

МОЛОДЁЖНЫЙ ВЕСТНИК ИрГТУ

СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ
<http://mvestnik.istu.irk.ru/>

Том 14 № 2 2024



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 2 2024

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 2 2024

Редакционная коллегия

Пешков В.В., д.э.н., профессор, директор Института архитектуры, строительства и дизайна, советник РААСН, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия) – главный редактор

Члены редколлегии:

Большаков А.Г., д.а., профессор, заведующий кафедрой архитектурного проектирования, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Евстафьев С.Н., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и биотехнологии им. В.В. Тутуриной, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Зайдес С.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры материаловедения, сварочных и аддитивных технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Калашников М.П., д.т.н., профессор, декан строительного факультета, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия)

Кикучи М., доктор наук (экология), инженер департамента городского и регионального планирования, Токийская ассоциация парков (г. Токио, Япония)

Кузнецов Н.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой конструирования и стандартизации в машиностроении, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Лобацкая Р.М., д.г.-м.н., профессор, заведующая кафедрой ювелирного дизайна и технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Матвеева М.В., д.э.н., профессор кафедры экспертизы и управления недвижимостью, советник РААСН, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Наумов И.В., д.и.н., профессор кафедры истории и философии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Никаноров А.В., к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Петров А.В., д.т.н., профессор Института информационных технологий и анализа данных, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Пэлжээгийн Отгонбаяр, д.т.н., профессор, профессор Архитектурно-строительной школы, Монгольский университет науки и технологии (г. Улан-Батор, Монголия)

Пахаруков А.А., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой юриспруденции, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Сколубович Ю.Л., д.т.н., профессор, ректор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (г. Новосибирск, Россия)

Струк Е.Н., д.филос.н., заведующая кафедрой социологии и психологии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Фань Фэн, профессор, советник ректора, Харбинский политехнический университет, заместитель исполнительного директора Ассоциации технических университетов России и Китая (г. Харбин, Китай)

Федотов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Харинский А.В., д.и.н., профессор, научный руководитель научно-исследовательской лаборатории археологии, палеоэкологии и систем жизнедеятельности народов Северной Азии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Ходжа Э., профессор геoinформационных систем и моделирования, факультет геологии и горного дела, Политехнический университет Тираны (г. Тирана, Албания)

Чупин В.Р., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства, советник РААСН, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск, Россия)

Яськова Н.Ю., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой инвестиционно-строительного бизнеса, Институт отраслевого менеджмента РАНХиГС (г. Москва, Россия)

В сетевом издании публикуются статьи по техническим, естественным, гуманитарным, социально-экономическим и общественным наукам

Сетевое издание основано в 2011 году
Периодичность издания – 4 раза в год

Сведения о сетевом издании
можно найти на сайте:
<http://mvestnik.pfu/>

Сетевое издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации
Эл № ФС77-84389
от 26 декабря 2022 г.

Сетевое издание имеет свободный
доступ к публикациям;
включено в Научную электронную
библиотеку (eLIBRARY.RU)
для создания Российского индекса
научного цитирования (РИНЦ)

Учредитель Федеральное
государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования «Иркутский
национальный исследовательский
технический университет»
(ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»)

Издатель ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

Адрес учредителя, издателя:
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Адрес редакции:
664074, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 83, ауд. И-022,
e-mail: mvestnik@istu.edu

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 2 2024

Уважаемые читатели!

**Предлагаем вашему вниманию очередной выпуск сетевого издания
«Молодежный вестник ИрГТУ»**

«Молодежный вестник ИрГТУ» – это сетевое издание (выходит 4 раза в год), на страницах которого отражаются основные результаты научно-исследовательских работ ученых, докторантов, аспирантов, студентов вузов и научно-исследовательских институтов не только Восточно-Сибирского региона, но и других регионов России.

Приглашаем вас к активному творческому сотрудничеству по научным направлениям:

- Машиностроение
- Электроника, фотоника, приборостроение и связь
- Информационные технологии и телекоммуникации
- Энергетика и электротехника
- Транспортные системы
- Строительство и архитектура
- Исторические науки
- Философия
- Филология
- Экономика
- Психология
- Педагогика
- Социология
- Право
- Науки о Земле и окружающей среде
- Недропользование и горные науки
- Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Редколлегия

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание
Том 14 № 2 2024

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Вихман И.О.** Возможность интеграции искусственного интеллекта в систему управления энергоносителем электротранспорта 188

ЭЛЕКТРОНИКА, ФОТОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И СВЯЗЬ

- Парамонов О.В., Зотов И.Н.** К вопросу анализа путей развития беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа на основе опыта модернизации и эксплуатации 193

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- Бахвалов С.В., Маланова Т.В., Пигарев М.А.** Разработка модели транспортно-логистической задачи 205
- Виноградов В.В., Донцов Н.О., Гладышева Л.Е.** Виртуальная лабораторная работа «Изучение кинетики гравитационного осаждения» 212
- Людвиг В.П.** Разработка информационной системы для организации предварительных медосмотров в МСЧ ИАПО 218

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

- Волчек Т.В., Рыжкова А.А.** Анализ работы песочных систем локомотива и пути их совершенствования 225
- Галак М.А., Смольянов А.Е., Ларикова А.Э., Яценко С.А.** Оценка работы пассажирского общественного транспорта на примере маршрута в крупном городе 230

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- Будаговская А.Ю.** Влияние цвета и форм в интерьере на психологическое состояние человека 237
- Дзеленко И.В., Толстой М.Ю.** Альтернативные источники энергии для удаленного потребителя 242
- Дорофеева Н.Л., Кадель Д.Е., Горбунова А.П.** Методы оценки степени износа здания 250
- Солпин Н.О., Макотрина Л.В.** Современные методы отведения дождевых стоков 255
- Сухова Т.Ю., Захарчук М.Г.** Принципы модернизации и реконструкции лечебно-профилактических учреждений здравоохранения 263
- Чайковский С.М., Яценко В.П.** Создание BIM-модели в системе Renga и перенос ее в программный комплекс SCAD 269

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Нагиева Л.А., Горощенкова О.А.** Основные концепции исторического развития 276

ФИЛОЛОГИЯ

- Амракулова А.А., Елашкина Н.В.** Происхождение иностранных заимствований, используемых в научно-технических терминах русского языка 282
- Галич И.А., Савватеева И.А.** Лингвосемиотика визуальной метафоры в современных языках программирования и инфокоммуникационных технологиях 288

ЭКОНОМИКА

- Добышева Т.В., Пуляевская Л.С.** Управление человеческими ресурсами и их вклад в успех компании **293**
- Кушнарева П.Д., Корепина Н.А.** Российская и западная системы подбора персонала *(англ.)* **298**

ПСИХОЛОГИЯ

- Молокова Л.В., Молоков В.С.** К вопросу о памяти как инструменте для овладения новыми знаниями и навыками **303**

ПЕДАГОГИКА

- Бернгард В.А., Рыбина Л.Д., Койпышева Е.А., Артемьева М.А.** Координационные способности у студентов вуза в их будущей профессиональной деятельности **310**
- Букреев Е.Д., Апончук И.И.** Современные дети и их родители **316**
- Малыхин А.В., Корчагин В.П.** Особенности подготовки, участие в соревнованиях сборной команды России по лыжным гонкам в период санкций **321**

ПРАВО

- Шахов Т.В., Андреев Д.А., Боровченко К.Р., Гусева И.А.** Международный опыт в области правового регулирования создания и использования искусственного интеллекта и смежных технологий **328**

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГОРНЫЕ НАУКИ

- Перелыгин И.В., Болотнев А.Ю.** Исследование прочностных свойств бетонной шахтной крепи при растеплении массива горных пород **334**

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

- Бельский С.С., Крюков А.Н.** Оборудование «сухой» очистки газов алюминиевого производства **338**
- Иванова М.А., Белозерова О.В., Подкорытов А.А.** Разработка программы ЭВМ для химиков-аналитиков: новый уровень эффективности **346**
- Кокова О.В., Кузьмина М.Ю.** Основные компоненты электролитов алюминиевой ванны **353**
- Немчинова Н.В., Зобнин Н.Н., Тютрин А.А., Ильин А.А., Жидков К.И., Ломтиков Г.А.** Технологический процесс выплавки технического кремния **364**

Возможность интеграции искусственного интеллекта в систему управления энергоносителем электротранспорта

© И.О. Вихман

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация. Настоящая статья нацелена на анализ возможностей применения технологии искусственного интеллекта для оптимизации системы управления энергоносителем электротранспорта. Стремительный рост и насыщенность рынка электромобилями привел к возникновению настоящей потребности в поиске и разработке способа, позволяющего оптимизировать расход ресурса аккумулятора, устанавливаемого на электромобилях. Кроме этого, в работе обращается внимание на потребности снижения затрат по утилизации отработанных аккумуляторов, а также созданию условий эксплуатации, которые позволяют применить технологии для восстановления возможного для каждой аккумуляторной батареи процента от изначального ресурса первоначального состояния. Автором предполагается, что технология искусственного интеллекта способна выступить одним из ключевых решений по повышению энергоэффективности электромобилей в части сбора данных и корректировки условий эксплуатации аккумуляторной батареи. Последнее, в свою очередь, позволит увеличить ресурс батареи, снизить стоимость поездки на электротранспорте, а также положительно сказаться на количестве отходов электротранспортной отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, управление аккумуляторной батареей, машинное обучение, нейронная сеть, эффективность энергетической системы

Possibility of integrating artificial intelligence into the electric transport energy management system

© Ilya O. Vikhman

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract. This article is aimed at analyzing the possibilities of using artificial intelligence technology to optimize the energy management system of electric transport. The rapid growth and saturation of the market with electric vehicles has led to an urgent need to find and develop a method that allows optimizing the resource consumption of the battery installed on electric vehicles. In addition, the work draws attention to the need to reduce the costs of recycling used batteries, as well as to create operating conditions that allow the use of technologies to restore the possible percentage of the original resource of the original state for each battery. The author assumes that artificial intelligence technology can be one of the key solutions to improve the energy efficiency of electric vehicles in terms of collecting data and adjusting the operating conditions of the battery. The latter, in turn, will increase the battery life, reduce the cost of traveling on electric transport, and also have a positive impact on the amount of waste from the electric transport industry.

Keywords: artificial intelligence, battery management, electric vehicle, machine learning, neural network, energy system efficiency

Введение

Анализ доступных зарубежных источников показал, что за последние годы наблюдается ярко выраженная тенденция стремительного перехода с бензиново-дизельного парка легкового транспорта на электрические транспортные средства [1]. Мировые продажи электромобилей, по версии журнала Forbes Russia, составили около 9,5 млн единиц и 4,1 млн гибридных электромобилей. В настоящее время наблюдается увеличение количества продаж, что в очередной раз актуализирует

вопросы утилизации, энергоэффективности эксплуатации, а также стоимости владения электротранспортом [2]. К одним из мотивационных эффектов перехода на электромобили можно отнести низкую стоимость обслуживания и электроэнергии по сравнению с традиционными автомобилями на основе двигателей внутреннего сгорания. По мнению коллектива авторов статьи «Обзор электромобилей: технологии и вызовы», электромобиль «обеспечивает доступ в городские районы, куда не допускаются другие автомобили с двигателем

внутреннего сгорания (например, в зоны с низким уровнем выбросов). Электромобили не страдают от таких же ограничений движения в крупных городах, особенно в периоды высокого уровня загрязнения» [3]. Авторами проведен сравнительный анализ экономии затрат на километр пути, предлагаемой транспортными средствами, работающими на бензине, этаноле (E85), гибридном двигателе, дизельном топливе, биодизельном топливе, сжиженном нефтяном газе (СНГ), транспортном средстве, работающем на природном газе (ПГВ) и электричестве (рис. 1).

Все электромобили, исключая не требующиеся для движения системы, условно, состоят из шести узлов: аккумуляторный блок, система управления аккумуляторной батареей, контроллер заряда, система управления электродвигателем, сам электродвигатель и система охлаждения. Таким образом, ставя целью оптимизировать энергопотребление системы «аккумулятор-электропривод», целевое решение может быть направлено на большую часть рынка современного электротранспорта с электрическим аккумулярующим источником питания. Основным решением, предлагаемым в области энергоэффективности, является внедрение дополнительного нейронного модуля в систему управления батареей, адаптивность и возможность обобщения которых в общую сеть для сбора статистики и корректировки условий эксплуатации аккумуляторной батареи позволит увеличить ресурс последней, стоимость поездки на электротранспорте, а также положительно сказаться на количестве отходов электротранспортной отрасли.

В качестве материала для настоящего исследования было принято решение обратиться к широкому контексту научных трудов зарубежных авторов. Для изучения наличного контекста полученных результатов исследований были применены методы анализа и сравнения. Ключевым методом исследования выступает технология искусственного интеллекта, а именно нейронные сети.

Искусственный интеллект и электротранспорт

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) все больше охватывают самые различные отрасли, не осталась в стороне и транспортная сфера. Анализируя современные тенденции развития областей применения ИИ, а также технологий, позволяющих интегрировать нейронные сопроцессоры в портативные, движимые и полустационарные устройства, открываются возможности для поиска направлений, где вопросы экономии и более эффективного расхода электроэнергии являются приоритетными, сохраняя наибольшую значимость в современной реальности. Анализ зарубежных источников показал, что в научном дискурсе накоплен ряд исследований, в которых описываются как различные алгоритмы ИИ применяются к интеграционным процессам энерготранспортных средств и систем. В частности, к прикладному потенциалу искусственного интеллекта исследователи обращаются при решении проблем подключения электромобилей к электросетям [4], при оценке «интеграции электромобилей в инфраструктуру энергетических систем по мере перехода к декарбонизированному и цифро-

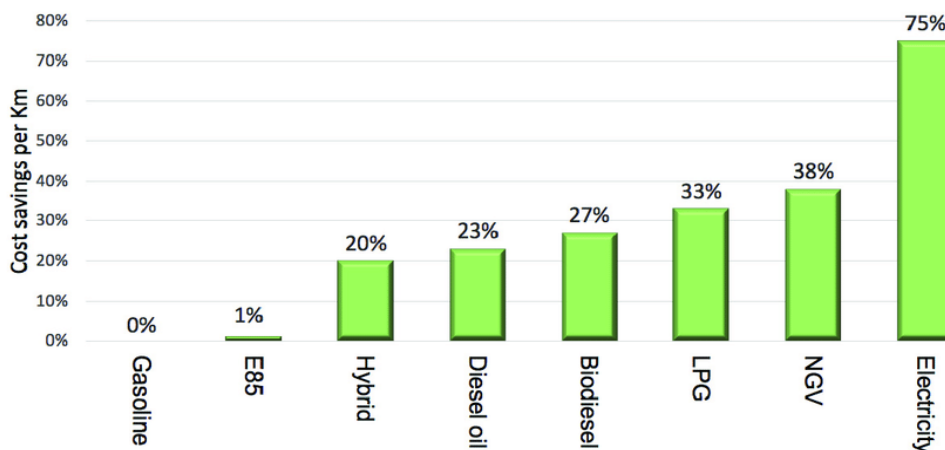


Рис. 1. Сравнение экономии затрат на километр пути, предлагаемой транспортными средствами, работающими на разных источниках энергии

вому будущему» [5], при анализе управления зарядкой электромобилей [6], при разработке интеллектуальных транспортных систем, изучая ситуацию при которой «электромобили дополняют энергосистему возможностью хранить энергию в одних точках сети и отдавать ее в других и, таким образом, помогают оптимизировать использование энергии из прерывистых возобновляемых источников энергии и позволяют пользователям заправлять свои автомобили различными способами локации». Достоинствами технологии ИИ выступают ее высокая обучаемость в процессе эксплуатации, возможность объединения в единую сеть для получения, передачи и обработки данных [7]. Это, в свою очередь, предоставляет возможность разрабатывать/корректировать алгоритмы функционирования, опираясь на условия эксплуатации как всего электромобиля, так и отдельных его узлов, принимающих участие в расходе, регенерации и обработке поступающей для заряда электроэнергии.

В рамках настоящей статьи сосредоточим наше внимание на системе управления батарей (BMS) электромобиля, ее развитии, применении адаптивных технологий для соблюдения необходимого режима эксплуатации батарей, а также области, где внедрение ИИ положительно скажется как на эксплуатационных характеристиках электротранспорта, так и на потенциальной экономии, связанной с переработкой литиевых источников питания опираясь на современные научные исследования данной области. Система управления батарей (BMS) электромобиля, представляю-

щая собой «мозг» аккумулятора и отвечающая за ее контроль, решает ключевую задачу отслеживать, оценивать и балансировать элементы аккумуляторной батареи.

По мнению А. Харипрасада, система управления батареями необходима по следующим причинам:

- поддержание безопасности и надежности аккумулятора;
- мониторинг и оценка состояния аккумулятора;
- для контроля состояния заряда;
- для балансировки ячеек и контроля рабочей температуры [8].

Типовая блок-схема BMS представлена на рис. 2.

Вопросами применения ИИ для моделирования и симуляции BMS занимались Р. Бхови и др. [9], проектирования BMS на основе сети с балансировкой ячеек, управляемой ARM можно зафиксировать в трудах С. Найкване [10], где решались задачи проектирования трехуровневой системы BMS.

В рамках настоящего исследования хотелось бы также отметить достижения японских исследователей, которые поставили во главу угла задачи изучения химической регенерации ресурса аккумуляторных батарей [11]. На данный момент сложилась следующая ситуация: регенерации подлежат батареи, которые подверглись разрядке определенным образом и это возможно частично реализовать, опираясь на симбиотическую работу пользователя, искусственного интеллекта и систем электротранспорта. Считаем, что регенерация как минимум 30 % ресурса батареи в расчете на парк

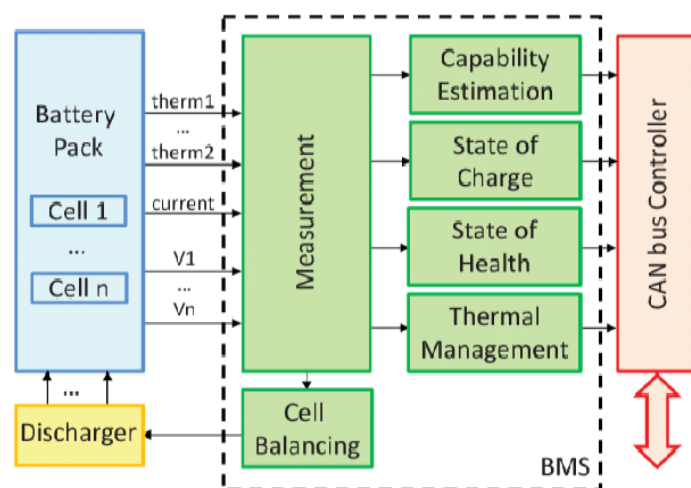


Рис. 2. Блок-схема BMS

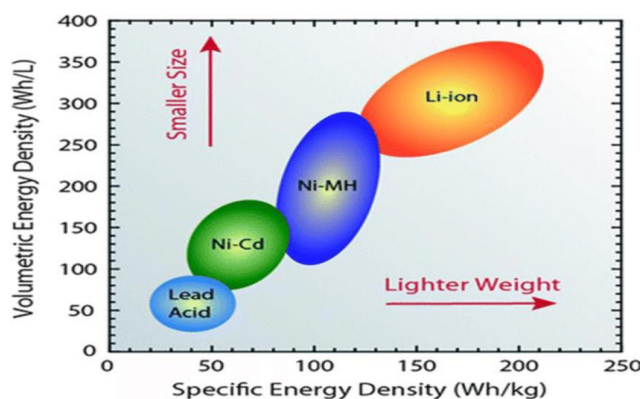


Рис. 3. Коммерческая эволюция аккумуляторных батарей к более высокой плотности

автомобилей теоретической службы оказания пассажирских перевозок скажется как на стоимости одной поездки, так и на расходах компании, оказывающей их.

