. Однако Татищев интересовался не только промышленностью. Путешествуя по Уралу, он описывал природные богатства края, его достопримечательности (Кунгурскую пещеру, камень Говорливый на Вишере, реку Чусовую).

Рис. 1. В.Н. Татищев

И здесь мы подходим к нашей основной теме – туризм.

Как отмечают исследователи, понятия «путешественник» и «турист» имеют разное значение: первое обозначает исследование мира, открытие и описание новых земель, второе связано с отдыхом. Но следует признать: путешественник открывает те места, которые впоследствии становятся посещаемыми туристическими объектами. И сегодня Кунгурская пещера, Вишера, Чусовая, а также Соликамск, Чердынь, где также побывал Татищев, не говоря уже об основанной им Перми, входят в топ популярных туристических маршрутов Пермского края. Как показывают исследования, проведенные среди студентов I и II курсов Березниковского политехнического техникума (БПТ), практически все из 120 опрошенных, в числе самых известных городов края указали Чердынь – некогда столицу Перми Великой (92,7%), а в числе первых городов, которые студенты пожелали посетить в самое ближайшее время, оказалась Пермь (66, 3%).

Сама индустрия туризма, а вместе с ней и экскурсионная деятельность начала развиваться на Урале в XIX веке. На Урале активно работало УОЛЕ (Уральское общество любителей естествознания), уже в то время «организовывавшее сплавы по Чусовой и восхождение туристов на вершины гор Качканара, Таганая, Ямантау», находящиеся на Среднем и Южном Урале. Как отмечают исследователи на рубеже XIX–XX вв.: «выпускались книги по Уральскому туризму», такие как «Река Чусовая» (1889 г), «Путеводитель по Уралу» (1899 г.), «Спутник туриста по Уралу» (1902 г.) [2].

В настоящее время интерес к Уралу и в частности Пермскому краю не снижается. Как отмечают пермские СМИ, в 2023 году по сравнению с 2022 годом туроператоры отметили устойчивый рост турпотока в среднем на 12%. Гостями нашего края стали жители многих регионов России [3].

Интерес к родному краю проявили и наши респонденты. Согласно результатам опроса историей Пермского края, интересуются 51, 4% респондентов, затруднились с ответом 19,2%; не интересует история края 29, 4%. При этом в группе девушек, интересующихся историей края, оказалось больше, чем в группе юношей: 42,1% к 37%. Соответственно на вопрос об отношении к путешествиям мы получили примерно те же цифры: любителей путешествий оказалось 49,6%; воздержавшихся 22,0%; предпочитающих другой вид отдыха 28,4%. Среди любительниц попутешествовать первыми оказались студентки в соотношении 44,3% к 36,1%.

Как и весь Урал, наша земля славится своими природными достопримечательностями,

памятниками культуры, народными традициями, таинственными и даже мистическими местами. Такое разнообразие позволяет здесь (еще раз подчеркнем, как и на всей территории Урала) развивать различные виды туризма, такие как туризм культурного наследия, фестивальный туризм, спелеотуризм, горнолыжный туризм, экскурсионный туризм и т.д.

Туризм культурного наследия включает в себя маршруты по таким городам как Чердынь, Соликамск, Усолье, Очер, Кунгур. Его главная цель, как отмечают исследователи, направлена на «сохранение исторической памяти, идентичности народа», преемственности поколений [4]. Таким центром является г. Усолье, расположенный на правом берегу Камы, основанный в 1606 г. Строгановыми. Следует отметить, что абсолютное число опрошенных студентов БПТ (99,5%) знают этот город и его архитектурное наследие. Здесь сыграли свою роль не только экскурсионные поездки, но тот факт, что большинство из них являются жителями Усолья или микрорайона Любимов.

Значение Усолья как туристического центра подчеркивал В.В. Шилов на страницах своей диссертации, рассматривая туризм как один из важных факторов «сохранения и использования культурного наследия на уровне научной и нормативно-правовой основы». Им же была разработана концепция развития на базе города Березники экскурсионного туризма на основе истории промышленных предприятий, памятников архитектуры советского времени, известных людей города, внесших вклад в его развитие [5-6].

Туризм культурного наследия, или культурный туризм, связан с фестивальным туризмом. Например, в Усолье с 2005 года ежегодно летом проходит фестиваль «Звоны России», в архитектурно-этнографическом музее-заповеднике Хохловка стал традиционным фестиваль исторической реконструкции «На Хохловских холмах», где можно увидеть состязания мастеров боя прошлых веков. Этот фестиваль хорошо знают и хотели бы побывать на нем 47,2% опрошенных (рис. 2).

Рис. 2. Хохловка – фестивальный центр Пермского края

Популярностью в Пермском крае пользуется спелеотуризм, так как на его территории находятся более десяти пещер, которые можно посетить с познавательной или спортивными целями. Среди них Чаньвинская, Дивья, Бабиновская, Мечкинская, Зуятская и другие пещеры. Для наших студентов самой известной пещерой является Кунгурская пещера, ее хотят посетить 67,2% опрошенных, причем и здесь лидируют девушки – 45,3% в соотношении к 21,9% юношей, это не случайно. Домоседами у нас оказались именно юноши. В летние каникулы домашний отдых из них предпочитают 37,2%, из числа девушек таких желающих оказалось меньше – 32,1%.

Из видов туризма, распространенных в нашем крае, меньше всего привлекает паломнический туризм. В поездку по культовым местам (в анкете было отмечено Белогорье)

готовы отправиться только 3,4% опрошенных юношей и 5,8% девушек.

Достопримечательности природы привлекают наших студентов больше всего. Так на Усьвинские столбы мечтают взобраться 33,5% опрошенных, отдохнуть на берегу самого большого озера в крае – Чусовского – 45,2%, побывать в горнолыжном центре в Губахе и покататься по пухляку (свежему снегу) 38,4%.

Туризм – временное перемещение людей с места своего постоянного проживания в другую страну или местность в пределах своей страны для получения удовольствия и отдыха, в оздоровительных, гостевых, познавательных или деловых целях. Недостаточно только описать достопримечательности, удивительные места, необычные природные объекты, необходимо еще и обозначить доступность этих объектов. Любой желающий турист должен четко понимать, где можно будет остановиться на ночлег, если возникает такая необходимость, где можно будет поесть и отдохнуть. Формируя тот или иной маршрут, факторы доступности играют важную роль. В то же время туризм как вид активного отдыха требует ответственности от человека, понимания необходимости бережного отношения к памятникам культуры и достопримечательностям природы.

Возвращаясь к названию статьи практическая значимость моего многолетнего исследования заключается в возможности использовать разработанный материал созданной страницы во ВКонтакте с подробной информацией о достопримечательностях Пермского края, это может привлечь новых туристов в регион и внести ценный вклад в развитие туризма в Пермском крае.

Для решения этой задачи создан аккаунт в социальной сети ВКонтакте, где размещены фотографии удивительных мест Пермского края.

Как только человек попадает на эту страницу, он оценивает ее и принимает решение о подписке. Для привлечения пользователей нужно выставлять красиво обработанные фотографии и писать интересные посты. В *Google Play* есть огромное количество приложений для обработки фотографий от программ для начинающих до профессионалов. Также был вариант использовать компьютер для работы с фотографиями, но удобно использовать телефон. На телефоне есть программы *Face tune* и *Piccard*, они просты в использовании. Все четко и понятно, даже есть режим авторедактирования, который все сделает сам. В *Face tune* можно отредактировать фотографии, а также убрать все недостатки. Это приложение хорошо подойдет для того, чтобы выделить детали, которые хотелось бы подчеркнуть на фотографии. В приложении *Piccard* можно легко редактировать фотографии, выбирать фильтр для них, обрезать и выравнивать их, можно создавать коллажи из различных фотографий [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колегов С.С. Чжао Цяньжу. Урал в исследованиях XVIII века: труды Василия Никитича Татищева // Научный диалог. 2003. № 12(6). С. 390.
2. Светлова И.Г. Из истории туризма на Урале // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 3(46). С. 68–72.
3. Бардукова Е. Впечатляющий бизнес: зачем туристы едут в Прикамье // Звезда, 13 марта, 2024 г. [Электронный ресурс]. *URL*: http:// https://zwezda.su/society/2024/1 (дата обращения 12.03.2024).
4. Новосельская В.В. Место культурного наследия в туристической деятельности региона (Республика Крым) // Культура и цивилизация. 2020. Том 10. № 5А. С. 13-22 [Электронный ресурс]. *URL*: http://publishing-vak.ru›file/archive-culture-2020-5/2- (дата обращения 28.02.2024).
5. Шилов В.В. Березниковско-Усольский историко-культурный комплекс: Формирование, развитие, сохранение. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук. Пермь, 2005. 60 с.
6. Шилов В.В. Индустрия туризма в контексте «Стратегического плана развития города Березники» (на примере историко-культурно-природного наследия Березниковско-