Отдельный интерес представляет опыт разработки BMS для оптимизации оптимального управления питанием с использованием программного обеспечения MATLAB/SIMULINK, опубликованный коллективом авторов из Университета Кебангсаан (Малайзия). Рис. 3 презентует «коммерческую эволюцию перезаряжаемых батарей для более высокой плотности» [11].

Анализ открытых источников показал, что несмотря на значительное количество исследований BMS, по-прежнему, вне фокуса интересов исследователей находится вопросы изучения согласованной, взаимосвязанной работы аккумулятора и потребителя электроэнергии. При этом обязательным условием выступает ограничение расхода за счет ориентации на желаемый ресурс аккумулятора. Видится, что повышенная плотность энергии современных батарей вкупе с адаптивной системой расхода ее ресурса, управляемой технологией ИИ, имеет весьма серьезную перспективу стать новым шагом на пути осознанного потребления. Таким образом, ключевым направлением дальнейших наших шагов видится следующее. Проанализировать и классифицировать полученные результаты наработки аккумулятор-

ных батарей, собирая их в единую базу. Подобный шаг, на наш взгляд, позволит в дальнейшем осуществлять ряд различных экономических и поведенческих аналитик, получать реальные данные для изменения законов и финансовых аспектов для владельцев электромобилей.

Заключение

Современные решения позволяют взглянуть на постоянные потребности с нового ракурса, используя перспективные технологии для реализации задуманного. Искусственный интеллект как сквозная технология значительно упрощает взаимодействие с технологическими узлами устройств. При этом ключевой задачей выступает ряд шагов: создание специальных нейросетей и последующее их обучение, а также погружение в его применение пользователей. Это связано с тем, что неготовность и опасение применять новые технологии, к сожалению, сильно тормозят общество на пути к экологически чистой и экономически позитивной жизни на ограниченной в ресурсах планете. За последнее время было создано множество прорывных технологий, применено и переосмыслено большое количество изобретений прошлого для улучшения качества жизни в настоящем и будущем. И наша задача как исследователей, двигать прогресс, оперируя знаниями наших предшественников.

Список источников

1. Hua Weiqi., Mullen D., Wahid A., Sitabkhan Kh., Mason K. An Overview of Artificial Intelligence for Electric Vehicle Energy Systems Integration. P. 178–186. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50485-3_17.
2. Li Sichen, Hu Weihao, Cao Di, Dragicevic T., Huang Qi, Chen Zhe [et al]. Electric Vehicle Charging Management Based on Deep Reinforcement Learning // Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. <https://doi.org/10.719-730.10.35833/MPCE.2020.000460>.

3. Sanguesa J., Torres V., Garrido P., Martinez F., Marquez-Barja J. A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges // Smart Cities. № 4. P. 372–404. <http://dx.doi.org/10.3390/smartcities4010022>.
4. Zadeh P.T., Joudaki M., Ansari A. A Survey on Deep Learning Applications for Electric Vehicles in Micro Grids // 5th International Conference on Internet of Things and Applications (IoT) (Isfahan, 19–20 may 2021). Isfahan, 2021. P. 1–6. <https://doi.org/10.1109/IoT52625.2021.9469715>.
5. Abdullah H.M., Gastli A., Ben-Brahim L. Reinforcement learning based EV charging management systems-a review // IEEE Access. Vol. 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3064354>.
6. Rigas E.S., Ramchurn S.D., Bassiliades N. Managing Electric Vehicles in the Smart Grid Using Artificial Intelligence: A Survey // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Vol. 16. № 4. P. 1619–1635. <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2376873>.
7. Hariprasad A., Priyanka I., Sandeep R., Ravi O. Battery Management System in Electric Vehicles. International Journal of Engineering Research and Technology. Vol. 9. <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS050458>.
8. Bhovi R., Ranjith C., Sachin M., Kariyappa Bs. Modeling and Simulation of Battery Management System (BMS) for Electric Vehicles // Journal of University of Shanghai for Science and Technology. Vol. 23. P. 805–815. <http://dx.doi.org/10.51201/JUSST/21/05347>.
9. Naikwade S., Rajiv B.H. Design of ARM Controlled Cell Balancing Network-based Battery Management System for Electrical Vehicle: Proceedings of the 2nd Indian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Warangal (Telangana, 16–18 August 2022). Telangana, 2022. P. 1910–1921.
10. Nobuhiro Ogihara, Katsuhiko Nagaya, Hiroyuki Yamaguchi, Yasuhito Kondo, Yuka Yamada, Takahiro Horiba. Direct capacity regeneration for spent Li-ion batteries // Joule. 2024. № 8. P. 1364–1379. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2024.02.010>.
11. Salehen P.M.W., Su'ait M., Razali H., Sopian K. Development of battery management systems (BMS) for electric vehicles (EVs) in Malaysia. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20179001001>.

Информация об авторе / Information about the Author

Вихман Илья Олегович,
аспирант,
Новосибирский государственный
технический университет,
630073, г. Новосибирск, Карла Маркса пр-т, 20,
Российская Федерация
v.vikhman@yandex.ru

Ilya O. Vikhman,
Graduate Student,
Novosibirsk State Technical University,
Karl Marks Ave. 20, Novosibirsk 630073,
Russian Federation
v.vikhman@yandex.ru

К вопросу анализа путей развития беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа на основе опыта модернизации и эксплуатации

© О.В. Парамонов, И.Н. Зотов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Работа посвящена анализу путей развития беспилотного летательного аппарата мультироторного типа на основе опыта модернизации и эксплуатации. В статье рассмотрен ряд коммерческих предложений, выделены их достоинства и недостатки. Описаны возможности дальнейшего улучшения бортового оборудования. Изучена потенциальность внедрения бортового компаньона (одноплатного компьютера), как наиболее перспективное решение в системе Ardupilot для исследовательских работ в области усовершенствования функций автопилота. Дана информация о возможных способах решения проблем, связанных с эксплуатацией самолета вертикального взлета VOIJET X8 VTOL. В данной статье проанализированы коммерческие предложения для модели беспилотного летательного аппарата мультироторного типа и выявлены основные проблемы, с которыми сталкиваются операторы таких систем. Представлены решения по возможной модернизации беспилотного летательного аппарата мультироторного типа, которые позволили бы повысить функциональность и эффективность в эксплуатации. Описаны особенности применения беспилотного летательного аппарата мультироторного типа в различных условиях, а также возможности дальнейшего развития этой технологии. Исследование может быть полезным для специалистов в области авиационной техники и разработки беспилотных систем, а также для операторов беспилотного летательного аппарата мультироторного типа. Выполнен анализ на основе зарубежного опыта.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, беспилотная авиационная система, винтомоторная группа, Heads-Up Display

On analyse the development paths for multi-rotor unmanned aerial vehicles based on the experience of modernization and operation

© Oleg V. Paramonov, Igor N. Zotov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the analysis of the development paths of a multi-rotor unmanned aerial vehicle based on the experience of modernization and operation. The article examines a number of commercial proposals, highlighting their advantages and disadvantages. The article describes the possibilities for further improvement of on-board equipment, and examines the potential for introducing an on-board companion (single board computer) as the most promising solution in the Ardupilot system for research work in the field of improving autopilot functions. It provides information on possible ways to solve problems associated with the operation of the VOIJET X8 VTOL vertical take-off aircraft. The article analyzes commercial proposals for a multi-rotor unmanned aerial vehicle model and identifies the main problems faced by operators of such systems. The article presents solutions for the possible modernization of a multi-rotor unmanned aerial vehicle, which would improve functionality and operational efficiency. The article describes the features of using a multi-rotor unmanned aerial vehicle in various conditions, as well as the possibilities for further development of this technology. The study may be useful for specialists in the field of aviation technology and development of unmanned systems, as well as for operators of multi-rotor unmanned aerial vehicles. An analysis was performed based on foreign experience.

Keywords: unmanned aerial vehicle, unmanned aerial system, propeller group, Heads-Up Display

Введение

В современном мире идет активное формирование рынка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) всех типов. Особенно среди них выделяется мультироторный тип, отличающийся универсальностью и большим потенциалом. Характерной особенностью данного вида является минимальная механизация.

На сегодня мировым лидером производства беспилотников является Израиль. Около 80 % созданных в этой стране БПЛА идут на экспорт во множество стран, в том числе и в Российскую Федерацию [1].

Основные сферы применения БПЛА на сегодня – логистика и производство, строительство, сельское хозяйство, электроэнергетика,

нефтегазовый сектор, экологический мониторинг, военное дело, безопасность.

Сейчас возможности дронов многократно выросли. На примере различного сочетания бортового оборудования и системы видеопередачи и сканирования дроны могут создавать 3D-модели объектов в таких программах, как Agisoft Metashape Professional и OpenDroneMap¹.

По функциональному применению все БПЛА целесообразно разделить на две группы: аппараты для научных и для прикладных целей. В свою очередь, беспилотники обеих групп могут иметь гражданское или военное применение.

Важнейшие направления развития БПЛА:

1. Улучшение аэродинамических характеристик и применение более эффективных двигателей с целью обеспечения увеличения:

- дальности полета;
- продолжительности полета;
- высоты полета;
- скорости в полете;
- взлетной массы и полезной нагрузки.

2. Обеспечение малозаметности и создание БПЛА-невидимок, путем применения специальных композитных материалов.

3. Снижение шума БПЛА в полете в основном за счет совершенствования двигателей.

4. Совершенствование оборудования для наблюдения, мониторинга, разведки, создание новейших систем программного обеспечения и высокого уровня стабилизации при выполнении разведывательных задач.

5. Использование новейших систем обнару-

жения противника на местности и средств передачи информации наземным средствам поражения.

6. Усовершенствование систем установки и пуска боеприпасов на БПЛА, разработка новых систем наведения боеприпасов на цель (ракеты, бомбы, снаряды и др.) с повышением точности и дальности полета.

7. Создание БПЛА с искусственным интеллектом, а также способных уничтожать БПЛА противника [2].

Применение БПЛА в МЧС и Гидрометцентре

Если рассмотреть области применения дронов для МЧС, то данный сегмент рынка требует создания российских систем БПЛА. Прежде всего потребность связана с защитой населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (предупреждение, оповещение и подготовка населения в области защиты, спасание и поиск, ликвидация чрезвычайных ситуаций). Используемые классификации БПЛА, как правило, основываются на следующих признаках: предназначение, глубина применения, кратность применения, взлетная масса, конструктивная схема, летно-технические характеристики, способ управления, тип силовой установки, способ взлета и посадки [3].

Карта сценариев применения беспилотных авиационных систем (БАС) представлена на рис. 1. Как видно из рис. 1, на сегодняшний день отрасль готова к выстраиванию рабочих инфраструктур на основе опыта применения БАС.

Рынки / Сценарии применения	Транспортировка	Мониторинг	Распыление	Прочее
Медицина	Доставка анализов, медикаменты	Мониторинг температуры	Дезинфекция	
Пожарная служба	Доставка грузов, инструмента	Мониторинг объектов, команды ЧС, поиск	Ликвидация аварий	Ретрансляция сотовой связи
Горные спасатели	Доставка заряда для профилактики лавин	Мониторинг объектов, поиск		Ретрансляция сотовой связи
Спасение на воде	Доставка средств спасения, связи	Мониторинг объектов, поиск		Ретрансляция сотовой связи
Общественная безопасность	Доставка грузов	Мониторинг маршрутов, объектов логистики		Ретрансляция / глушение связи, сирена
Радиационная защита	Доставка проб	Картографирование, мониторинг зоны ЧС	Радиационно-химические работы	

Рис. 1. Области применения беспилотной авиационной системы в России²

¹ Сравнительный анализ Agisoft Metashape Pro и OpenDroneMap // Habr.com. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/692828/> (дата обращения: 12.09.2022).

² Жуков С.А. Тенденции применения БАС в чрезвычайных ситуациях // Перспективы развития рынка беспилотных авиационных систем для целей поиска и спасания. Режим доступа: https://us02web.zoom.us/rec/play/k4woaDHsejb8oIrsOvn2nMd3pdbf6eTyQuIMJBd4ynTK-MFyTOVPz5nA8-ATLs8G_Q03Tfb185LwG2m.AwQAABm4Xdn9xnGn?continueMode=true&x_zm_rtaid=B6jgeftyS9yAfopW-Nazig.1667484421886.76e7b75945aa0e82509625fd00cd8e71&x_zm_rhtaid=907 (дата обращения: 20.01.2024).



Рис. 2. Пожарный дрон SK-XF07³

В качестве примера можно привести дрон для пожаротушения Sk-XF07 (рис. 2).

Российский беспилотный летательный аппарат «Ворон-700» может применяться для выполнения различных задач, в т. ч. осуществлять тушение пожаров. БПЛА обеспечивает возможность размещения на борту специальных устройств, например, противопожарных «бомб» и оборудования для порошкового тушения⁴.

Российский БПЛА сходен по применяемым средствам пожаротушения с китайским, но имеет несколько большие возможности при тушении небольших возгораний в труднодоступных местах, где невозможно применение другой пожарной техники [4].

Данный вид мультироторных систем показал свою эффективность при ликвидации пожаров в высотных зданиях города.

Как очень перспективный рынок применения БАС можно считать направление гидрометеорологии и мониторинг окружающей среды.

Особенно актуально использование беспилотников в труднодоступных районах, где

немногочисленные метеорологические и аэрологические станции располагаются на большом расстоянии друг от друга. Именно такая проблема существует сейчас в Арктике: точность прогноза погоды здесь оказывается существенно ниже, чем в средних широтах.

Набирающее темп освоение Арктики требует повышения надежности прогнозов таких неблагоприятных и опасных погодных явлений, как штормовое волнение, порывистость ветра, облачность, оледенение, осадки⁵.

Гибридные БПЛА сочетают в себе преимущества мультироторных и БПЛА с фиксированным крылом. Они могут быстро переходить с вертикального взлета на горизонтальный полет и обратно, что делает их универсальными и эффективными в различных условиях. Гибридные БПЛА используются как в гражданской авиации, так и в военных операциях. Они могут выполнять задачи разведки, мониторинга территорий, доставки грузов и многое другое [5].

Как пример гибридного БПЛА можно привести беспилотный аппарат «Цимлянин» (рис. 3).



Рис. 3. Беспилотный аппарат с вертикальным взлетом «Цимлянин»⁶

³ Мультироторный БПЛА/дрон // Digital Eagle. Режим доступа: <https://www.aieagleuav.com/ru/products-detail-273339> (дата обращения: 17.01.2024).

⁴ Ворон 333. Технические характеристики // Avia.pro. Режим доступа: <https://avia.pro/blog/voron-333-tehnicheskie-harakteristiki-foto?ysclid=lq3xprjd0jo325899801> (дата обращения: 17.01.2024).

⁵ Гибридный БПЛА «Цимлянин» будет исследовать пограничный слой атмосферы в Арктике // Авиация России. Режим доступа: <https://aviation21.ru/gibridnyj-bpla-cimlyanin-budet-issledovat-pogranichnyj-sloj-atmosfery-v-arktike/> (дата обращения: 17.01.2022).

⁶ Создан БПЛА «Цимлянин» для исследования пограничного слоя атмосферы в Арктике // Сделано у нас. Режим доступа: <https://sdelanounas.ru/blogs/145312/?ysclid=ipoz47tfla447249945> (дата обращения: 20.01.2024).

Авторы статьи «Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полета беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала» А.А. Горбунов и А.Ф. Фалимов приходят к выводу, что игнорирование метеорологических факторов может привести, в лучшем случае, к неэффективному применению летательных аппаратов, в худшем к его потере.

БПЛА строго ограничен в применении. На малых высотах – пограничным слоем, на больших высотах – силой ветра, температурой и влажностью. Данные ограничения уменьшают высоту применения БПЛА, задавая воздушный коридор по высоте (рис. 4) [6].

При конструкционном анализе самолета вертикального взлета типа VTOL можно выделить четыре винтомоторные группы и один маршевый мотор. При наборе высоты в режиме БПЛА «Квадрокоптер» (задействованы четыре винтомоторные группы) используются все четыре вертикальных двигателя, однако по достижении заданной высоты включается маршевый двигатель. При полете в самолетном режиме БПЛА (в ручном или по полет-

ному заданию) вертикальные винтомоторные группы не используются.

Данная логика полета и перехода из режима «квадрокоптер» в «самолетный» характерна для первого поколения VTOL.

Существенным недостатком данной логики полета являются незадействованные вертикальные моторы во время полета в самолетном режиме.

Основные характеристики первого поколения VTOL и их возможности

На данный момент основные задачи первого поколения VTOL это аэрофотосъемка местности. Это комплекс работ, включающий различные от фотографирования земной поверхности с летящего самолета до получения аэрофотоснимков, фотосхем или фотопланов снятой местности. Все аэрофотосъемочные материалы используются для решения целого ряда вопросов в области лесной промышленности и хозяйства [7].

К первому поколению VTOL можно отнести самолет с вертикальным взлетом VolJet VTOL X8 (рис. 5).

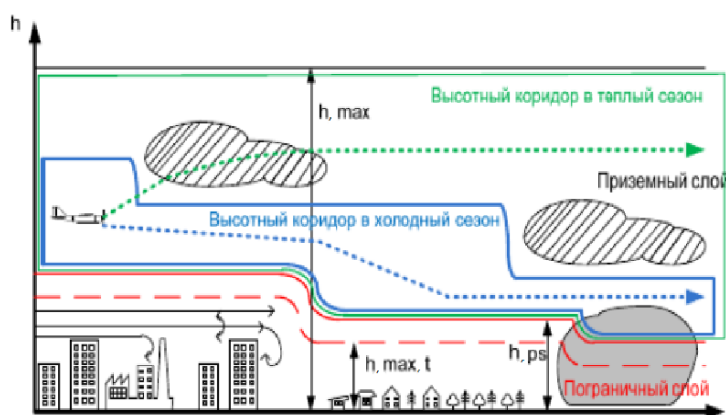


Рис. 4. Схема воздушного коридора беспилотного летательного аппарата в зависимости от времени года



Рис. 5. Самолет с вертикальным взлетом VolJet VTOL X8⁷

⁷ Самолет с вертикальным взлетом VolJet VTOL X8 (снят с производства) // Vol Jet. Режим доступа: <https://voljet.ru/katalog/gotovyye-apparatyi/samoletyi/voljet-vtol-x8-geo.html?ysclid=lp0z3826am269682491> (дата обращения: 21.01.2024).

Корпус изготовлен из пенополистирола, соединительные конструкционные элементы (нервюры, соединительные трубки, подвес для камеры, крепежные балки для моторов выполнены из карбона 3K). Управляется самолет с помощью элевонов.

Характеристики самолета с вертикальным взлетом VolJet VTOL X8 представлены в табл. 1.

В таблице стоит обратить внимание на скорость ветра в 10 м/с. Из опыта ремонта/эксплуатации данного самолета можно сделать вывод, что высокая скорость ветра и погрешности в GPS делают точку посадки в радиусе 10 м от заданной точки в программе.

Эту проблему возможно решить трехлопастными винтами для вертикальной винтомоторной группы, что позволит уменьшить зависимость от скорости ветра. Так же стоит заменить GPS на более совершенную серию дифференциальных высокоточных систем

GNSS-позиционирования. Например, GNSS система Holybro H-RTK F9P Rover lite.

Эта система обеспечивает многодиапазонную RTK с быстрым временным откликом и надежной работой, одновременный прием сигналов GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, а также высокую скорость обновления данных для высокодинамичных и объемных приложений с сантиметровой точностью⁸.

С дроном RTK (Real Time Kinematic – метод спутникового позиционирования) геодезисты и другие пилоты промышленных беспилотников могут рассчитывать на сантиметровую точность позиционирования при каждом полете. RTK представляет собой более точную систему по сравнению со спутниковыми данными и может помочь получить точную информацию, необходимую для выполнения работы [8].