Усольской агропромышленной территории Пермского края) // Проблемы и перспективы развития туризма в Верхнекамье: Сборник статей и материалов международной научно-практической конференции. Березники, 2008. С. 23-47.

7. Аккаунт участницы Лундиной Владиславы в социальной сети Вконтакте: http://vk.com/club225101239.

Поступила 22.03.2024

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Абакумова Екатерина Николаевна** – г. Астрахань, Астраханский государственный технический университет, магистрант 1-го курса направления «Химическая технология переработки нефти и газа».
2. **Александров Марк Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-21д.
3. **Алексеев Данила Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-21д.
4. **Анохин Юрий Михайлович** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, магистрант 2-го курса направления «Технологические машины и оборудование».
5. **Анциферов Сергей Владимирович** – г. Тула, Тульский государственный университет, д-р техн. наук, профессор, и.о. зав. кафедрой механики материалов и геотехнологий.
6. **Аристова Елизавета Алексеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.
7. **Ахметгареев Дамир Амирзянович** – г. Березники, Березниковское отделение ВООП.
8. **Бабкин Павел Михайлович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.
9. **Балдин Денис Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса специальности «Горное дело», гр. РМПИ-20в.
10. **Батуева Анюта Юрьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 2-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-22д.
11. **Бежовская Алена Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 4-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-20д.
12. **Беккер Вячеслав Филиппович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов».
13. **Беккер Надежда Филипповна** – г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет, студентка направления «Востоковедение и африканистика».
14. **Белкин Владимир Викторович –** г. Березники, филиал ПНИПУ, д-р геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых».
15. **Белова Мария Юрьевна** – г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, магистрант 1-го курса направления «Инноватика».
16. **Белоногов Александр Вячеславович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.
17. **Беспалов Виталий Сергеевич** – г. Березники, ПАО «Уралкалий»; филиал ПНИПУ, преподаватель кафедры «Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых».
18. **Бородина Екатерина Константиновна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, старший преподаватель кафедры «Информационные системы и программная инженерия».
19. **Бороздин Данил Петрович** – г. Березники, ГБПОУ «Березниковский политехнический техникум», студент 2-го курса специальности «Информационные системы и программирование».
20. **Боталова Ольга Николаевна** – г. Березники, школа №5, учитель математики, физики; филиал ПНИПУ, преподаватель кафедры «Общенаучные дисциплины».

21. **Брезгина Алена Николаевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, инженер кафедры «Общенаучные дисциплины».

22. **Быков Федор Андреевич** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, аспирант 2-го курса специальности «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

23. **Васенёв Михаил Юрьевич** – г. Йошкар-Ола, Поволжский государственный технологический университет, аспирант.

24. **Вехтева Надежда Андреевна –** г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, младший научный сотрудник управления фундаментальных и прикладных исследований.

25. **Винокуров Вячеслав Олегович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-21д.

26. **Владимирцева Елена Львовна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, д-р техн. наук, профессор кафедры химической технологии волокнистых материалов.

27. **Власкина Екатерина Сергеевна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, магистрант 1-го курса направления «Химическая технология».

28. **Волков Андрей Андреевич** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, младший научный сотрудник управления фундаментальных и прикладных исследований.

29. **Гилева Анастасия Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.

30. **Глухова Оксана Анатольевна** – г. Березники, школа №5, учитель химии, заместитель директора по учебной работе.

31. **Горский Михаил Юрьевич** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, студент 4-го курса направления «Технологии и проектирование текстильных изделий».