Конфигурация основного бортового оборудования представлена в табл. 2.

Таблица 1. Характеристики самолета с вертикальным взлетом

Характеристики		Значение
Основные	Вес без полезной нагрузки	5,7 кг
	Время полета	до 90 мин
	Скорость полета	55–75 км/ч
	Максимальная дальность полета	до 90 км
	Максимальная масса дополнительной полезной нагрузки	до 1 кг
	Скорость ветра, не более	10 м/с
	Высота полета	до 1500 м
	Температура воздуха для стабильной работы	-20...+40 °С
	Средняя площадь облета в режиме съемки	до 700 га
Габариты	Размах крыльев	2400–2600 мм
	Длина	790 мм
	Площадь крыльев	88 дм ²
Дополнительные	Дальность связи с наземной станцией (опция)	до 40 км
	Дальность видеопередачи (опция, в прямой видимости)	15–30 км
	Используемые камеры	Sony A6000, Sony RX1 (опция)

Таблица 2. Основное бортовое оборудование

Наименование	Модель
Контроллер	Pixhawk 2.1 HEX
GPS	GPS HEX Here
Двигатель	Dualsky XM4255EA V3-520KV
Регулятор двигателя	Hobbywing FlyFun V5 80A
Пропеллер ходовой	Falcon 14×72
Двигатель вертикальный	T-Motor 4014
Пропеллеры вертикальные	Falcon 17×5,8
Аккумулятор ходовой	VoiJet Li-Po 6S 16000mAh–28000 mAh
Трубка несущая передняя	10×8×530 мм (2 шт.)
Трубка несущая задняя	10×8×780 мм (2 шт.)

⁸ GNSS система Holybro H-RTK F9P Rover lite // RCcopter.ru. Режим доступа: <https://rccopter.ru/product/gnss-sistema-holybro-h-rtk-m8p-rover-lite> (дата обращения: 22.01.2024).

При анализе бортового оборудования стоит выделить полетный контроллер типа Pixhawk, который благодаря пакету программного обеспечения Ardupilot обладает очень большим исследовательским потенциалом. Связка бортового компьютера типа Rock Pi/Raspberry Pi и полетного контроллера может решить нехватку некоторых функций автопилота при полете по полетному заданию.

Возможности даже такой гибкой и настраиваемой системы как ArduPilot ограничены. Ограниченные действия в режиме FailSafe возможны только при возникновении внештатных ситуаций во время полетного задания (рис. 6).

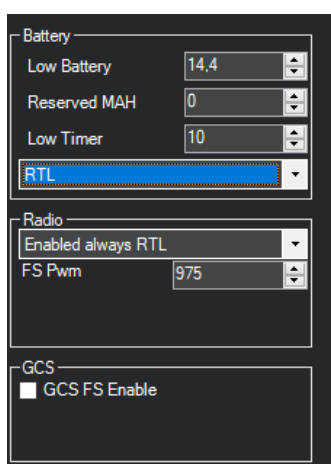


Рис. 6. Режим FailSafe в программе Mission Planner

Связка бортового компьютера и контроллера позволит решить проблему многих не-

штатных ситуаций. Например, нехватка батареи на завершение полетного задания. Расчет времени прибытия и расхода батареи и много другого. При этом часть функций контроллера берет на себя бортовой компьютер.

Автопилот плюс

Совсем недавно на рынке появились первые коммерческие прототипы подобного решения, основанные на Raspberry Pi (рис. 7).



Рис. 7. Полетный контроллер Holybro Pixhawk 6X + RPi CM4 base + PM03D + Raspberry Pi 4⁹

Некоммерческий вариант использования системы бортовой компьютер и Pixhawk 6C для БПЛА мультироторного типа (рис. 8).

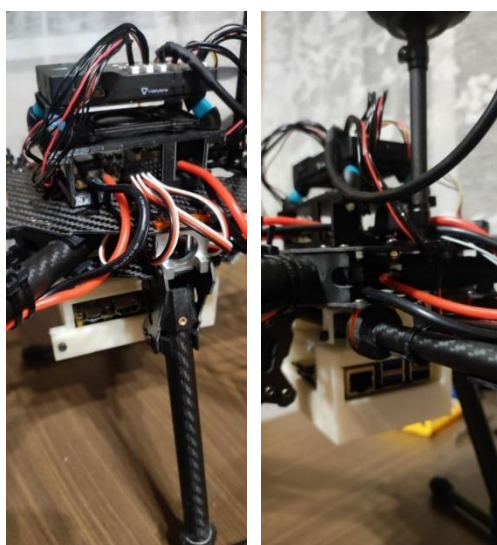


Рис. 8. Подвесной бортовой компьютер RockPi и Pixhawk 6C

⁹ Полетный контроллер Holybro Pixhawk 6X + RPi CM4 base + PM03D + Raspberry Pi 4 // RCcopter.ru. Режим доступа: <https://rccopter.ru/product/polyotnyy-kontroller-pixhawk-6x-rpi-cm4-base-pm03d-raspberry-pi-4> (дата обращения: 22.01.2024).

В данном случае была рассмотрена возможность передачи данных с БПЛА (в режиме полетного задания), используя одноплатный бортовой компаньон RockPi.

Практические опыты показывают, что данная связка (контроллер и бортовой компаньон) является самой эффективной на данный момент. Дрон будет выполнять дополнительные функции с бортовой системой.

К бортовому компьютеру могут быть подключены такие модули как датчик воздушной скорости, термометр и так далее. Информация, полученная с БПЛА таким образом, может уходить (при наличии модема) на сервера через сеть 2-3-4G.

Однако существуют модули узкоспециализированные для управления БПЛА по сети интернет, такие как 4G-модем AirLink (рис. 9).

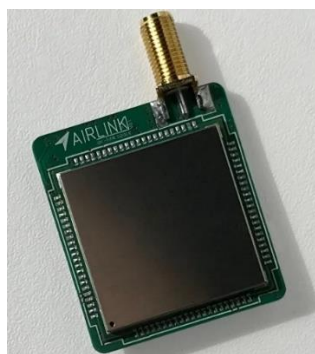


Рис. 9. Модуль Air-Link¹⁰

Такой модуль подключается напрямую к контроллеру (выход Telem 1, 2, 3 на Pixhawk 6C) и батарее питания. В данном случае он совместим с серией контроллеров Pixhawk и интегрирован в программное обеспечение наземной станции Mission Planner и QGround-Control (скачать их версии программ с интеграцией можно с официального сайта проекта)¹¹.

Система типа кластер на базе Raspberry Pi в качестве бортового компьютера

На данный момент более перспективной и производительной системой является кластер на базе Raspberry Pi.

Главные достоинства такой бортовой системы: цена, вычислительная мощность и низкое энергопотребление.

Кластер из четырех нод учетверяет характеристики каждого из мини-компьютеров (1,5 ГГц, 4 ядра ARM CPU и 4 ГБ RAM), то есть в итоге мы получаем 16 ядер 1,5 ГГц и 16 ГБ RAM¹².

Такая система возможна для применения в БПЛА только в качестве командного центра для летающей платформы. Подобные мощности могут быть использованы в управлении другими дронами и специальным бортовым оборудованием (рис. 10).

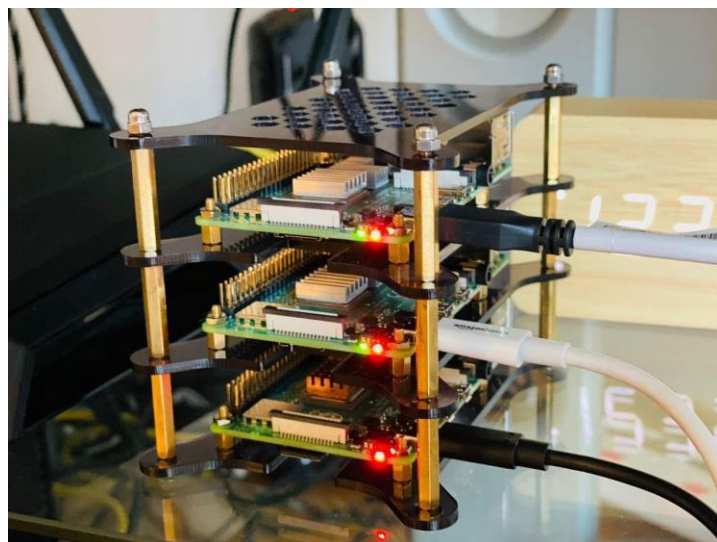


Рис. 10. Кластер Raspberry Pi

¹⁰ AIR-LINK 4G/LTE модем телеметрии для автопилота // AIR-LINK. Режим доступа: <https://air-link.space/?ysclid=lpoytdshvw826130472> (дата обращения: 21.01.2024)

¹¹ 4G-модем LTE для запуска БПЛА по интернету // Air-link. Режим доступа: <https://air-link.space/> (дата обращения: 30.01.2024).

¹² Как я собрал домашний кластер Kubernetes на базе Raspberry Pi // Habr.com. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/553212/> (дата обращения: 21.04.2021).

Рассмотрим пример кластера из восьми узлов, подключенных к одному управляемому коммутатору. Одним из узлов будет так называемый «головной» узел: этот узел будет иметь второе гигабитное Ethernet-соединение с LAN/WAN через Ethernet-ключ USB3 и внешний SSD-накопитель емкостью 1 ТБ, подключенный через разъем USB3-to-SATA. В то время как головной узел будет загружаться с SD-карты в обычном режиме, остальные семь узлов – «вычислительные» узлы, будут настроены на загрузку по сети, при этом головной узел будет выступать в качестве загрузочного сервера, а образы операционной системы будут храниться на внешнем диске. Помимо того, что диск объемом 1 ТБ служит сетевым загрузочным томом, на нем будет размещен резервный раздел, который является общим для всех вычислительных узлов кластера. Ко всем восьми нашим платам Raspberry Pi будет прилагаться Raspberry Pi PoE+HAT. Это означает, что, поскольку мы используем коммутатор с поддержкой PoE+, нам нужно подключить только один кабель Ethernet к каждому из наших узлов и не нужен отдельный USB-концентратор для их питания (рис. 11)¹³.

Более подробную информацию можно найти на официальном сайте проекта Raspberry Pi.

При анализе конструкторских решений можно выделить тенденции к развитию ВМГ

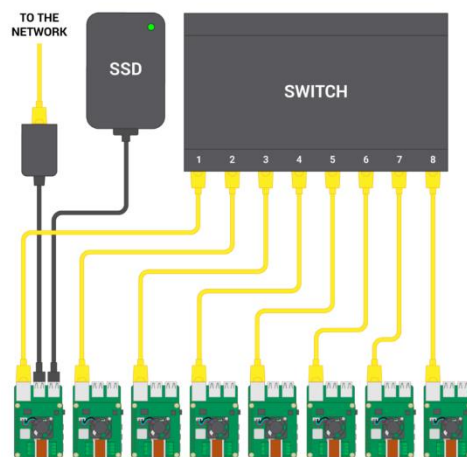


Рис. 11. Схема подключения кластера из 8 узлов

с изменяющимся положением. Такие моторы с помощью сервоприводов при смене режима БПЛА с «Квадрокоптер» в «Самолетный» могут переходить в горизонтальное состояние. Плюсом подобных решений является возможность задействовать все моторы во всех режимах, а также отключить два из трех при планировании с высоты, тем самым сократить энергопотребление (рис. 12).

Однако на рынке коммерческих предложений есть примеры смены положения крыла. Фирма Ptero Dynamics изготовила прототип VTOL, который в зависимости от режима, может менять положение крыла, переводя летательный аппарат из режима БПЛА «Квадрокоптер» в «Самолетный» режим и обратно (рис. 13)¹⁴.



Рис. 12. Skywalker X8 VTOL(Y3)

¹³ How to build a Raspberry Pi cluster // Raspberry Pi. Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/tutorials/cluster-raspberry-pi-tutorial/> (дата обращения: 30.01.2024).

¹⁴ Autonomous VTOL Systems // Pterodynamics. Режим доступа: <https://pterodynamics.com/> (дата обращения: 30.01.2024).



Рис. 13. Прототип PteroDynamics

Эти оригинальные конструкторские решения беспилотников от компании Ptero Dynamics позволили задействовать все ВМГ для режимов полета.

VTOL с турбореактивными двигателями. Среди подобных конструкторских решений выделяется недавно анонсированный проект Roadrunner (ноябрь 2023 г.). Автономный летательный аппарат вида VTOL с двумя турбореактивными двигателями от компании Anduril представлен на рис. 14.

Аппарат позволяет с помощью двух реактивных двигателей взлетать вертикально вверх и переходить в самолетный режим, при этом не меняя конфигурации двигателей.

На сайте www.anduril.com заявляется, что данный аппарат может совершить посадку в вертикальном режиме без использования вспомогательных средств. Доступно видео с

испытаний летательного аппарата¹⁵.

Вектор улучшение бортового оборудования. В данный момент самым распространенным использованием бортового компьютера является подключение к системе видеопередачи.

Машинное зрение позволяет эффективно определять объекты в пространстве. В данном случае, если рассматривать Raspberry Pi, то мы можем подключить Pi-камеру и установить библиотеку OpenCV.

OpenCV – это библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. С помощью этой библиотеки можно реализовать активную часть визуального интерфейса оператора – HUD (Heads-Up Display), а также можно увидеть основные параметры прямо на экране монитора (рис. 15).



Рис. 14. Проект Roadrunner

¹⁵ Anduril unveils Roadrunner & Roadrunner-M // ANDURIL. Режим доступа: <https://www.anduril.com/roadrunner/> (дата обращения: 30.01.2024).

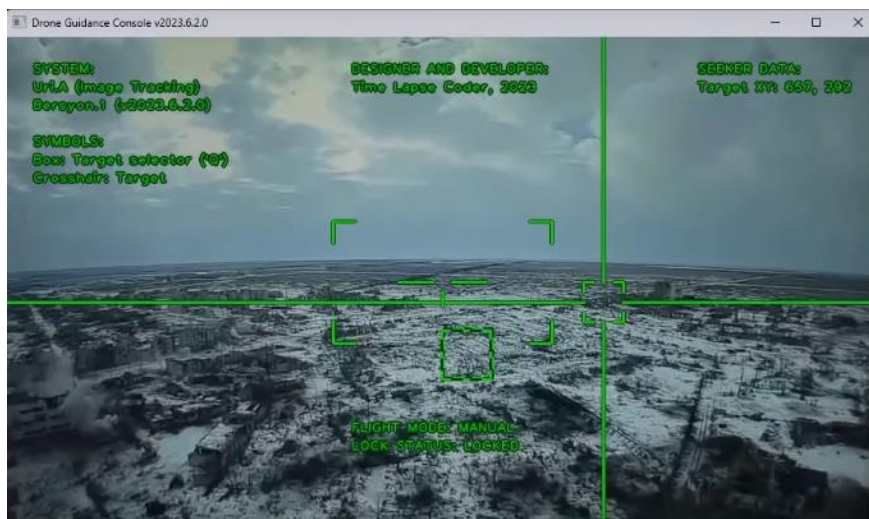


Рис. 15. Тестовые версии HUD с ютуб-канала Time Lapse Coder¹⁶

С помощью визуального интерфейса и вовремя полученной информации можно предотвратить некоторые внештатные ситуации.

Наземная станция управления. Среди ПО для наземных станций самые используемые – это приложения DJI, Mission Planner (ArduPilot), QGroundControl (ArduPilot). Два последних обладают очень высоким исследовательским потенциалом, т. к. гибкий программный комплекс ArduPilot позволяет произвести настройку всех возможных параметров (их около 1000). И при этом есть возможность присоединиться с помощью бортового ПК к полетному контроллеру через протокол MAVLink¹⁷.

Зарубежная аналитика

Развитие БПЛА предполагает становление системной аэромобильности к 2042 году по данным зарубежной аналитической платформы Deloitte Insight.

Авторы статьи Aijaz Hussain, David Silver Advanced air mobility отмечают в будущем высокую потребность в БПЛА для выполнения определенных задач в логистике [9].

В онлайн-курсе Московского авиационного института «Современное авиационное строительство» подробно рассмотрен график аналитической платформы Deloitte Insight (рис. 16)¹⁸.



Рис. 16. Становление системы аэромобильности

¹⁶ Autonomous Homing, Navigation, and Guidance // Homing drone from \$99 DJI Tello. Режим доступа: <https://www.youtube.com/@timelapsecoder> (дата обращения: 30.01.2024).

¹⁷ ArduPilot Dev Team System components and Mission Planner// ArduPilot Copter. Режим доступа: <https://ardupilot.org/copter/index.html> (дата обращения: 11.01.2020).

¹⁸ Онлайн-курс МАИ «Оператор дрона». Лекция 1. Введение в беспилотную авиацию // Московский авиационный институт. Режим доступа: <https://mai.ru/education/dpo/online/drone/> (дата обращения: 20.01.2024).

Авторы статьи «Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges» Adam P. Cohen, Susan A. Shaheen, Emily M. Farrar утверждают, что городская воздушная мобильность предусматривает создание безопасной, устойчивой, недорогой и общедоступной системы воздушного транспорта для передвижения пассажиров, доставки товаров и оказания экстренных услуг в пределах мегаполисов или через них [10].

Заключение

В данной работе, на основе анализа литературных источников, опыта проектирования, монтажа, отладки и эксплуатации, были рассмотрены перспективные конструкторские решения от PteroDynamics (в конструкции типа VTOL были задействованы все ВМГ в разных режимах) и Anduril-реактивный VTOL «Roadrunner». Прослежены общие проблемы, связанные с использованием БПЛА мультироторного типа и предложены коммерческие варианты (использование более улучшенных

систем позиционирования, изменение типа пропеллеров, связка бортового компьютера и полетного контроллера) для улучшения характеристик БПЛА.

В качестве сфер применения рассмотрены рынки МЧС и Гидрометцентра.

Подвергнуты анализу на основе опыта эксплуатации основные характеристики первого поколения VTOL и их возможности.

Выделено перспективное направление в области развития системы управления БПЛА в связке с бортовым компаньоном (Автопилот +).

Рассмотрена возможность интеграции системы типа кластер на базе Raspberry Pi в качестве бортового ПК.

Для анализа вектора развития конструктивной составляющей и бортового оборудования был проведен обзор ряда коммерческих предложений. Выделены наиболее перспективные.

В качестве наиболее перспективного в исследовательском формате программного обеспечения была выбрана система Arducopter.