32. **Грекова Дана Евгеньевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студентка 4-го курса направления «Информационные системы и программирование».

33. **Гришин Родион Андреевич** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология».

34. **Данилов Владислав Валерьевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, ассистент кафедры «Информационные системы и программная инженерия».

35. **Дедерчук Дмитрий Валерьевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-21д.

36. **Дерябин Николай Михайлович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 2-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-22д.

37. **Дорофеева Ульяна Алексеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.

38. **Егоров Егор Андреевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Информационные системы и технологии».

39. **Елсуков Александр Дмитриевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Строительство», гр. ПГС-20у.

40. **Ерзунов Константин Андреевич** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, младший научный сотрудник.

41. **Ермакова Елизавета Алексеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 1-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-23д.

42. **Желобовский Матвей Сергеевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 2-го курса направления «Программная инженерия».

43. **Журавлев Владимир Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-20у.

44. **Журавлев Николай Михайлович** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, аспирант 1-го курса направления «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

45. **Забавнов Владислав Алексеевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Информатика и вычислительная техника».

46. **Завацкий Семен Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

47. **Зимнуров Анвар Русланович** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, аспирант 2-го курса направления «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

48. **Иванов Константин Дмитриевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

49. **Иванов Лев Михайлович** – г. Березники, МАОУ гимназия №9, учащийся 10-го класса.

50. **Иванов Сергей Вячеславович** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, магистрант 2-го курса направления «Информатика и вычислительная техника».

51. **Иванова Анастасия Руслановна** – г. Березники, ПАО «Уралкалий», филиал ПНИПУ, студентка 6-го курса специальности «Горное дело», гр. РМПИ-18в.

52. **Илларионов Александр Михайлович** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Программная инженерия».

53. **Ильина Валентина Николаевна** – г. Самара, Самарский государственный социально-педагогический университет, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения.

54. **Истратов Вадим Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

55. **Калачев Дмитрий Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-21д.

56. **Калинин Олег Павлович** – г. Березники, МАОУ СОШ №30, учащийся 10-го класса.

57. **Кашин Илья Сергеевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, магистрант 1-го курса направления «Информационные системы и технологии».

58. **Кириллова Светлана Юрьевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы и программная инженерия».

59. **Кирин Юрий Петрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология».

60. **Коваленко Владимир Леонидович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

61. **Козлов Олег Иванович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-21д.

62. **Козлова Ольга Витальевна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, канд. техн. наук, доцент кафедры химической технологии волокнистых материалов.

63. **Колпаков Сергей Денисович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 2-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-22д.

64. **Корчанов Арсений Олегович** – г. Березники, МАОУ гимназия №9, учащийся 10-го класса.

65. **Косвинцев Олег Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология», директор.

66. **Косинов Александр Станиславович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-21д.

67. **Крепышева Ирина Вадимовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Общенаучные дисциплины».

68. **Круглов Владислав Сергеевич** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, студент 4-го курса направления «Информатика и вычислительная техника».

69. **Кудрявцев Максим Александрович** – г. Тула, Тульский государственный университет, аспирант 3-го курса направления «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых».

70. **Кузнецов Станислав Викторович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-21д.

71. **Куимов Константин Васильевич** – г. Березники, МАОУ гимназия №9, учащийся 10-го класса.

72. **Кулагина Наталья Валерьевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, ассистент кафедры «Общенаучные дисциплины».

73. **Куликов Михаил Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. хим. наук, доцент, зав. кафедрой «Химическая технология и экология».

74. **Курочкин Сергей Васильевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы и программная инженерия».

75. **Кучин Юрий Викторович** – г. Березники, Березниковское отделение ВООП.

76. **Лановецкий Сергей Викторович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, д-р техн. наук, профессор кафедры «Химическая технология и экология», декан факультета техники, технологии и управления.

77. **Леонтьев Александр Дмитриевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Информационные системы и технологии».

78. **Лундина Владислава Артемовна** – г. Березники, ГБПОУ «Березниковский политехнический техникум», студентка 2-го курса специальности «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)».

79. **Малеванная Надежда Евгеньевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 1-го курса направления «Химическая технология», гр. ТНВ-23д.