Список источников

1. Жаркова М.С., Самойленко В.В., Аверенкова М.А., Шульгин М.С., Шведов С.Г. Необходимость применения и развития беспилотных летательных аппаратов // Молодой ученый. 2022. № 47 (442). С. 43–48.
2. Безруков С.И., Гумилёв В.Ю., Пархоменко А.В., Филиппов Д.А. Классификация беспилотных летательных аппаратов (в контексте современных войн в арабском мире) // Оригинальные исследования. 2020. Т. 10. № 4. С. 66–81. Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-4-2020/> (дата обращения: 20.01.2024).
3. Ивлев Д. А. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в современных боевых условиях // Актуальные исследования. 2023. №48 (178). С. 27–30. Режим доступа: <https://apni.ru/article/7603-analiz-primeneniya-bespilotnikh-letatelnykh> (дата обращения: 15.12.2023).
4. Картеничев А.Ю., Панфилова Е.В. Беспилотные летательные аппараты на службе пожарных // Пожарная безопасность. 2019. № 3 (96). С. 99–103.
5. Молоденков С.А., Пашкин М.С. Анализ современных беспилотных летательных аппаратов // Современные научные исследования и инновации. 2023. № 9. Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2023/09/100804> (дата обращения: 15.12.2023).
6. Горбунов А.А., Галимов А.Ф. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полета беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2016. № 2. С. 7–15.
7. Федосеева Н.А., Загвоздкин М.В. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов // Научный журнал. 2017. №9 (22). С. 26–29.
8. Савельев А.А. Для чего промышленным дронам нужен модуль RTK // Skymec. Режим доступа: <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/geodeziya/dlya-chego-promyshlennym-dronam-nuzhen-modul-rtk/?ysclid=lq6lf2un2w661224389> (дата обращения: 20.01.2024).
9. John Coykendall, Matt Metcalfe, Aijaz Hussain, and Tarun Dronamraju. Rapidly Developing Technologies in the Future of Elevated Mobility // Aviation week. Режим доступа: <https://aviationweek.com/aerospace/rapidly-developing-technologies-future-elevated-mobility> (дата обращения: 20.01.2024).
10. Cohen A.P., Shaheen S.A., Farrar E.M. Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2021. Vol. 22. № 9. P. 6074–6087. <http://dx.doi.org/10.1109/TITS.2021.3082767>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Парамонов Олег Владимирович,
магистрант,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
varanov2012@mail.ru

Oleg V. Paramonov,
Master's Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
varanov2012@mail.ru

Зотов Игорь Николаевич,
к.т.н., доцент,
доцент кафедры самолетостроения
и эксплуатации авиационной техники,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
zegor-2008@yandex.ru

Igor N. Zotov,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor, Aircraft Engineering and Operation
of Aviation Equipment Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
zegor-2008@yandex.ru

Разработка модели транспортно-логистической задачи

© С.В. Бахвалов, Т.В. Маланова, М.А. Пигарев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье решение задачи оптимизации перевозки товаров от поставщиков к потребителям основывается на математических методах, поэтому сформирована общая математическая постановка задачи планирования поставок, как многокритериальной задачи, исходя из минимума стоимости и времени поставок. Поставки осуществляются несколькими видами транспорта и за несколько рейсов. Учитывая недостатки многокритериальной модели, авторы предложили переход к однокритериальной модели по стоимости перевозок с дополнительным ограничением на время перевозки. Так как модели учитывают число рейсов на перевозку, чтобы определить полное время перевозки, то сформированная модель содержит целочисленные переменные. В статье затронута проблема целочисленного программирования, связанная с большим временем поиска решения, и предложена модель без требования на принадлежность целым числам количества рейсов, но позволяющая получать решение за приемлемое время с небольшой погрешностью. Для проверки корректности предложенных моделей выполнено тестирование моделей с использованием программного обеспечения для линейной оптимизации HiGHS, а также проведен анализ полученных результатов. Предполагается, что разработанные модели будут использоваться при разработке специализированного программного обеспечения по планированию перевозок.

Ключевые слова: транспортно-логистическая задача, транспортная задача, многокритериальная задача, смешанно-целочисленное программирование, линейное программирование, решатель HiGHS

Model development of a transport and logistic problem

© Sergey V. Bakhvalov, Tatyana V. Malanova, Mikhail A. Pigarev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. In this article, the solution to the problem of optimizing the transportation of goods from suppliers to consumers is based on mathematical methods; therefore a general mathematical formulation of the supply planning problem has been formed as a multi-criteria problem, based on the minimum cost and delivery time. Deliveries are carried out by several types of transport and over several trips. Taking into account the shortcomings of the multi-criteria model, the authors propose a transition to a single-criteria model for the cost of transportation with an additional restriction on transportation time. Since the models take into account the number of trips for transportation in order to determine the total transportation time, the generated model contains integer variables. The article touches on the problem of integer programming associated with the long time it takes to find a solution and proposes a model that does not require that the number of trips belong to integers, but allows one to obtain a solution in an acceptable time with a small error. To verify the correctness of the proposed models, the models were tested using HiGHS linear optimization software, and the obtained results were analyzed. It is assumed that the developed models will be used in the development of specialized software for transportation planning.

Keywords: transport-logistic problem, transport problem, multicriteria problem, mixed-integer programming, linear programming, HiGHS solver

В современном мире в связи с укрупнением бизнеса или в целом на государственном уровне в процессе снабжения производства и населения товарами или сырьем становится все более актуальной транспортно-логистическая задача (ТЛЗ), целью которой является оптимизация поставок, хранения и производства товаров. В рамках ТЛЗ безусловно важным является уменьшение стоимости и времени перевозки товаров, т. к. поставщики и потребители могут находиться друг от друга на больших расстояниях.

При планировании перевозки товаров используют следующие входные данные:

- потребности потребителя по всем необходимым видам товаров;
- запасы поставщиков по всем необходимым видам товаров;
- необходимые сроки поставки по видам товаров, данные сроки могут быть продиктованы сроками годности, сроками реализации товаров, и т. д.;
- вид транспорта, на котором возможно осуществить поставку (рейс) от поставщика к

потребителю (автотранспорт, самолет, поезд и т. п.);

- стоимость перевозки условной единицы товара (или стоимость рейса) между поставщиком и потребителем (только если путь между ними существует и доступен в данный момент), а также время перевозки между ними, по каждому виду транспорта;

- количество и грузоподъемность каждого доступного вида транспорта для каждого поставщика.

При решении задачи необходимо учитывать следующие ограничения:

- нельзя превышать сроки поставки по всем видам товаров, с учетом сроков годности, сроков реализации;

- необходимо удовлетворить потребности каждого потребителя по всем необходимым видам товаров;

- нельзя превышать запасы поставщиков по всем необходимым видам товаров (нельзя вывести больше товара, чем его есть на складе);

- нельзя превышать количество транспортных средств, доступных каждому поставщику.

Наличие множества видов товаров может сильно усложнить задачу, поэтому для удобства можно составить план перевозки по одному конкретному товару, а в дальнейшем решать либо множество задач оптимизации отдельно по каждому товару, либо меньшее количество задач, но совмещенных (для двух и более товаров сразу).

В общем случае поставленная задача является многокритериальной и не имеет однозначного решения [1–3], в связи с чем и появилась необходимость применения математических методов и разработки программного обеспечения (ПО) для минимизации расходов при планировании и корректировке планов поставок товаров и сырья. Для этого актуальным становится составление математической модели и выбор методов решения. Желательно, чтобы модели были такими, что при решении можно было использовать уже существующий математический аппарат. Несмотря на то, что наиболее полно изучены так называемые транспортные задачи с различными модификациями, которые близки по содержанию к поставленной, методы их решения здесь использовать в полной мере не представляется

возможным из-за ограничения по времени. Поэтому предпочтительнее поставленную задачу свести к задаче линейного программирования (ЛП).

Разработанная математическая модель может стать основой для специализированного ПО для решения задачи планирования поставок. ПО позволит сотрудникам компаний, госучреждений принимать оптимальные решения и обеспечивать контроль условий доставки сырья и товаров в объемах необходимой потребности для обеспечения бесперебойного снабжения населения товарами или производства сырьем при минимально возможных сроках доставки и затратах на перевозку.

Общая постановка задачи, как многокритериальной задачи

Введем следующие обозначения:

m – количество поставщиков;

n – количество потребителей;

$A_1, A_2, \dots, A_m$ – поставщики;

a_i – запасы на продукцию;

$B_1, B_2, \dots, B_n$ – потребители;

b_j – запросы продукции;

p – тип перевозки (транспорта), которым будет перевозиться товар, в данном случае будет рассматриваться три типа перевозки:

$$p = \begin{cases} 1, & \text{если автотранспорт,} \\ 2, & \text{если поезд,} \\ 3, & \text{если самолет;} \end{cases}$$

c_{ij}^p – цена на перевозку из i -го пункта производства в j -й пункт потребления в соответствии с типом перевозки P ;

x_{ij}^p – объем перевозок от i -го пункта производства к j -му пункту потребления в соответствии с типом перевозки P ;

t_{ij}^p – время перевозки за один рейс в соответствии с типом перевозки P ;

g_i^p – грузоподъемность транспорта поставщика в соответствии с типом перевозки P ;

s – срок, за который нужно перевезти товар;

k_i^p – количество транспорта в i -м пункте отправки в соответствии с типом перевозки P .

Пусть от каждого склада все транспортные средства выезжают в пункты потребления одновременно, считаем это за один совокупный рейс из i -го пункта в j -й. Груз перевозится от поставщика в каждый пункт потребления последовательно – один совокупный рейс за

другим. Это дает нам верхнюю границу возможного времени, затраченного на перевозку грузов несколькими машинами к разным потребителям.

Тогда минимизация стоимостных и временных затрат на перевозку может быть представлена следующей многокритериальной моделью

$$\min_x \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 c_{ij}^p x_{ij}^p \right) \& \min_x \left(\max_i \sum_{j=1}^n t_{ij}^p \left\lceil \frac{x_{ij}^p}{g_i^p k_i^p} \right\rceil \right)_{p=\overline{1,3}} \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

При ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 x_{ij}^p \leq a_i, \quad i = \overline{1, m} \\ \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^3 x_{ij}^p = b_j, \quad j = \overline{1, n} \\ x_{ij}^p \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \end{cases} \quad (2)$$

Здесь символ [...] обозначает округление в большую сторону.

Как известно, решение задачи многокритериальной оптимизации является неоднозначным и представляет собой множество, из которого лицо, принимающее решение, выбирает наиболее приемлемое. А это не всегда удобно для конечного пользователя. В случае выбора только одного из критериев такую задачу можно решить известными методами. Так, если мы выбираем в качестве функции оптимизации стоимость, то получаем обычную транспортную задачу по критерию стоимости.

Если выбираем только вторую функцию оптимизации, то получаем задачу, которая не является задачей линейного программирования, и лишь в простейшем случае, когда товар вывозится к каждому потребителю только за один рейс, для нее можно легко найти решение. Тогда вторая целевая функция преобразуется в следующую:

$$\min_x \left(\max_{ijp} t_{ij}^p \right). \quad (3)$$

Задача (2), (3) является обычной транспортной задачей по критерию времени. Здесь определяют все коммуникации, по которым весь товар будет вывезен как можно быстрее. Для такой задачи существуют алгоритмы решения [4, 5].

Таким образом, минимизация целевой функции по времени является нетривиальной задачей, требующей дополнительных исследований для ее решения.

Переход от многокритериальной модели к однокритериальной модели

Существуют различные способы перехода от многокритериальной модели к однокритериальной [1, 6, 7]. Например, можно применить метод взвешенных сумм, алгоритмы векторной оптимизации. В настоящей работе наиболее важным является то, что товар должен быть доставлен в срок. Поэтому вторую функцию можно перенести в ограничения. Тогда имеем одну функцию оптимизации:

$$\min_x \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 c_{ij}^p x_{ij}^p. \quad (4)$$

При ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 x_{ij}^p \leq a_i, \quad i = \overline{1, m} \\ \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^3 x_{ij}^p = b_j, \quad j = \overline{1, n} \\ \sum_{j=1}^n t_{ij}^p \left\lceil \frac{x_{ij}^p}{g_i^p k_i^p} \right\rceil \leq s, \quad i = \overline{1, m}, p = \overline{1, 3} \\ x_{ij}^p \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3}. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь третья совокупность неравенств в (5) является нелинейной, поэтому в целом задача (4)–(5) является нелинейной.

От нелинейности можно избавиться путем перехода от переменных x_{ij}^p к переменным

$r_{ij}^p = \left\lceil \frac{x_{ij}^p}{g_i^p k_i^p} \right\rceil$. Переменная r_{ij}^p означает количество рейсов (r_{ij}^p – целое), необходимых для доставки всего груза в пункт назначения, определенным видом транспорта. Пусть r_{ij}^p – это величина, которую нужно добавить к x_{ij}^p , чтобы получилось r_{ij}^p при делении на $g_i^p k_i^p$ без округления в большую сторону. С экономической точки зрения r_{ij}^p – это количество недогруза в последнем рейсе из A_i в B_j . Учитывая все выше сказанное

$$r_{ij}^p = \frac{x_{ij}^p + z_{ij}^p}{g_i^p k_i^p}, \quad (6)$$

$$x_{ij}^p = r_{ij}^p g_i^p k_i^p - z_{ij}^p; \quad (7)$$

$$z_{ij}^p = r_{ij}^p g_i^p k_i^p - x_{ij}^p. \quad (8)$$

Если представить (4) с помощью переменных r_{ij}^p и z_{ij}^p , то получим

$$\min_x \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 c_{ij}^p (r_{ij}^p g_i^p k_i^p - z_{ij}^p). \quad (9)$$

К системе ограничений (5) необходимо добавить ограничения на z_{ij}^p такие, чтобы при $r_{ij}^p = 0$ было и $z_{ij}^p = 0$, то есть при отсутствии рейсов количество недогруза должно быть равным нулю. Такое ограничение необходимо не только из-за общей логики задачи, но и для того, чтобы не было искажения в функции оптимизации, а также в ограничениях на потребности и запасы. Также размер недогруза не может быть больше общей вместительности рейса. Таким образом, система ограничений примет вид:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 (r_{ij}^p g_i^p k_i^p - z_{ij}^p) \leq a_i, & i = \overline{1, m}, p = \overline{1, 3} \\ \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^3 (r_{ij}^p g_i^p k_i^p - z_{ij}^p) = b_j, & j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ \sum_{j=1}^n t_{ij}^p r_{ij}^p \leq s, & i = \overline{1, m}, p = \overline{1, 3} \\ z_{ij}^p < g_i^p k_i^p, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ z_{ij}^p - r_{ij}^p g_i^p k_i^p \leq 0, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ z_{ij}^p \geq 0, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ r_{ij}^p = 0, \infty, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \end{cases} \quad (10)$$

В результате модель (9)–(10) представляет собой задачу смешанного целочисленного программирования: r_{ij}^p – целые, z_{ij}^p – дробные в общем случае. В частном случае, если a_i , b_j и g_i^p целочисленные, то и z_{ij}^p должно быть целочисленным [8]. Где число переменных равно $m \times n \times 3 \times 2$, множитель два здесь из-за дополнительных переменных z_{ij}^p , а множитель три – это количество типов транспорта. Количество ограничений равно $2 \times m + n$, не считая ограничений на переменные x_{ij}^p и z_{ij}^p (множитель два из-за ограничений на s).

Модель, допускающая дробные значения

Несмотря на то, что разработанная модель (9)–(10) позволяет находить оптимальное решение, при большом количестве поставщиков и потребителей задача может решаться недопустимо долго. Это связано с тем, что алгоритмы решения целочисленных задач ЛП в большинстве случаев основываются на многократном решении задач ЛП с непрерывными переменными.

Ниже предлагается модель с непрерывными переменными, в которой считаем, что количество рейсов может быть дробным, из-

за чего задача будет решаться значительно быстрее, но в некоторых случаях будет получаться не оптимальный результат в связи с неточностью модели.

В новой модели с r_{ij}^p уберем ограничения на целочисленность, поэтому переменные z_{ij}^p здесь не нужны. Введем переменную w_{ij}^p , она равна единице, если соответствующее r_{ij}^p больше нуля и равна нулю, если $r_{ij}^p = 0$. Эта переменная позволит корректно обработать результат решения – округлить все r_{ij}^p в большую сторону, не выходя за ограничения по времени для каждого вида транспорта. В результате модель примет вид:

$$\min_x \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 c_{ij}^p r_{ij}^p g_i^p k_i^p. \quad (11)$$

При ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^3 r_{ij}^p g_i^p k_i^p \leq a_i, & i = \overline{1, m}, p = \overline{1, 3} \\ \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^3 r_{ij}^p g_i^p k_i^p = b_j, & j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ \sum_{j=1}^n t_{ij}^p (r_{ij}^p + w_{ij}^p) \leq s, & i = \overline{1, m}, p = \overline{1, 3} \\ G w_{ij}^p - r_{ij}^p \geq 0, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ w_{ij}^p - r_{ij}^p \leq 0, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ w_{ij}^p = 0, 1, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3} \\ r_{ij}^p \geq 0, & i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3}. \end{cases} \quad (12)$$

Здесь G – некоторое большое число, которое гарантировано больше любого возможного r_{ij}^p в задаче.

Количество переменных и ограничений остается таким же, как и в предыдущей модели, в отличие от r_{ij}^p , новая переменная принимает всего два значения.

Тестирование моделей

Тестирование моделей было выполнено с помощью программного обеспечения для линейной оптимизации (решателя) HiGHS, который является одним из лучших решателей с открытым исходным кодом, несильно уступая коммерческим решениям, по утверждению авторов статьи [9], HiGHS основан на высокопроизводительной двойной пересмотренной симплексной реализации (HSOL) [10]. Тестирование приводилось на избыточном и недостаточном времени.

Избыточное время – это такое значение времени, при котором оптимальное решение ТЛЗ, найденное без учета ограничения по времени совпадает с оптимальным решением ТЛЗ, найденным с учетом ограничения. Другими словами, избыточное время – это такое значение времени, при котором ТЛЗ сводится к задаче оптимизации по стоимости, без ограничения по времени, поскольку время столь велико, что его можно не учитывать.

Недостаточное время – это такое значение времени, при котором оптимальное решение ТЛЗ, найденное без учета ограничения по времени не совпадает с оптимальным решением ТЛЗ, найденным с учетом ограничения (время недостаточно велико, чтобы ограничение по нему можно было не учитывать). При недостаточном времени алгоритмам ЛП необходимо совершить больше итераций для нахождения оптимального решения задачи, т. к. в задаче больше ограничений, которые влияют на функцию оптимизации, из-за которых скорость схождения задачи уменьшается.

Решатели смешанно целочисленного программирования при решении используют узлы. Узел представляет собой задачу линейного программирования с той же целевой функцией, границами и линейными ограниче-

ниями, что и исходная задача, но без целочисленных ограничений и с определенными изменениями в линейных ограничениях или границах.

Результаты проведенного тестирования приведены в таблице.

Разница между значениями функций двух рассматриваемых моделей считалась следующим образом: значение функции модели (9)–(10) бралось за 100 %, от этого считалось значение функции модели (11)–(12) в %, а затем они вычитались между собой:

$$\Delta = \frac{F_d \cdot 100}{F_{ц}} - 100, \quad (13)$$

где F_d – значение функции модели (11)–(12) с дробными r_{ij}^p ; $F_{ц}$ – значение функции модели (9)–(10) с целыми r_{ij}^p .

Как видно из таблицы, значения целевых функций модели с целочисленными r_{ij}^p и модели с дробными r_{ij}^p расходятся менее, чем на 0,5 %. Это говорит о довольно точном результате модели (11)–(12). Также у модели (11)–(12) намного меньше время решения. Большое время решения задачи модели (9)–(10) обусловлено большим количеством узлов, количество которых вытекает из целочисленности количества рейсов и количеством переменных.

Сравнение результатов решения задачи моделями с целыми r_{ij}^p и дробными r_{ij}^p

Раз- мер- ность задачи	Модель с целыми r_{ij}^p			Модель с дробными r_{ij}^p			Количе- ство пе- ремен- ных	Разница между значени- ями функций, Δ, %
	Время решения задачи, с	Количе- ство огра- нений	Количе- ство узлов	Время решения задачи, с	Количе- ство ограни- чений	Количе- ство узлов		
Избыточное время								
2×2	0,003	18	1	0,002	26	1	16	0,00
3×3	0,008	29	1	0,006	44	1	30	0,00
4×4	0,014	45	1	0,006	71	1	52	-0,01
5×5	0,012	62	1	0,005	99	1	74	0,00
5×12	1,794	117	3	0,038	202	1	170	0,17
20×40	64,729	2431	552	4,312	4742	1	4622	0,04
Недостаточное время								
2×2	0,003	18	1	0,005	26	1	16	0,52
3×3	0,009	29	1	0,004	44	1	30	0,20
4×4	0,212	45	1	0,009	71	1	52	0,34
5×5	0,014	62	1	0,005	99	1	74	0,16
5×12	0,277	117	3	0,030	202	1	170	0,48
20×40	1294.185	2431	17633	5.521	4742	1	4622	0.11

Таким образом, мы рассмотрели три вида модели планирования перевозки товаров, в котором должны учитываться не только расходы на перевозку, но и время перевозки. Модель с двумя критериями не удобна тем, что она дает множество решений, что приводит к необходимости создания однокритериальной модели. Дополнительный анализ предметной области может дать обоснование, что достаточно ограничения на время, а не его минимизация. Тогда можно перейти к однокритериальной модели с дополнительным ограничением на время перевозки. Модель (9)–(10) использует целочисленные переменные количества рейсов, а модели (11)–(12) – дробные. Основываясь на результатах эксперимента,

можно сделать вывод, что модель с нецелочисленными переменными, обозначающими количество рейсов, позволяет решать задачу оптимизации планирования перевозки грузов за заданный период гораздо быстрее, чем с дробными значениями количества рейсов, при этом результаты расходятся в незначительных пределах. В целом, для достижения более точного результата, за приемлемое время можно решить задачу с помощью модели (11)–(12) и полученный ответ передать как «стартовую точку» в целочисленную модель. Подобное действие называется теплым или горячим стартом, он реализован в некоторых решателях. В результате время решения будет приемлемым, а точность решения выше.

Список источников

1. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / пер. с англ. Е.М. Столяровой. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.
2. Носков С.И., Рязанцев А.И. Двухкритериальная транспортная задача // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Т. 13. № 2. С. 59–63.
3. Золотарюк А.В. Математическая модель многокритериальной оптимизации транспортных перевозок // Инновационные технологии в науке и образовании. 2015. № 1 (1). С. 317–320.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: КноРус, 2010. 191 с.
5. Нечитайло Н.М. Оптимизация назначения средств доставки в транспортных задачах по критерию времени // Инженерный вестник Дона. 2021. № 2 (74). С. 168–179.
6. Нуркаева А.В. Методы многокритериальной оптимизации транспортной задачи // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 54–61. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4705> (дата обращения: 15.04.2024).
7. Бунташова С.В., Зачёсов А.В. Оптимальный план перевозок с учетом многокритериальности транспортных задач // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего востока. 2023. № 4. С. 41–45.
8. Саати Т. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы / пер. с англ. В.Н. Веселова. М.: Мир, 1973. 304 с.
9. Parzen M., Hall J., Jesse J., Brown T. Optimization solvers: the missing link for a fully open – source energy system modelling ecosystem. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.6409432>.
10. Huangfu Q., Hall J.A.J. Parallelizing the dual revised simplex method // Mathematical programming computation. 2017. Vol. 10. P. 119–142. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12532-017-0130-5> (дата обращения: 22.02.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Бахвалов Сергей Владимирович,
к.т.н., доцент,
доцент центра программной инженерии,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
bsv@istu.edu

Sergey V. Bakhvalov,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor at Software Engineering Center,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
bsv@istu.edu

Маланова Татьяна Валерьевна,

к.т.н., доцент,
доцент центра программной инженерии,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
malanova_tanya@mail.ru

Tatyana V. Malanova,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor at Software Engineering Center,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
malanova_tanya@mail.ru

Пигарев Михаил Антонович,

студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
misha.rogrant@mail.ru

Mikhail A. Pigarev,

Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
misha.rogrant@mail.ru

Виртуальная лабораторная работа «Изучение кинетики гравитационного осаждения»

© В.В. Виноградов, Н.О. Донцов, Л.Е. Гладышева

Филиал Иркутского национального исследовательского технического университета в г. Усолье-Сибирском, г. Усолье-Сибирское, Российская Федерация

Аннотация. Целью работы является создание программы для электронной вычислительной машины, позволяющей проводить на персональном компьютере, смартфоне или планшете лабораторную работу по изучению кинетики гравитационного осаждения по дисциплине «Физика», «Технологическое оборудование» или «Процессы и аппараты химической технологии». С помощью виртуальной лабораторной работы можно определять время осаждения частиц под действием силы тяжести в зависимости от свойств среды и осаждаемого объекта. Для разработки программы составлен алгоритм расчета, основанный на математическом описании процесса осаждения частиц под действием силы тяжести, которое основано на зависимости скорости осаждения от отношения инерционных сил в потоке и сил трения при различном размере частиц, разной плотности и вязкости среды. В созданной виртуальной лабораторной работе учитывается коэффициент формы, а в качестве осаждаемых частиц помимо сфер, выбраны и несферические объекты, для которых определяется эквивалентный диаметр. Программа разработана в Adobe Animate с использованием языка Action Script 3.0. В виртуальной лабораторной работе имеется возможность выбора различной среды, в которой происходит осаждение, а значения температуры и высота осаждения принимают случайные значения при каждом открытии программы. Программа имеет простой, интуитивно понятный интерфейс и может использоваться студентами самостоятельно.

Ключевые слова: виртуальная лабораторная работа, виртуальный тренажер, математическое моделирование, программирование, гравитационное осаждение

Virtual laboratory work “Studying the Kinetics of Gravitational Sedimentation”

© Vladimir V. Vinogradov, Nikolay O. Dontsov, Lyubov E. Gladysheva

Branch of the Irkutsk National Research Technical University in Usolye-Sibirskoye, Usolye-Sibirskoye, Russian Federation

Abstract. The purpose of the work is to create a computer program that allows you to carry out laboratory work on the study of the kinetics of gravitational sedimentation in the discipline of Physics or Processes and Apparatuses of Chemical Technology on a personal computer, smartphone or tablet. With the help of virtual laboratory work it is possible to determine the time of sedimentation of particles under the influence of gravity depending on the properties of the medium and the object being deposited. To develop the program, a calculation algorithm has been compiled based on a mathematical description of the process of particle sedimentation under the influence of gravity, which is based on the dependence of the deposition rate on the ratio of inertial forces in the flow and friction forces at different particle sizes, different densities and viscosities of the medium. In the created virtual laboratory work, the shape coefficient is taken into account, and in addition to spheres, non-spherical objects are also selected as precipitated particles, for which an equivalent diameter is determined. The program is developed in Adobe Animate using the Action Script 3.0 programming language. In the Virtual Lab, you can select different environments in which sedimentation occurs, and the temperature and sedimentation height are random each time the program is opened. The virtual laboratory work has a simple, intuitive interface and can be used by students independently.

Keywords: virtual laboratory work, virtual simulator, math modeling, programming, gravitational sedimentation

Лабораторные работы являются важнейшей частью учебного процесса в образовательных учреждениях среднего звена и высшей школы. Они значительно упрощают освоение теоретического материала, способствуют получению практических навыков, что позволяет обучающимся самостоятельно увидеть и выявить различные закономерности. Проведение лабораторных работ позво-

ляет студенту прикоснуться к реальным научным исследованиям и открыть, в первую очередь, для самого себя, уже известную науке истину [1].

Для лучшего понимания и выявления закономерностей нередко возникает необходимость индивидуального и самостоятельного проведения серии опытов каждым студентом в рамках лабораторной работы. Однако, это

не всегда возможно по причине ограниченной длительности учебных занятий и возможном отсутствии лабораторных установок для каждого обучающегося. Так же иногда очень полезно перед проведением лабораторной работы потренироваться в ее выполнении, попробовать сразу несколько вариантов, безопасно поэкспериментировать, или непосредственно перед защитой работы освежить в памяти проделанные опыты. Именно в таких случаях очень удобно использовать виртуальные лабораторные работы, что могут запускаться на компьютерах или смартфонах. Более того, они позволяют организовать занятия в режиме дистанционного обучения. В целом, виртуальные работы могут неплохо дополнять обычные лабораторные стенды [2].

Поиск готовых решений показал, что виртуальные лабораторные работы достаточно широко представлены на различных ресурсах в сети Интернет, однако они часто имеют весьма высокую стоимость, либо требуют для своего запуска дополнительное платное программное обеспечение. Все это оказалось неприемлемо, поэтому была поставлена задача о самостоятельной разработке программы для электронных вычислительных машин, в основе которой лежала бы математическая модель реального процесса, изучаемой в лабораторной работе.

В филиале Иркутского национального исследовательского технического университета в г. Усолье-Сибирском ранее уже предпринимались успешные попытки разработать виртуальные лабораторные работы в виде программ для персональных компьютеров. А так же, создавался тренажер, в виде демонстрационной технологической схемы процесса мембранного электролиза раствора хлорида натрия. Все они разрабатывались в программе Adobe Flash на языке Action Script 2.0 в рамках дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» [3, 4]. Однако во всех этих программах использовались лишь анимации движения и формы, вид и длительность визуализации которых были вручную подобраны в соответствии с заранее рассчитанными значениями, что не очень удобно при их отладке и работе с ними.

В качестве целевой лабораторной была выбрана работа «Изучение кинетики гравитационного осаждения», исследующая зависи-

мость скорости осаждения твердых частиц в жидкости от физических свойств твердого вещества и жидкости под действием силы тяжести. Выбор данной работы обоснован достаточной простотой математического описания и необходимостью для обеспечения учебного процесса по дисциплине «Физика» и «Технологическое оборудование», в т. ч. в условиях дистанционного обучения.

Гравитационное осаждение или осаждение под действием силы тяжести является простейшим методом разделения неоднородных смесей. На практике его осуществляют в аппаратах, называемых отстойниками. Чтобы рассчитать такие аппараты необходимо знать скорость осаждения частиц [5, 6].

При определении скорости осаждения частиц в рамках лабораторной работы используются цилиндрические стеклянные сосуды, с нанесенными на них метками для измерения высоты столба жидкости. В качестве жидкостей выбираются вещества со значительными различиями по плотности и динамической вязкости, например, вода, машинное масло и глицерин. Осаждаемыми объектами служат заметно отличающиеся по плотности твердые сферические частицы различного диаметра: стальные, алюминиевые или свинцовые. В виртуальной лабораторной работе добавлены и другие объекты, значительно отличающиеся от идеальной сферической формы – цилиндры, кубы или параллелепипеды, которые так же выполнены из стали, алюминия или свинца. Во время работы фиксируется время начала и окончания осаждения. Используя высоту столба жидкости, которая отмечена на цилиндрическом сосуде, определяется опытная скорость осаждения. Эта скорость будет соответствовать реальной для выбранных условий осаждения.

В основе математического описания процесса осаждения частиц под действием силы тяжести лежит зависимость скорости осаждения от отношения инерционных сил в потоке и сил трения (критерия Рейнольдса, определенного в зависимости от режима течения потока) при различном размере частиц, разной плотности и вязкости среды [6].

Перед созданием компьютерной программы лабораторной работы составлен алгоритм расчета, блок-схема которого представлена на рис. 1.

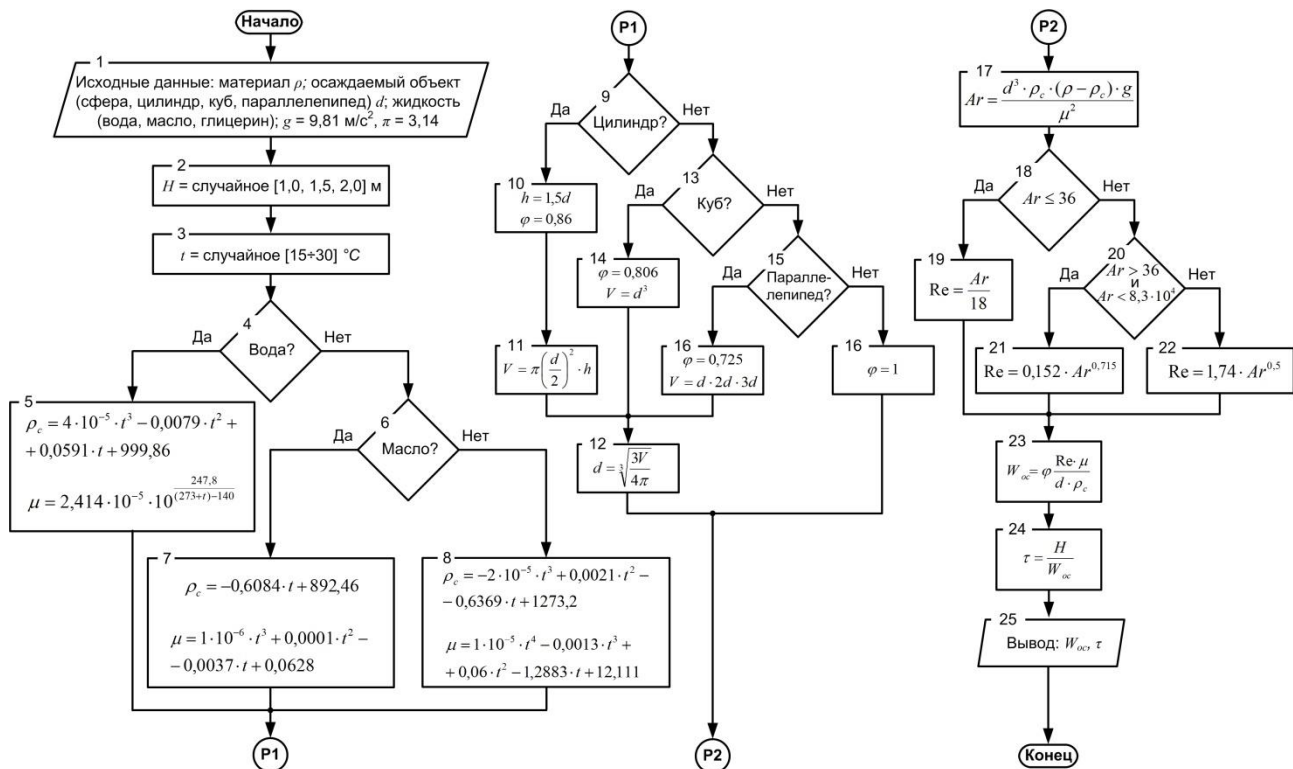


Рис. 1. Блок-схема алгоритма виртуальной лабораторной работы

В блоке № 1 задаются исходные данные:

- материал осаждаемой частицы, в качестве которого выбрана сталь, алюминий и свинец, обладающие различной плотностью ρ кг/м³;
- осаждаемый объект сферической формы с диаметром d м, или несферическая частица в виде цилиндра, куба и параллелепипеда определенного вида, для которой известно значение коэффициента формы φ с основным размером d м [6, 7];
- жидкость (среда), в которой и будет происходить осаждение – это вода, масло или глицерин;
- g и π – ускорение свободного падения м/с² и число Пи соответственно.

Блок № 2 служит для случайного выбора высоты H осаждения из представленных значений 1,0, 1,5 или 2 м, при каждом открытии программы. Причем для каждого значения высоты еще и выбирается различная цена деления измерительной линейки.

В блоке № 3 так же при каждом открытии виртуальной лабораторной работы определяется случайное целое число в диапазоне от 15 до 30 включительно, являющееся значением температуры t , измеряемое в градусах Цельсия °C, которое, в дальнейшем, будет необходимо для определения плотности и вязкости

жидкости.

Блок № 4 необходим для проверки жидкости, выбранной в блоке № 1, т. е. среды в которой и будет производиться осаждение. При утвердительном ответе на вопрос блока № 4 «это вода» в блоке № 5 производится расчет плотности ρ_c кг/м³ и динамической вязкости μ Па·с для определенной в третьем блоке температуры и рассчитывается по зависимостям:

$$\rho_c = 4 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 - 0,0079 \cdot t^2 + 0,0591 \cdot t + 999,86,$$

$$\mu = 2,414 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{\frac{247,8}{(273+t)-140}}.$$

При отрицательном ответе «это не вода» в блоке № 6 производится проверка, является ли жидкость маслом, и в блоке № 7 рассчитывается плотность и вязкость для масла по уравнениям:

$$\rho_c = -0,6084 \cdot t + 892,46,$$

$$\mu = 1 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 + 0,0001 \cdot t^2 - 0,0037 \cdot t + 0,0628.$$

В блоке № 8 эти же характеристики, но уже для глицерина определяются следующим образом:

$$\rho_c = -2 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 + 0,0021 \cdot t^2 - 0,6369 \cdot t + 1273,2,$$

$$\mu = 1 \cdot 10^{-5} \cdot t^4 - 0,0013 \cdot t^3 + 0,06 \cdot t^2 - 1,2883 \cdot t + 12,111.$$

В блоках № 5, 7 и 8 для расчета плотности и вязкости среды используются регрессионные зависимости, построенные с достоверностью не менее 0,99 для диапазона температур от 15 до 30 °С, и полученные на основе известных табличных данных.

В блоке № 9 начинается первая проверка сферичности осаждаемого объекта (частицы). Если это цилиндр, то в блоке № 10 принимается, что его высота h , равна полутора диаметрам d , а в качестве коэффициента формы берется значение 0,86.

После этого в блоке № 11 определяется объем цилиндра V из зависимости

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h.$$

Если же частица имеет форму куба, то после блока № 12 производится расчет в блоке № 13, где коэффициент формы принимается равным 0,806, а объем определяется по формуле

$$V = d^3.$$

При утвердительном ответе на вопрос логического блока № 14, программа переходит в блок № 15, где коэффициент формы приравнивается к 0,725, а объем параллелепипеда находится по уравнению

$$V = d \cdot 2d \cdot 3d.$$

В случае если осаждаемый объект является цилиндром, кубом или параллелепипедом, то после расчета его объема и определения значений коэффициента формы в блоках № 10, 11, 13 или 15, расчет переходит в блок № 16. Данный блок служит для расчета диаметра сферы, эквивалентной по объему осаждаемому объекту, т. е. эквивалентного диаметра d . Который является той же переменной как диаметр или основной размер из блока № 1 исходных данных, и замещает ее значение при расчете эквивалентного диаметра в блоке № 16 по зависимости

$$d = 2 \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}.$$

Следует отметить, что значения диаметра сферы и эквивалентного диаметра цилиндра, куба или параллелепипеда находятся в пределах от 1 до 6 мм. Так же принимается допущение, что несферические объекты осаждаются идеально ровно, не переворачиваясь.

При отрицательном ответе на вопросы в логических блоках № 9, 12, 14 осаждаемая ча-

стица считается сферической, и влияние коэффициента формы на дальнейший расчет нивелируется блоком № 17.

Блоки № 18 – 25 непосредственно служат для расчета скорости и времени осаждения частицы.