80. **Митюков Николай Витальевич** – г. Ижевск, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, д-р техн. наук, доцент.

81. **Михалева Агата Владимировна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.

82. **Мишуринский Максим Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

83. **Морозов Марк Владимирович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-20д.

84. **Морозова Ольга Владимировна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Химическая технология и экология».

85. **Моховикова Яна Викторовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 3-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-21д.

86. **Назаревич Станислав Анатольевич** – г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, канд. техн. наук, доцент.

87. **Назарова Александра Олеговна** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, младший научный сотрудник управления фундаментальных и прикладных исследований.

88. **Некрасов Дмитрий Иванович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ИОПС-22м.

89. **Никитников Юрий Витальевич** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, студент 4-го курса направления «Информатика и вычислительная техника».

90. **Нисина Ольга Евгеньевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология и экология», зам. директора по науке.

91. **Новиков Дмитрий Анатольевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 2-го курса направления «Информационные системы и технологии».

92. **Новикова Анна Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 1-го курса направления «Химическая технология», гр. ТНВ-23д.

93. **Норина Надежда Владимировна** – г. Березники, Горный институт УрО РАН, ведущий инженер, канд. техн. наук.

94. **Носков Михаил Валерьевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

95. **Одинцова Ольга Ивановна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, д-р. техн. наук, профессор, зав. кафедрой химической технологии волокнистых материалов.

96. **Панина Анастасия Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

97. **Парахин Кирилл Валерьевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Программная инженерия».

98. **Пасько Татьяна Владимировна** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов».

99. **Патутин Кирилл Игоревич** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, младший научный сотрудник управления фундаментальных и прикладных исследований.

100. **Пивоварова Надежда Анатольевна** – г. Астрахань, Астраханский государственный технический университет, д-р техн. наук, зав. кафедрой «Химическая технология нефти и газа».

101. **Пимкина Алена Александровна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студентка 4-го курса направления «Информационные системы и программирование».

102. **Попов Андрей Иванович** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов».

103. **Попов Никита Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 2-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-22д.

104. **Попов Севастьян Дмитриевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-19д.

105. **Пудовкина Ирина Михайловна** – г. Березники, ГБПОУ «Березниковский политехнический техникум», преподаватель.

106. **Пушкарев Максим Андреевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 2-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-22д.

107. **Пушкарева Юлия Денисовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 3-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-21д.

108. **Рогов Станислав Александрович** – г. Самара, Самарский государственный социально-педагогический университет, аспирант.

109. **Россинский Максим Александрович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса специальности «Горное дело», гр. РМПИ-20в.

110. **Руденко Даниил Олегович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Химическая технология», гр. ТНВ-20д.

111. **Румянцев Геннадий Сергеевич** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Программная инженерия».

112. **Русинов Вадим Андреевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.

113. **Садырева Юлия Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, старший преподаватель кафедры «Технология и механизация производств».

114. **Саммаль Андрей Сергеевич** – г. Тула, Тульский государственный университет, д-р техн. наук, профессор.

115. **Свешников Артем Юрьевич** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, младший научный сотрудник управления фундаментальных и прикладных исследований.

116. **Селукова Евгения Вячеславовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 2-го курса направления «Строительство», гр. ПГС-22у.

117. **Сидорович Эдуард Константинович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.

118. **Симанова Нина Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. филос. наук, доцент кафедры «Общенаучные дисциплины».

119. **Ситова Анастасия Андреевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 4-го курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств», гр. АТП-20д.

120. **Снигирева Алина Станиславовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 2-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-22д.

121. **Соотц Юлия Николаевна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология».

122. **Стародубцева Кристина Евгеньевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 1-го курса специальности «Горное дело», гр. РМПИ-23в.

123. **Старых Михаил Владимирович** – г. Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения, преподаватель.

124. **Сторожева Екатерина Витальевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 4-го курса направления «Химическая технология», гр. ТНВ-20д.

125. **Таганова Мария Романовна** – г. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, студентка 3-го курса направления «Технология и проектирование текстильных изделий».

126. **Титов Олег Эдуардович** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студент 4-го курса направления «Информационные системы и технологии».