В блоке № 18 определяется критерий Архимеда по уравнению:

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho_c \cdot (\rho - \rho_c) \cdot g}{\mu^2}.$$

Блок № 19 определяет ламинарный режим осаждения, и при $Ar \leq 36$ происходит расчет критерия Рейнольдса в блоке № 20 по формуле:

$$Re = \frac{Ar}{18}.$$

Если по результатам сравнения в блоке № 19 режим не является ламинарным, то в блоке № 21 проверяется принадлежность его к переходному режиму, что лежит в диапазоне значений критерия Архимеда от значений больших чем 36 до $8,3 \cdot 10^4$. При вхождении чисел в данные пределы расчет производится в блоке № 22 с использованием уравнения:

$$Re = 0,152 \cdot Ar^{0,715}.$$

Во всех остальных случаях осаждение происходит в турбулентном режиме, и критерий определяется исходя из зависимости в блоке № 23:

$$Re = 1,74 \cdot Ar^{0,5}.$$

Скорость гравитационного осаждения W_{oc} рассчитывается при помощи блока № 24. Где с учетом коэффициента формы, критерия Рейнольдса для установленного режима осаждения, заданного диаметра сферы или вычисленного эквивалентного диаметра для не сферического осаждаемого объекта и рассчитанных значений динамической вязкости и плотности для различных жидкостей и температур определяется формулой

$$W_{oc} = \varphi \frac{Re \cdot \mu}{d \cdot \rho_c}.$$

Блок № 25 определяет продолжительность осаждения из простой зависимости

$$\tau = \frac{H}{W_{oc}}.$$

На рис. 2 показан интерфейс виртуальной лабораторной работы «Изучение кинетики гравитационного осаждения». Она выполнена в Adobe Animate с использованием языка Action Script 3.0. В основе программы лежит класс Tween, позволяющий строить анимацию движения на основе численных значений

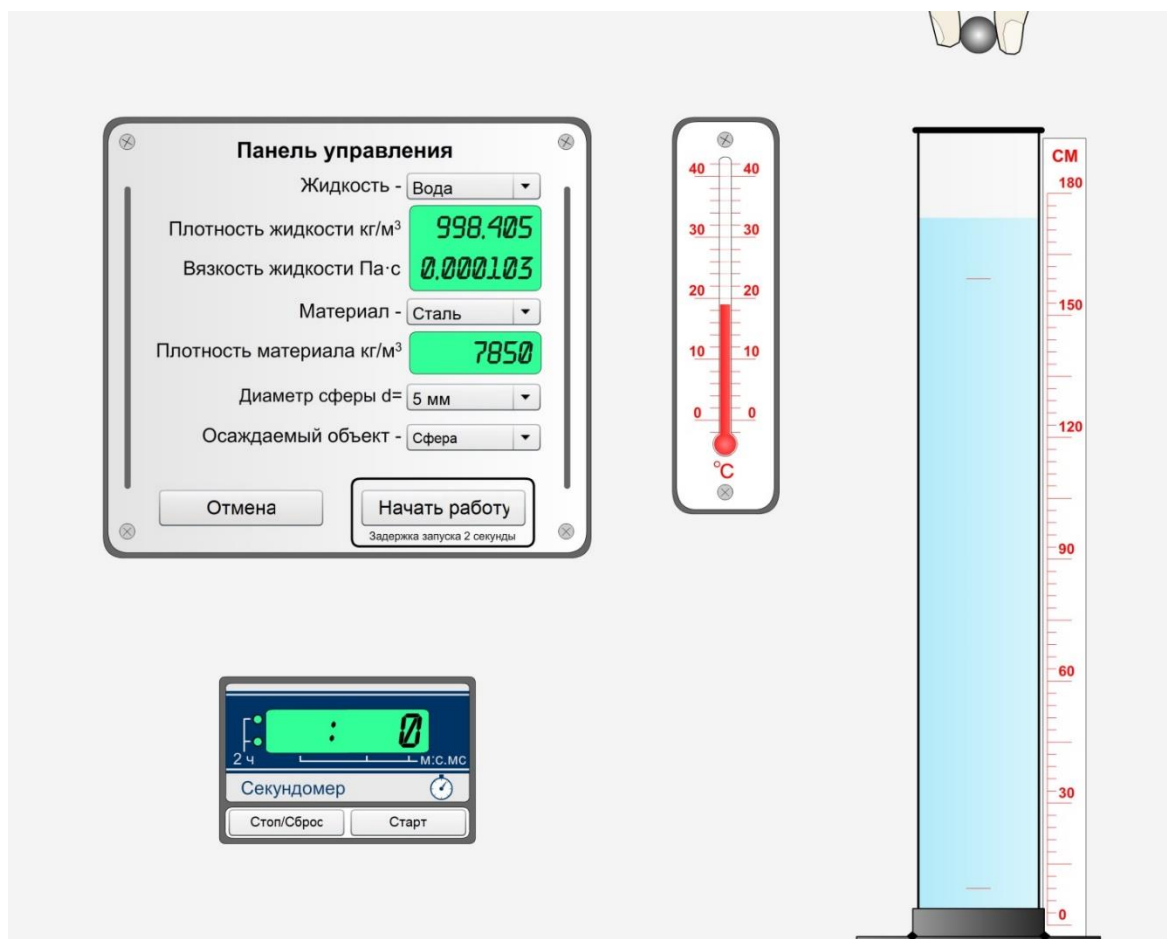


Рис. 2. Интерфейс виртуальной лабораторной работы

(в данном случае, продолжительности осаждения) с учетом количества кадров в секунду, жестко заданных для проигрывания ролика [8–10].

Основные органы управления располагаются в левой верхней части и выведены на «Панель управления». Здесь из выпадающих списков можно выбрать жидкость, материал, диаметр и тип осаждаемого объекта. При изменении типа жидкости и материала сюда же выводятся значения плотности и динамической вязкости с учетом температуры окружающей среды, которую можно узнать исходя из показаний термометра, расположенного рядом с панелью управления. Изменение плотности материала осаждаемой частицы в 15 градусном диапазоне незначительное и им решено было пренебречь, для упрощения составления программы, поэтому приняты значения плотности для 20 °С.

Так же, на панель управления же выведена кнопка запуска работы, что начинает процесс осаждения с двухсекундной задержкой и кнопка отмены.

В правой части располагается цилиндр с жидкостью, измерительной линейкой и метками. При прохождении меток необходимо вручную запустить/остановить секундомер, чтобы зафиксировать длительность осаждения, которое понадобится для дальнейших самостоятельных расчетов студентами.

Смена любых параметров в панели управления повлечет за собой проигрывание анимации по смене жидкости в цилиндре или изменения размера и вида осаждаемого объекта, а так же изменятся численные значения плотности и вязкости.

Для того чтобы провести опыт, требуется выбрать жидкость, материал осаждаемой частицы, тип осаждаемого объекта и его размер, и нажать кнопку «Начать работу». Спустя две секунды запустится анимация движения, необходимо успеть засечь время осаждения объекта по секундомеру во время прохождения частицы от верхней до нижней метки, указанной на цилиндре.

В левом нижнем углу интерфейса указан закодированный номер варианта, для удоб-

ной проверки отчета по лабораторной работе преподавателем.

Разработанная виртуальная лабораторная работа позволяет проводить опыты по измерению длительности осаждения частиц разного размера и формы в различных жидкостях под действием силы тяжести на компьютере, смартфоне или планшете, в том числе в условиях дистанционного обучения.

Созданное математическое описание и разработанный алгоритм компьютерной программы гравитационного осаждения, в основе которого лежит зависимость скорости осаждения от отношения инерционных сил в потоке и сил трения при различном размере частиц, разной плотности и вязкости среды с учетом коэффициента формы, и позволяет получать реальные значения времени осаждения частиц.

Список источников

1. Дьюи Д. Психология и педагогика мышления / пер. с англ. Н.М. Никольская. М.: Юрайт. 2021. 166 с.
2. Фомичева Е.Е. Виртуальные лабораторные работы в дистанционном обучении физике // Мир науки, культуры, образования. 2022. № 1 (92). С. 64–69.
3. Токарев М.Ю., Виноградов В.В. Компьютерные модели лабораторных работ // Молодежный вестник ИрГТУ. 2011. №2. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2011/02> (дата обращения 20.01.2024).
4. Виноградов В.В., Самохвалов Н.М. Демонстрационная модель технологической схемы мембранного электролиза // Молодежный вестник ИрГТУ. 2012. №4. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2012/04> (дата обращения 20.01.2024).
5. Архипов В.А., Усанина А.С., Золоторев Н.Н., Маслов Е.А. Динамика процесса осаждения твердых частиц в жидкости // Материалы XX Юбилейной Междунар. конф. по вычислительной механике и современным прикладным системам (ВМСППС'2017). (г. Алушта, 24–31 мая 2017г.). Алушта, 2017. С. 612–613.
6. Matteson M.J., Orr C. Filtration: Principles and Practices, revised and expanded. Routledge, 2017. 760 p.
7. Масюткин Е.П., Просвирин В.И., Авдеев Б.А. Влияние формы золь на эффективность очистки дисперсных сред // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. Т. 5. № 8 (59). С. 52–57.
8. Chun R. Adobe Animate Classroom in a Book (2023 release). San Francisco: Adobe Press, 2023. 480 p.
9. Мук К. ActionScript 3.0 для Flash. Подробное руководство. СПб.: Питер, 2011. 992 с.
10. Johnson S. Adobe Flash Professional CS5 on Demand. Indianapolis.: Que Publishing, 2010. 576 p.

Информация об авторах / Information about the Authors

Виноградов Владимир Владимирович,
к.т.н.,
программист,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического университета
в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
vvv158@mail.ru

Vladimir V. Vinogradov,
Cand. Sci. (Eng.),
Programmer,
Branch of the Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
vvv158@mail.ru

Донцов Николай Олегович,
студент,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического университета
в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
uhtt@istu.edu

Nikolay O. Dontsov,
Student,
Branch of the Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
uhtt@istu.edu

Гладышева Любовь Евгеньевна,
преподаватель высшей категории,
филиал Иркутского национального
исследовательского технического университета
в г. Усолье-Сибирском,
665462, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65,
Российская Федерация
gladysheva1956@mail.ru

Lyubov E. Gladysheva,
Teacher of the highest qualifying category,
Branch of the Irkutsk National Research
Technical University in Usolye-Sibirskoye,
65 Mendeleev St., Usolye-Sibirskoye 665462,
Russian Federation
gladysheva1956@mail.ru

Разработка информационной системы для организации предварительных медосмотров в МСЧ ИАПО

© В.П. Людвиг

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В современном здравоохранении, особенно в поликлиниках, процесс подготовки и выдачи документов для предварительных медицинских осмотров сопровождается рядом проблем, связанных с неэффективностью существующих программ. Эти проблемы включают увеличение времени ожидания, риски ошибок и неудобства для сотрудников. В связи с этим, в данной статье предложен новый подход к управлению данными и знаниями в медицинском учреждении, реализованный в виде современной информационной системы для организации предварительных медосмотров, обеспечивающий автоматизацию процесса подготовки и выдачи документов. Система предполагает создание единого инструмента для формирования всех необходимых документов, что должно улучшить эффективность работы поликлиники, сократить временные задержки и уменьшить вероятность ошибок. Подчеркивается важность автоматизации процессов в здравоохранении и необходимость разработки систем, способных обеспечить бесперебойную работу и обмен информацией между различными компонентами структуры здравоохранения, что является определенным вкладом в цифровизацию медицины. Внедрение такой системы способствует повышению уровня удовлетворенности пациентов за счет более быстрого и точного предоставления услуг, а также снижению нагрузки на персонал медицинского учреждения благодаря оптимизации рабочих процессов. Подчеркивается значимость инвестиций в технологии, что является ключевым элементом модернизации здравоохранения, направленным на улучшение качества медицинской помощи и общего взаимодействия с пациентами.

Ключевые слова: автоматизация информационных процессов, информационная система, подготовка и выдача документов, поликлиника, предварительные медицинские осмотры

Development of an information system for organizing preliminary medical examinations at IAPO MSCH

© Vadim P. Lyudvig

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. In modern healthcare, especially in polyclinics, the process of preparing and issuing documents for preliminary medical examinations is accompanied by a number of problems related to the inefficiency of existing programs. These problems include increased waiting times, risks of errors and inconveniences for employees. In this regard, this article proposes a new approach to data and knowledge management in a medical institution, implemented in the form of a modern information system for organizing preliminary medical examinations, providing automation of the process of preparing and issuing documents. The system involves the creation of a single tool for the formation of all necessary documents, which should improve the efficiency of the clinic, reduce time delays and reduce the likelihood of errors. The importance of automating processes in healthcare is highlighted and the need to develop systems capable of ensuring smooth operation and information exchange between various components of the healthcare structure, which is a definite contribution to the digitalization of medicine. The implementation of such a system helps to increase patient satisfaction through faster and more accurate provision of services, as well as reduce the burden on the staff of the medical institution through the optimization of work processes. The importance of investments in technology is emphasized, which is a key element of healthcare modernization aimed at improving the quality of medical care and overall interaction with patients.

Keywords: automation of information processes, information system, preparation and issuance of documents, polyclinic, preliminary medical examinations

Введение

Современные медицинские учреждения производят и накапливают огромные объемы данных. Качество медицинской помощи, общий уровень жизни населения, уровень развития страны в целом зависят от того, насколько

грамотно и эффективно эти данные используются медицинскими работниками. Появилась необходимость использования больших объемов информации при решении медицинских задач (диагностических, терапевтических, статистических, управленческих). В настоящее

время это обуславливает создание медицинских информационных систем в лечебно-профилактических учреждениях. Существующая программа, используемая в медицинской практике, ориентирована на фрагментарное выполнение задач, связанных с формированием документов для медосмотров. Это приводит к неудобствам, увеличивает время ожидания и риски ошибок в медицинской документации. Сотрудникам приходится переключаться между несколькими окнами программы для формирования необходимых документов, что замедляет процесс и увеличивает вероятность ошибок.

С учетом постоянного развития медицинских технологий и растущих стандартов в области здравоохранения, необходимость в современной информационной системе для организации предварительных медосмотров становится крайне актуальной. Такая система должна не только оптимизировать рабочий процесс, но и соответствовать высоким стандартам качества и безопасности.

При разработке системы необходимо уделять внимание не только текущим потребностям поликлиники, но и ее перспективному развитию в соответствии с изменяющейся медицинской практикой и законодательством. Достижение данной цели позволит повысить эффективность работы поликлиники, сократить временные задержки и уменьшить вероятность ошибок в процессе подготовки и выдачи документов для предварительных медицинских осмотров [1].

Важность автоматизации процессов в здравоохранении подчеркивается в исследованиях, указывающих на то, что приблизительно 80 % серьезных медицинских ошибок являются результатом недостаточной координации между различными системами и учреждениями [2]. Это подчеркивает необходимость разработки и внедрения систем, способных обеспечить бесперебойную работу и обмен информацией между различными компонентами системы здравоохранения.

Кроме того, необходимо учитывать вопросы безопасности и защиты данных, поскольку медицинские системы обрабатывают большое количество персональных данных пациентов. Это требует строгого соблюдения стандартов безопасности и применения современных методов защиты информации.

Целью данной работы является автоматизация процесса подготовки и выдачи документов, которая обеспечит единый эффективный алгоритм для дальнейшего проведения предварительных медицинских осмотров. Система будет направлена на устранение несвязности этапов текущего процесса, предоставляя персоналу поликлиники инструмент для формирования всех необходимых документов в рамках медицинского предварительного осмотра [3].

Обзор существующих решений

В рамках реализации стратегии развития единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения областное государственное автономное учреждение здравоохранения «Медсанчасть ИАПО» (ОГАУЗ «МСЧ ИАПО») успешно внедрило лабораторную информационную систему L2. Эта система, представляющая собой набор модулей, оптимизированных для решения специфических задач, была разработана для автоматизации процесса получения результатов исследований и обеспечения эффективного использования всеми специалистами ОГАУЗ «МСЧ ИАПО». L2 интегрирована с программами ТФОМС и РМИС Иркутской области и соответствует методическим рекомендациям Минздрава России.

Внедрение L2 было осуществлено в короткие сроки, что позволило обучить персонал и настроить необходимое оборудование. Система обеспечивает широкий спектр функций, включая управление лабораторными исследованиями, параклиникой и консультациями, что значительно повышает удобство работы для всех пользователей.

Однако, несмотря на значительные преимущества, система L2 столкнулась с определенными ограничениями в автоматизации процесса прохождения предварительных и периодических медицинских осмотров. Врачам приходится вручную вводить информацию, что увеличивает нагрузку и вероятность ошибок. Кроме того, отсутствует функциональность для поиска и выбора вредных производственных факторов, что затрудняет выполнение задач в соответствии с требованиями законодательства [4].

Эти проблемы подчеркивают необходимость дальнейшего развития системы L2,

включая улучшение автоматизации процессов прохождения медицинских осмотров, дополнительную функциональность для удобного поиска и выбора вредных производственных факторов. Такие улучшения помогут повысить эффективность работы персонала, сократить время на выполнение задач и обеспечить соответствие стандартам качества и требованиям законодательства в области здравоохранения.

В ходе сравнительного анализа программных решений для автоматизации процесса предварительного медицинского осмотра были рассмотрены четыре программы: медицинская информационная система (МИС) «МедОсмотр», «ArchiMed+ Профосмотры», «Профосмотры», «Медосмотры 29н». Каждая из этих программ предлагает уникальный набор функций и возможностей, направленных на упрощение и ускорение процесса медицинского осмотра.

Программа МИС «МедОсмотр» выделяется своим интеллектуальным облачным решением, обеспечивающим автоматизацию различных процессов, связанных с медицинским осмотром. Она предлагает передовые функции, включающие автоматизацию создания медицинских карт, формирование направлений на анализы, заключений и договоров, а также автоматический расчет стоимости медицинского осмотра. Однако, несмотря на высокую степень надежности и простоту использования, программа может потребовать дополнительной настройки для полного соответствия специфическим потребностям пользователя.

Программа «ArchiMed+ Профосмотры» предлагает широкий набор функций, в который входит формирование документации, автоматическое назначение докторов и исследований, а также возможность печати различных документов. Однако, она может не подходить для некоторых заказчиков из-за возможных ограничений и недостатков, таких, как несовместимость с некоторыми операционными системами или недостаточная интуитивность интерфейса.

Программа «Профосмотры» предлагает комплексное решение для автоматизации процесса проведения профессиональных медицинских осмотров. Туда входит управление

базой данных пациентов, автоматизация работы с документацией и формирование отчетов. Однако, имея доступ только через интернет, программа может стать неприемлемой для некоторых медицинских учреждений.

Программа «Профосмотр 29н» предлагает функции, включающие управление базой данных пациентов, автоматизацию работы с документацией, формирование отчетов и управление планированием осмотров. Однако, она может не полностью соответствовать потребностям конкретного медицинского учреждения или врача из-за различий в функциональности и интерфейсе.

В результате сравнительного анализа было выявлено, что ни одна из рассмотренных программ не предлагает идеальное решение, которое бы полностью удовлетворяло требованиям и ожиданиям заказчика. Все программы имеют свои сильные и слабые стороны, но ни одна из них не предлагает достаточного количества функций, которые могут быть критически важны для эффективного управления процессом проведения медицинских осмотров. В связи с этим, было принято решение о разработке собственной программы, которая будет полностью соответствовать всем условиям заказчика. Это позволит создать систему, которая будет включать в себя все необходимые функции, но в то же время будет простой в использовании. Таким образом, сможем учесть все пожелания потребителя и предложить ему решение, которое будет максимально эффективно и удобно в использовании.

Основываясь на проведенном анализе и выявленных проблемах с существующими программами для предварительных медицинских осмотров, заказчик пришел к выводу о необходимости разработки новой, инновационной информационной системы. Эта система будет ориентирована на улучшение эффективности работы медицинского персонала, автоматизацию управления данными пациентов и упрощение процесса ведения медицинской документации [5].

Разработка новой системы включает в себя несколько ключевых этапов:

– проектирование информационной системы включает: разработку структуры базы данных и интерфейса пользователя, который

будет интуитивно понятным и удобным для использования;

- тестирование и отладка: после разработки системы необходимо провести тщательное тестирование для выявления и устранения возможных ошибок и проблем;

- внедрение системы: после успешного тестирования система будет внедрена в поликлинику (сюда входит обучение персонала системой);

- мониторинг и поддержка: после внедрения системы необходимо обеспечить ее стабильную работу и постоянную поддержку для быстрого решения возникающих проблем.

Основные требования к новой системе включают следующие функции:

- ввод данных: пользователь должен иметь возможность легко вводить личные данные пациентов, информацию о месте работы и факторах вредности;

- поиск вредных факторов: система должна предоставлять информацию о вредных факторах здоровья и соответствующих медицинских исследованиях;

- формирование документов: пользователь должен иметь возможность легко создавать различные медицинские документы, такие, как маршрутный лист, паспорт здоровья и направления для прохождения специалистов;

- сохранение данных: система должна автоматически сохранять введенные данные,

обеспечивая их доступность для последующего использования.

Нефункциональные требования к системе включают:

- поддержку СУБД SQLite и среды разработки RAD Studio, для обеспечения высокой производительности и надежности системы;

- соответствие системы всем требованиям и нормативам Минздрава Российской Федерации;

- проектирование интуитивного интерфейса: пользовательский интерфейс должен быть простым и интуитивно понятным, что обеспечит удобство использования системы.

В современном здравоохранении, где требования к эффективному управлению медицинской информацией и соответствию строгим стандартам и требованиям заказчика становятся все более высокими, создание эффективной информационной системы для предварительных медосмотров взрослой поликлиники представляет собой ответ на вызовы времени.

Предлагаемое решение – новая информационная система для организации предварительных медосмотров. В рамках выполнения была разработана функциональная схема, представленная на рис. 1, которая объединяет ключевые компоненты системы и обеспечивает комплексное управление информацией.

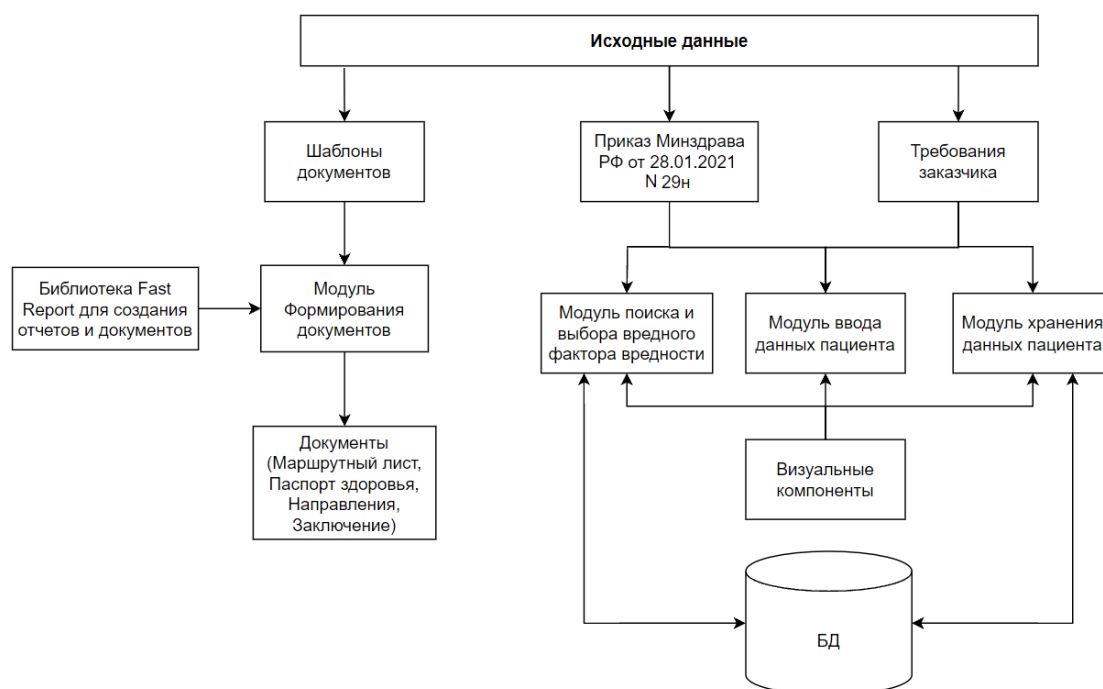


Рис. 1. Функциональная схема

Данная система была спроектирована из исходных данных, которые были предоставлены организацией ОГАУЗ «МСЧ ИАПО». Это были шаблоны документов, которые в процессе медосмотра необходимо заполнить данными пациента (приказ Минздрава РФ от 28.01.2021 N 29н), где отображены все вредные и опасные производственные факторы, а также виды работ, которые являются основанием для направления на обязательные предварительные медицинские осмотры, а также рассмотрим требования заказчика, которые были разделены на функциональные и нефункциональные.

Функциональные требования. Программное обеспечение должно быть ориентировано на предоставление полной и эффективной функциональности, удовлетворяя потребности пользователя на каждом этапе взаимодействия с системой.

1. Модуль ввода данных пациента.

Пользователь взаимодействует с интерфейсом, предоставляющим возможность ввода личных и паспортных данных, а также данных о месте работы.

2. Модуль поиска вредных факторов.

Одним из элементов программы является таблица вредных факторов здоровья, которая реализуется на основании приказа Минздрава РФ 28.01.2021 N 29н. Данный инструмент не только обеспечивает поиск необходимых факторов, но и автоматически предоставляет информацию о соответствующих исследованиях и специалистах.

3. Модуль формирования документов.

Включает в себя инструмент для создания разнообразных документов. После ввода необходимых данных пользователь может легко сформировать маршрутный лист, паспорт здоровья, направления для прохождения специалистов и шаблон заключения. Данная функция делает процесс оформления документации простым и структурированным, после чего пользователь может взглянуть на сформированный документ и выполнить печать.

4. Модуль сохранения данных.

В данном случае будет проектироваться функция авто-сохранения данных, введенных пользователем в базу данных. Сохранение данных в базе гарантирует, что все данные

будут надежно сохранены. Это обеспечит доступность информации для последующего использования и устранил риск потери данных.

Нефункциональные требования. Включают в себя требования, которые не связаны напрямую с конкретными функциями или операциями системы, но определяют ее качественные характеристики. Они могут включать в себя такие аспекты, как производительность, безопасность, надежность.

Поддержка СУБД SQLite и среда разработки RAD Studio

Система должна быть спроектирована и реализована с использованием системы управления базами данных SQLite, которая является легковесной, надежной и простой в интеграции СУБД, что делает его идеальным выбором для этой задачи, кроме того, разработка приложения должна осуществляться в среде разработки RAD Studio, предоставляя различные инструменты для разработки приложений, обеспечивая высокую производительность и эффективность процесса создания программного продукта [6].

Система должна строго соответствовать требованиям и нормативам, установленным приказом Минздрава РФ 28.01.2021 N 29н. Это включает в себя правила обработки медицинских данных, требования к формированию документов и отчетности, а также прочие стандарты, предъявляемые к информационным системам в медицинской сфере.

Интерфейс системы должен быть интуитивно понятным и легким в использовании. Это включает в себя ясную структуру меню, понятные поля, информативные таблицы и логичное распределение функций. Такой подход позволит упростить взаимодействие пользователя с системой, сократить время обучения новых сотрудников и снизить риск возможных ошибок при вводе данных [7].

Макет пользовательского интерфейса, представленный на рис. 2, демонстрирует структуру главного экрана, включающего различные поля ввода данных и функциональные кнопки.

Значительное внимание уделяется элементам, облегчающим ввод информации о пациенте, включая личные данные, документы, удостоверяющие личность, информацию

Рис. 2. Макет главного окна

о направлении и данные о вредных факторах здоровья. Эти компоненты интерфейса тщательно продуманы, чтобы обеспечить простоту и эффективность ввода данных.

Особое внимание уделяется вводу данных о вредных факторах здоровья. В программе предусмотрена таблица, предварительно заполненная в соответствии с приказом Минздрава РФ от 28.01.2021 N 29н, и поле для ввода номера производственного фактора вредности. При нажатии на кнопку «Поиск» система выполняет поиск введенного номера фактора, выводя соответствующую информацию, включая врачей-специалистов, исследования и дополнительные медицинские противопоказания. Для удобства пользователя предусмотрена кнопка «Добавить фактор», позволяющая добавлять новые факторы вредности без необходимости повторного ввода данных.

После заполнения всех необходимых полей пользователь может воспользоваться кнопками в шапке окна для формирования и печати документов. Кнопки «Печать Маршрутного листа», «Печать паспорта здоровья», «Печать направлений» и «Печать заключения» предоставляют возможность предварительного просмотра и печати документов, что

обеспечивает точность и актуальность информации [8].

В процессе создания программного продукта, одним из ключевых этапов стало применение среды разработки RAD Studio, выбранной в соответствии с требованиями заказчика, что значительно упростило весь процесс разработки, начиная от проектирования интерфейса и заканчивая его внедрением [9]. Это позволило создать интерфейс, который легко понимается пользователем. Для надежного хранения данных, обеспечения их целостности и доступности была выбрана база данных SQLite. Для создания документов использовалась библиотека FastReport VCL, которая известна своей способностью создавать высококачественные отчеты и документы [10].

Заключение

Информационные системы играют важную роль при автоматизации процессов обслуживания пациентов в поликлинике. Это обусловлено использованием большого и постоянно увеличивающегося в объеме количества информации при решении медицинских задач. Результатом является реализованная и готовая к применению автоматизированная ин-

формационная система для обеспечения более удобной работы медицинского персонала с сопровождающей процесс приема пациента документацией. Основными целями системы являются: прием пациентов с последующим формированием необходимой документации и хранение данных о пациентах.

В ходе работы была достигнута поставленная цель и решены задачи, необходимые для достижения цели, а именно был проведен

анализ предметной области, сделан обзор конкурентов, применены технологии проектирования, и выполнена реализация автоматизированной системы. Принимая во внимание результат проведенной работы и востребованность данных систем на рынке, можно сделать вывод о том, что данная автоматизированная система при внедрении в медицинское учреждение будет удобна в использовании для медицинского персонала поликлиники.

Список источников

1. Борисов И.В., Бондарь В.А., Кудинов Д.А., Некрасова Ю.Ю., Канарский М.М., Прадхан П., и др. Проблемы и перспективы информационных технологий в здравоохранении России: современные реалии // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2022. Т. 4. № 4. С. 271–282.
2. Yasser K. Alotaibi., Federiko Frank. The impact of health information technology on patient safety // National Library of Medicine. 2017. № 38 (12). <https://doi.org/10.15537/smj.2017.12.20631>.
3. Кретьева И.Г. Основы социальной медицины. Самара: Самарский университет, 2008. 292 с.
4. Юдин В.И., Широкова О.В. Перспективы и роль цифровых технологий в реформировании российского здравоохранения // Здоровье мегаполиса. 2020. Т. 1. № 1. С. 72–86. Режим доступа: <https://www.city-healthcare.com/index.php/magazine/issue/view/1> (дата обращения: 10.03.2024).
5. Паклин Н.Б. Бизнес-аналитика. От данных к знаниям. СПб.: Питер, 2013. 701 с.
6. Осипов Д.Л. Базы данных и Delphi. Теория и практика. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 752 с.
7. Избачков Ю.С., Петров В.Н., Васильев А.А., Телина И.С. Информационные системы. СПб.: Питер, 2011. 544 с.
8. Тидвелл Дж. Разработка пользовательских интерфейсов. СПб.: Питер, 2008. 416 с.
9. Фленов М.Е. Программирование в Delphi глазами хакера. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 480 с.
10. Культин Н.Б. Основы программирования в Delphi XE. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.

Информация об авторе / Information about the Author

Людвиг Вадим Петрович,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
vadim-lyudvig@mail.ru

Vadim P. Lyudvig,
Student,
Institute of Information Technologies and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
vadim-lyudvig@mail.ru

Анализ работы песочных систем локомотива и пути их совершенствования

© Т.В. Волчек, А.А. Рыжкова

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

Аннотация. На Восточном полигоне эксплуатируются электровозы переменного тока с коллекторным электроприводом, которые из-за своей мягкой тяговой характеристики подвержены боксованию колесных пар, которое приводит к разрушению механической части локомотива, нарушению работы тяговых электродвигателей, а главное – к снижению силы тяги локомотива. В статье рассмотрены способы повышения коэффициента сцепления колеса с рельсом, а именно, конструкция и принцип работы системы подачи песка под колесные пары и установленного устройства активации трения, предназначенного для добавления специального вещества в пятно контакта колеса с рельсом. Выявлены недостатки существующей песочной системы на локомотиве и технологического процесса его заправки, которые вызывают простои локомотивов, что несет значительный ущерб компании открытое акционерное общество «Российские железные дороги». Представлены способы усовершенствования песочной системы за счет непрерывной регулируемой подачи песка. Описан подход к сокращению времени технологического процесса заправки локомотива песком за счет применения автоматизированной системы пескоподдачи в пункте экипировки локомотивов и модульной конструкции песочной системы. В совокупности все рассмотренные способы совершенствования систем пескоподдачи и методы заправки локомотивов песком способствуют уменьшению простоев локомотивов.

Ключевые слова: песочная система, боксование, коэффициент сцепления, электровоз, простой, технологический процесс

Analysis of locomotive sand systems and ways to improve them

© Tatyana V. Volchek, Anna A. Ryzhkova

Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University,
Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract. At the Eastern training ground, AC electric locomotives with a commutator electric drive are operated, which, due to their soft traction characteristics, are susceptible to wheel pairs slipping, which leads to the destruction of the mechanical part of the locomotive, disruption of the operation of traction electric motors, and most importantly, to a decrease in the traction force of the locomotive. The article discusses ways to increase the coefficient of traction between a wheel and a rail, namely, the design and principle of operation of the sand supply system under the wheelsets and the installed friction activation device, designed to add a special substance to the contact patch of the wheel with the rail. The article reveals the shortcomings of the existing sand system on the locomotive and the technological process of its refueling, which cause downtime of locomotives, which causes significant damage to the company Open Joint Stock Company "Russian Railways". The article presents ways to improve the sand system through continuous controlled supply of sand. The article describes an approach to reducing the time of the technological process of filling a locomotive with sand through the use of an automated sand supply system at the locomotive equipment point and the modular design of the sand system. Taken together, all the considered methods for improving sand supply systems and methods for filling locomotives with sand help reduce locomotive downtime.

Keywords: sand system, slippage, coefficient of traction, electric locomotive, simple, technological process

В настоящее время на железной дороге Восточного полигона активно эксплуатируются грузовые и пассажирские электровозы переменного тока таких серий как ВЛ80, ВЛ85, Э5К, 2(3)ЭС5К, ЭП1 и ЭП1М. Данные электровозы оборудованы коллекторными тяговыми электродвигателями (ТЭД) последовательного возбуждения, которые в большей

степени подвержены возникновению боксования из-за своих мягких тяговых характеристик, которые при срыве сцепления колеса с рельсом способствуют развитию разносного боксования, которое приводит к потере тяговых сил, к разрушению колесной пары, тяговой передачи, к нарушению работы ТЭД [1].

В связи с этим, главной задачей локомотивного комплекса является обеспечение повышения коэффициента сцепления колес тележек локомотива с поверхностью рельс. Этот коэффициент является одним из основополагающих факторов, обеспечивающих эффективность перевозок железнодорожным транспортом. Другая немаловажная задача – обеспечение безопасного трогания подвижного состава с места. Наиболее распространенным способом повышения сцепления движущих колес с рельсами на подвижном составе железных дорог является подача частиц кварцевого песка в струе сжатого воздуха за счет применения песочной системы, установленной на локомотиве.

На примере электровоза серии ВЛ80 рассмотрим конструкцию песочной системы (рис. 1). У электровозов серии «Ермак» данная конструкция подобная и включает в себя такие элементы, как:

- бункеры (песочницы), которые выполняют функцию хранения запаса сухого песка;
- форсунки, необходимые для подачи песка на поверхность рельса, в точку контакта с колесом;

– трубопроводы, объединяющие систему в единое целое и необходимые для транспортировки песка;

– устройства управления песочной системой.

Одним из основных элементов системы пескоподдачи являются форсунки, которые выполняют функцию дозирования необходимого количества песка (рис. 2).

Бункеры песочной системы электровоза находятся в его кузове. Они представляют собой емкости, которые изготовлены с помощью сварочных соединений. Общий объем бункеров песочной системы для одной секции электровоза серии «Ермак» составляет 1200 л (8 бункеров на одной секции). Загрузка песка производится через люки, расположенные на крыше. Для просеивания песка в горловинах бункеров имеются сетки.

Заправка локомотива песком происходит в пунктах их экипировки при выполнении технического обслуживания в объеме ТО-2 (для электровозов серии «Ермак» 1 раз в 240 ч., а зачастую и вне регламента ТО-2, т. к. расход песка на локомотиве во многом зависит от погодных условий, и иногда его не хватает на 240 ч. Один из самых крупнейших пунктов тех-

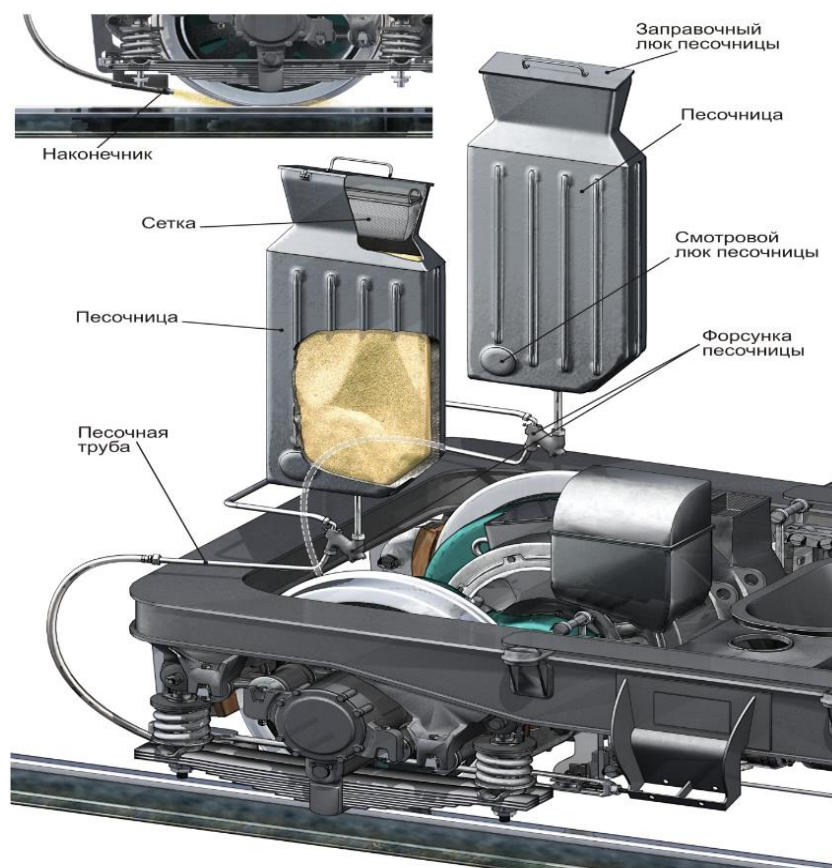


Рис. 1. Песочная система электровоза

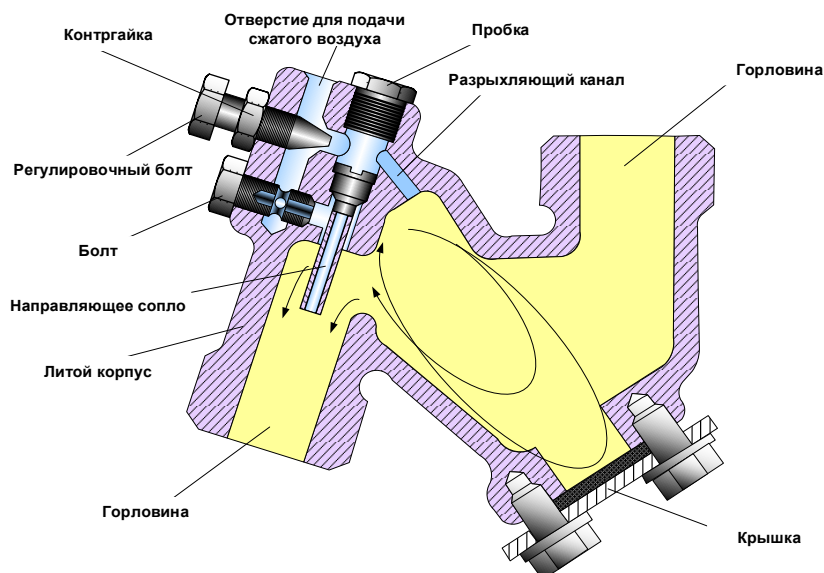


Рис. 2. Форсунка песочной системы

нического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) на Восточном полигоне находится на станции Мариинская. На рис. 3 представлен расход песка ежемесячно в 2023 г. в данном ПТОЛ, по которому видим, что наибольший расход песка приходится на месяцы: декабрь, январь и февраль.

Экипировка локомотива песком занимает значительное время (около 70 мин. электроваз серии ЗЭС5К), что приводит к простоям локомотива, а, следовательно, к снижению качественных и количественных показателей его использования.