127. **Трещева Ольга Витальевна** – г. Тула, Тульский государственный университет, аспирант 3-го курса направления «Науки о земле».

128. **Федорчук Иван Николаевич** – г. Тамбов, Тамбовский государственный технический университет, младший научный сотрудник управления фундаментальных и прикладных исследований.

129. **Федосеев Владислав Игоревич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 4-го курса направления «Химическая технология», гр. ТНВ-20д.

130. **Федосеева Кристина Александровна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, ассистент кафедры «Автоматизация технологических процессов».

131. **Хорошева Елена Руслановна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, д-р техн. наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии».

132. **Худяков Семен Григорьевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, магистрант 2-го курса направления «Химическая технология», гр. ПХТ-22м.

133. **Царев Михаил Дмитриевич** – г. Тольятти, Тольяттинский государственный университет, магистрант 2-го курса направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

134. **Цыбулин Давид Юрьевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 2-го курса направления «Информатика и вычислительная техника», гр. ПОВТ-22д.

135. **Черный Сергей Анатольевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых».

136. **Шаклеина Светлана Эдуардовна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Технология и механизация производств».

137. **Шевелев Илья Михайлович** – г. Березники, ПАО «Уралкалий»; филиал ПНИПУ, преподаватель кафедры «Технология и комплексная механизация разработки месторождений полезных ископаемых».

138. **Шерстобитов Артем Алексеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-21д.

139. **Шилов Владимир Викторович** – г. Березники, филиал ПНИПУ, канд. ист. наук, доцент, зав. кафедрой «Общенаучные дисциплины».

140. **Шишканова-Каменских Варвара Алексеевна** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студентка 4-го курса направления «Технологические машины и оборудование», гр. ТМО-20д.

141. **Шумков Алексей Сергеевич** – г. Березники, филиал ПНИПУ, студент 3-го курса направления «Химическая технология», гр. ТНВ-21д.

142. **Юдин Семен Сергеевич** – г. Тула, Тульский государственный университет, аспирант.

143. **Яковлева Евгения Анатольевна** – г. Владимир, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, студентка 4-го курса направления «Информационные системы и технологии».

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

1. Абакумова Е.Н. – 276
2. Александров М.В. – 206
3. Алексеев Д.А. – 115
4. Анохин Ю.М. – 104, 317
5. Анциферов С.В. – 288, 295
6. Аристова Е.А. – 268
7. Ахметгареев Д.А. – 258
8. Бабкин П.М. – 272
9. Балдин Д.А. – 306
10. Батуева А.Ю. – 224, 323
11. Бежовская А.А. – 183
12. Беккер В.Ф. – 123, 139, 162
13. Беккер Н.Ф. – 348, 354
14. Белкин В.В. – 286, 293
15. Белова М.Ю. – 29
16. Белоногов А.В. – 106
17. Беспалов В.С. – 308
18. Бородина Е.К. – 37, 41
19. Бороздин Д.П. – 27
20. Боталова О.Н. – 346
21. Брезгина А.Н. – 326, 329, 333
22. Быков Ф.А. – 254
23. Васенёв М.Ю. – 213
24. Вехтева Н.А. – 54
25. Винокуров В.О. – 118
26. Владимирцева Е.Л. – 254
27. Власкина Е.С. – 251
28. Волков А.А. – 54, 176
29. Гилева А.А. – 266, 272
30. Глухова О.А. – 346
31. Горский М.Ю. – 254
32. Грекова Д.Е. – 61
33. Гришин Р.А. – 261, 264
34. Данилов В.В. – 34
35. Дедерчук Д.В. – 121
36. Дерябин Н.М. – 341
37. Дорофеева У.А. – 281
38. Егоров Е.А. – 41
39. Елсуков А.Д. – 323
40. Ерзунов К.А. – 251
41. Ермакова Е.А. – 338
42. Желобовский М.С. – 49
43. Журавлев В.С. – 180
44. Журавлев Н.М. – 92
45. Забавнов В.А. – 45
46. Завацкий С.А. – 123
47. Зимнуров А.Р. – 261
48. Иванов К.Д. – 129, 134
49. Иванов Л.М. – 187
50. Иванов С.В. – 74, 79

51. Иванова А.Р. – 304, 308
52. Илларионов А.М. – 18
53. Ильина В.Н. – 228
54. Истратов В.С. – 139, 144
55. Калачев Д.К. – 167
56. Калинин О.П. – 202
57. Кашин И.С. – 83
58. Кириллова С.Ю. – 49
59. Кирин Ю.П. – 246
60. Коваленко В.Л. – 171
61. Козлов О.И. – 158
62. Козлова О.В. – 261, 264
63. Колпаков С.Д. – 208
64. Корчанов А.О. – 187
65. Косвинцев О.К. – 266, 269, 272
66. Косинов А.С. – 71
67. Крепышева И.В. – 220, 249
68. Круглов В.С. – 10, 15
69. Кудрявцев М.А. – 288
70. Кузнецов С.В. – 67
71. Куимов К.В. – 204
72. Кулагина Н.В. – 187, 189, 198, 202, 204
73. Куликов М.А. – 216, 218
74. Курочкин С.В. – 85
75. Кучин Ю.В. – 258
76. Лановецкий С.В. – 231, 234, 238, 266, 272
77. Леонтьев А.Д. – 89
78. Лундина В.А. – 356
79. Малеванная Н.Е. – 249
80. Митюков Н.В. – 314, 316
81. Михалева А.В. – 241
82. Мишуринский М.В. – 162
83. Морозов М.В. – 190
84. Морозова О.В. – 284
85. Моховикова Я.В. – 8
86. Назаревич С.А. – 29
87. Назарова А.О. – 10, 15, 176
88. Некрасов Д.И. – 67
89. Никитников Ю.В. – 15
90. Нисина О.Е. – 241, 268, 281
91. Новиков Д.А. – 57
92. Новикова А.А. – 189, 220
93. Норина Н.В. – 258
94. Носков М.В. – 147
95. Одинцова О.И. – 251
96. Панина А.А. – 153
97. Парахин К.В. – 85
98. Пасько Т.В. – 104
99. Патутин К.И. – 10
100. Пивоварова Н.А. – 276
101. Пимкина А.А. – 64
102. Попов А.И. – 317

103. Попов Н.К. – 341
104. Попов С.Д. – 96, 99
105. Пудовкина И.М. – 356
106. Пушкарев М.А. – 326, 329
107. Пушкарева Ю.Д. – 318, 326, 329
108. Рогов С.А. – 228
109. Россинский М.А. – 306
110. Руденко Д.О. – 234
111. Румянцев Г.С. – 22
112. Русинов В.А. – 269
113. Садырева Ю.А. – 180
114. Саммаль А.С. – 300, 311
115. Свешников А.Ю. – 54
116. Селукова Е.В. – 320
117. Сидорович Э.К. – 216
118. Симанова Н.А. – 318, 338
119. Ситова А.А. – 111
120. Снигирева А.С. – 208
121. Соотц Ю.Н. – 251
122. Стародубцева К.Е. – 286, 293
123. Старых М.В. – 300
124. Сторожева Е.В. – 238
125. Таганова М.Р. – 264
126. Титов О.Э. – 37
127. Трещева О.В. – 295
128. Федорчук И.Н. – 176
129. Федосеев В.И. – 231
130. Федосеева К.А. – 8, 67, 71
131. Хорошева Е.Р. – 45, 83
132. Худяков С.Г. – 218
133. Царев М.Д. – 211
134. Цыбулин Д.Ю. – 341
135. Черный С.А. – 304
136. Шаклеина С.Э. – 206, 320, 323
137. Шевелев И.М. – 304, 306
138. Шерстобитов А.А. – 206
139. Шилов В.В. – 326, 333
140. Шишканова-Каменских В.А. – 193, 333
141. Шумков А.С. – 246
142. Юдин С.С. – 311
143. Яковлева Е.А. – 34

Научное издание

МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА В РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
студентов и молодых ученых

Редактор Н.В. Шиляева.
Техн. редактор А.Н. Брезгина

Подписано в печать 08.04.2024. Формат 60x90/8.
Усл. печ. л. 46,4. Тираж: 35 экз. Заказ № 492/2024.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.

Отпечатано в типографии Издательства
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.