Данную проблему возможно решить тремя способами:

- модернизировать песочное оборудование локомотива, которое позволит сократить расход песка;

- внедрить новое оборудование для борьбы с боксованием локомотива, что позволит сократить расход песка или полностью отказаться от него;

- усовершенствовать систему пескозаправки на пункте экипировки, что позволит сократить на нее нормы времени.

В настоящее время на электровазах серии «Ермак» применяются устройство активации трения, которое состоит из:

- активатора трения, представляющего деталь из алюминиевого сплава с равномерно полостями заполненными специальным композитом для активизации повышенного трения;

- пневматического привода, осуществляющего функцию прижатия к поверхности катания колеса локомотива активатора трения.

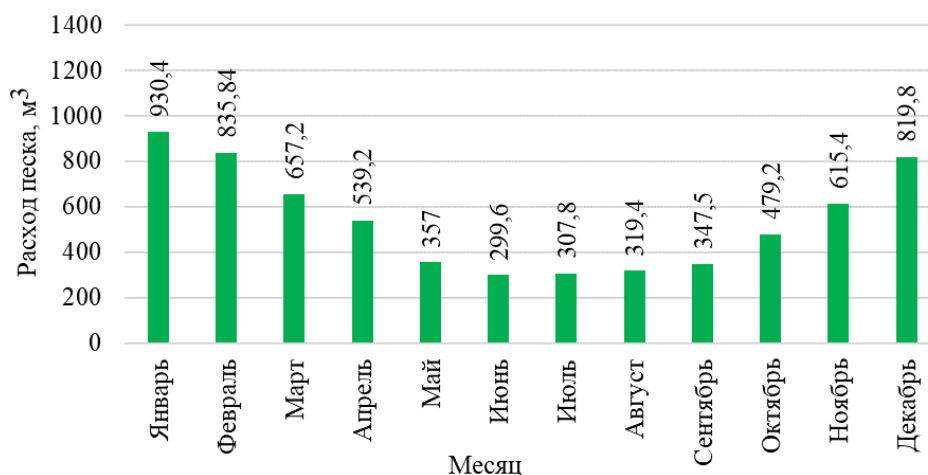


Рис. 3. Расход песка на пункте технического обслуживания локомотивов станции Мариинск для экипировки локомотивов за 2023 год

Функционирование этого устройства синхронизировано с работой систем безопасности и управления. В 2021 г. на полигоне Северо-Кавказской дирекции тяги и на участке Большой Луг – Слюдянка Восточного полигона были проведены опытные поездные испытания устройства активации трения, которые показали, что применение данного оборудования позволяет сократить расход песка, а также стабилизировать коэффициент сцепления колеса с рельсом [2, 3].

Также многими учеными и специалистами были разработаны пути совершенствования самой песочной системы на локомотиве, т. к. установленная система пескоподачи имеет множество недостатков. Одним из которых является отсутствие возможности регулировать количество подаваемого песка под колеса, что приводит к необоснованному его перерасходу. Также известно, что регулировка количества песка, которое подается под колеса локомотивов, осуществляется с помощью регулировочного винта в форсунке песочной системы, крепление которого зачастую ослабевает, что приводит к самовывертыванию и к избыточному неконтролируемому расходу песка.

В связи с этим учеными Ростовского университета путей сообщения разработана новая конструкция регулировочного винта, а также предложено установить на трубопровод перед форсункой вентиль с сервоприводом для непрерывной регулируемой подачи песка в область контакта колеса с рельсом в зависимости от скорости движения поезда и увлажнения поверхности головки рельса [4, 5].

Учеными Иркутского государственного университета путей сообщения для реализации

непрерывной автоматической подачи песка предлагается новый адаптивный алгоритм управления системой пескоподачи, для реализации которого необходим микроконтроллерный вычислитель и датчики измерения угловой скорости вращения колесных пар и линейной скорости поезда [6].

Что касается процесса заправки локомотива песком, то в настоящее время используется устаревшая технология, которая заключается в поочередном направлении пескозаправочного рукава в каждый бункер локомотива. Для ускорения данного процесса предложена автоматизированная система экипировки локомотива песком, позволяющая сократить нормы времени не менее чем в 3 раза, за счет разработанного автоматизированного пескоподающего рукава [7–9].

Также учеными Российского университета транспорта для ускорения технологического процесса заправки предлагается модульная конструкция песочной системы, которая состоит из съемных бункеров с песком вместо емкостей, изначально закрепленных на локомотиве. Перемещение подготовленных бункеров на пункте экипировки к месту заправки планируется осуществлять с помощью роботов-манипуляторов, которые выполнены в виде руки, состоящей из стрелы с системой рычагов, обладающими несколькими степенями свободы [10].

Таким образом, можно сделать вывод, что для снижения простоя локомотивов необходимо усовершенствование системы пескоподачи и системы пескозаправки локомотива песком, что в совокупности позволит сократить пробег локомотива между экипировками и снизить время самой заправки локомотива песком.

Список источников

1. Волков И.В., Булавин Ю.П., Коновалов П.Ю., Крутских В.Ю. Особенности реализации сцепных свойств локомотивов в условиях эксплуатации // Транспорт: наука, образование, производство: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практич. конф. (г. Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2021 г.). Ростов-на-Дону, 2021. Т. 2. С. 174–177.
2. Майба И.А., Ананко А.М., Бекетов А.С., Никитина М.И. Обоснование технических требований к активаторам трения в зоне контакта "колесо – рельс" // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2017. № 1 (65). С. 54–61.
3. Валинский О.С., Воробьев А.А. Перспективы использования активаторов трения колес тягового подвижного состава с рельсом на Восточном полигоне ОАО «РЖД» // Актуальные проблемы науки и техники: сб. науч. статей по материалам VIII Междунар. науч.-практич. конф. (г. Уфа, 15 апреля 2022 г.). Уфа, 2022. С. 56–67.
4. Волков И.В., Булавин Ю.П., Коновалов П.Ю. Управление сцеплением колес локомотива с рельсами на основе дозированной подачи песка // Транспорт: наука, образование, производство: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практич. конф. (г. Ростов-на-Дону, 20–22 апреля 2020 г.). Ростов-на-Дону, 2020. Т. 3. С. 294–297.

5. Булавин Ю.П., Коновалов П.Ю., Волков И.В. Экспериментальное исследование работы модернизированной форсунки песочницы в условиях вибрации // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (85). С. 8–15. https://doi.org/10.46973/0201-727X_2022_1_8.
6. Круглов С.П., Ковыршин С.В., Иванов П.Ю., Исупов С.А. Адаптивная подсыпка песка на локомотиве // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 2 (70). С. 104–112. <https://doi.org/10.26731/1813-9108>.
7. Капитанова А.В., Лукин И.М., Волчек Т.В. Анализ систем пескоподачи на локомотивах в пунктах технического обслуживания // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2023. № 1 (34). С. 30–34.
8. Volchek, T., Tomilov V. Development of an automated sand supply system for places of technical inspection of locomotives // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 376. P. 04031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337604031>.
9. Волчек Т. В., Томилов В.С., Лобыцин И.О. Повышение производительности пунктов экипировки локомотивов песком // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: Труды XXVII Всеросс. науч.-практич. конф. КРИЖТ ИрГУПС (г. Красноярск, 03 ноября 2023 г.). Красноярск, 2023. С. 167–170.
10. Балабин В.Н., Скоркин В.Б. Прогрессивная система экипировки локомотивов песком // Локомотив. 2015. № 7 (703). С. 37–38.

Информация об авторах / Information about the Authors

Волчек Татьяна Витальевна,
к.т.н., доцент,
доцент кафедры эксплуатации железных дорог,
Красноярский институт железнодорожного
транспорта – филиал Иркутского государственного
университета путей сообщения,
660028, г. Красноярск, ул. Ладос Кецохевели, 89,
Российская Федерация
tanya.vol4eck@yandex.ru

Tatyana V. Volchek,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Railway Operation Department,
Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch
of Irkutsk State Transport University,
89 Lado Ketskhoveri St., Krasnoyarsk 660028,
Russian Federation
tanya.vol4eck@yandex.ru

Рыжкова Анна Андреевна,
студент,
Красноярский институт железнодорожного
транспорта – филиал Иркутского государственного
университета путей сообщения,
660028, г. Красноярск, ул. Ладос Кецохевели, 89,
Российская Федерация
anna.ryzhkova.02@bk.ru

Anna A. Ryzhkova,
Student,
Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch
of Irkutsk State Transport University,
89 Lado Ketskhoveri St., Krasnoyarsk 660028,
Russian Federation
anna.ryzhkova.02@bk.ru

Оценка работы пассажирского общественного транспорта на примере маршрута в крупном городе

© М.А. Галак, А.Е. Смольянов, А.Э. Ларикова, С.А. Яценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена самой трудоемкой работе в сфере обследования пассажиропотоков в крупных городах – сбору исходной информации на остановочных пунктах, ее анализу и интерпретации, в целях повышения качества обслуживания населения на регулярных автобусных маршрутах. Приведены методы и средства для обследования глазомерным способом небольшим количеством исследователей на специально отобранных остановочных пунктах. Представлены инструменты проверки статистических данных, их сбор и анализ. Сделаны выводы о том, что от регулярности проведения обследования пассажиропотоков и возможности расчета основных технико-эксплуатационных показателей работы городского маршрута, можно выявить и устранить конкретные проблемы, от которых зависит удовлетворенность населения в перевозках общественным пассажирским транспортом. Однократное транспортное исследование не дает объективной оценки качества работы общественного транспорта, так как невозможно сравнить показатели его работы и определить уровень обслуживания пассажиров. Несмотря на стабильный пассажиропоток на маршруте, различие в интервалах движения автобусов делает планирование поездок более трудным. Отсутствие средств отслеживания у частных перевозчиков ухудшает ситуацию. Поэтому необходимо проводить исследования пассажиропотоков на маршрутах города постоянно, чтобы выявлять проблемные маршруты и находить инструменты для повышения качества обслуживания пассажиров. Только устранение проблем на маршрутах поможет добиться комфортной и эффективной городской транспортной системы.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, вместимость, подвижной состав, исследования пассажиропотоков, пассажиропоток, городской маршрут

Evaluation of the work of passenger public transport in the case of a route in a large city

© Maksim A. Galak, Alexander E. Smolyanov, Anastasia E. Larikova, Svetlana A. Yatsenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the most labor-intensive work in the field of passenger traffic survey in large cities, that is, the collection of initial information at bus stops, its analysis and interpretation, in order to improve the quality of public service on regular bus routes. The article presents methods and means for visual inspection by a small number of researchers at specially selected stopping points, and also presents tools for checking statistical data, their collection and analysis. The article draws conclusions that from the regularity of surveying passenger flows and the possibility of calculating the main technical and operational indicators of the operation of a city route, it is possible to identify and eliminate specific problems on which the satisfaction of the population in transportation by public passenger transport depends. A single transport study does not provide an objective assessment of the quality of urban passenger transport, since it is impossible to compare the performance of its work and determine the level of passenger service. Despite a stable passenger flow on the route, the difference in bus intervals makes travel planning more difficult. The lack of traceability for private carriers makes things worse. Therefore, it is necessary to constantly conduct research on passenger flows on the routes of the city in order to identify problematic routes and find tools to improve the quality of passenger service. Only the elimination of problems on the routes will help to achieve a comfortable and efficient urban transport system.

Keywords: passenger transport, capacity, rolling stock, vehicle, passenger traffic studies, passenger traffic, urban route

Пассажирский транспорт – сектор экономики России, который играет важную роль в перевозке населения. На его долю приходится около 95 % перевозки пассажиров с учетом городского общественного транспорта. В свете социально-экономических преобразо-

ваний, направленных на повышение качества жизни горожан, роль автомобильного пассажирского транспорта непрерывно растет. Он становится все более востребованным и необходимым для обеспечения комфортабельности и безопасности перевозок на дорогах.

Вместе с тем в работе этого вида транспорта еще сохраняется ряд серьезных недостатков [1]. Более 50 % общего объема пассажирских перевозок в стране сейчас обслуживается именно автомобильным транспортом, он же является важнейшим инструментом обеспечения мобильности населения и удовлетворения его потребностей в транспортном обслуживании [2]. В связи с этим начинается новая стадия формирования и развития пассажирского автомобильного транспорта, которая требует повышения стандартов транспортных услуг, основанных на наиболее передовых методах управления качеством. Это способствует более гибкому реагированию систем транспортного обслуживания на изменение потребностей в транспорте у населения и приводит к их адекватной трансформации на пути к более эффективному обеспечению транспортной доступности [3]. За последние 10–12 лет в России произошли значительные социально-экономические изменения, которые повлияли на систему организации и управления транспортом. Большинство общественного транспорта в регионах было приватизировано, что привело к увеличению числа индивидуальных перевозчиков и небольших частных предприятий. Однако такая монополизация привела к тому, что система стала менее управляемой и более затратной. В настоящее время транспорт работает в условиях, когда реальный сектор экономики и доходы населения стабилизируются, а пассажирский транспорт остается одним из ключевых в этой отрасли. Необходимость своевременного и качественного удовлетворения спроса на перевозки становится социальной проблемой, влияющей на отношение населения не только к транспортным услугам, но и к процессам в регионах и стране в целом [4].

Одной из наиболее актуальных и серьезных проблем в пассажирском транспорте являются нелегальные перевозки. Нелегальные перевозчики, действуя вне закона, не только ущемляют добросовестных перевозчиков, отбирая у них клиентов и доходы, но и создают риски для горожан. Кроме того, часто пассажиры не могут отличить легальных перевозчиков от нелегальных, и выбирают их неосознанно. В результате нелегальной перевозки пассажиры могут не получить полный набор

услуг, предусмотренный договором страхования, что может помешать им в дальнейшем добраться до нужного места и привести к задержкам в доставке. Это особенно актуально в случае работы с регулярными маршрутами и постоянными перевозчиками. Существенным недостатком транспортного законодательства является отсутствие закреплённого обязательного лицензионного порядка допуска всех перевозчиков на рынок автотранспортных услуг [5, 6].

Методом исследования пассажиропотоков в крупном городе являлся глазомерный способ, заключающийся в оценке наполнения автобусов, по специально разработанной балльной шкале, на остановочном пункте.

Целью данной работы является оценка функционирования общественного транспорта в крупном городе с участием небольшого числа исследователей.

Оценка работы пассажирского общественного транспорта была проведена в г. Иркутске с участием студентов транспортной специальности Иркутского национального исследовательского технического университета. Сбор исходных данных проводился 03.10.22 г. и 17.10.22 г. с 06:00 до 23:00 на остановках общественного транспорта «Художественный музей» (в сторону Центрального рынка) и «Трилиссера» (в сторону многофункционального торгового центра «Новый»). На остановочных пунктах были собраны данные о движении городских маршрутов и проведен сравнительный анализ полученной информации. Во время сбора данных фиксировались госномера общественного транспорта, марка автобуса, заполненность транспортного средства, время прибытия на остановку и интервал движения.

Для облегчения обработки полученных данных, были разработаны унифицированные формы, которые после заполнения обрабатывались с помощью программных продуктов Microsoft Office.

Для проверки точности фиксации госномера транспортного средства использовались онлайн-сервисы, например, такие как «Автопроверка» и «Номерограм». Использование нескольких сервисов позволило минимизировать ошибки, возникающие в расчетах (рис. 1, 2).

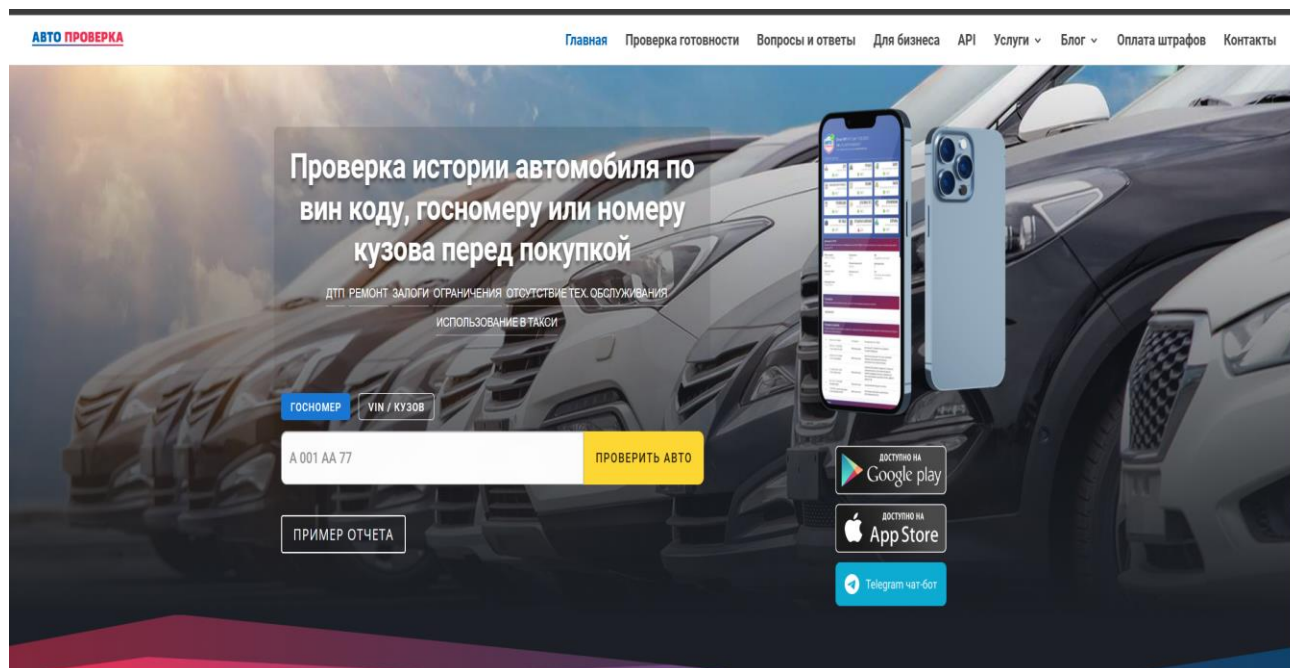


Рис. 1. Сервис проверки автомобилей «Автопроверка»

·N· Номерограм

В Номерограме можно бесплатно пробить машину по госномеру. Vin не нужен. Мы ищем фотографии автомобилей в соцсетях и интернете, помимо фото знаем пробеги и цены, находим по гос. номеру такси, ДТП и аварии.



Хотите добавить на сайт свои фото?

Добавить фото авто

Поиск авто по номеру



Искать

Рис. 2. Сервис проверки автомобилей «Номерограм»

Исходные данные, собранные на остановочном пункте внесены в табл. 1.

На основании табл. 1 были рассчитаны следующие показатели работы каждого маршрута общественного транспорта:

- время работы маршрута;
- количество оборотов в течение дня;
- время нахождения в наряде каждого автобуса;
- количество пассажиров, перевезенных в течение дня;
- наполнение каждого автобуса.

Для подробного анализа исходной статистической информации был выбран маятниковый автобусный маршрут № 12 «Сквер им. Кирова – Верхняя набережная», поскольку он проходит через оба пункта наблюдения, что позволяет получить более наглядное и объек-

тивное представление о пассажирских перевозках г. Иркутска.

В табл. 2 и 3 приведены данные о работе автобусного маршрута № 12 на остановках «Художественный музей» и «Трилиссера».

Данные, представленные в табл. 2 и 3, наглядно показывают, что в обоих случаях используются автобусы только малого класса типа «Газель Сити» и Inveco Daily в количестве пяти единиц. Такие автобусы обычно используются на маршрутах с небольшим пассажиропотоком, а также на сезонных пригородных маршрутах. Далее был проведен сравнительный анализ показателей работы автобусного маршрута № 12 на исследуемых остановочных пунктах, в частности «среднее время работы на маршруте» и «время работы маршрута за сутки» (рис. 3) [8].

Таблица 1. Пример заполненной формы результатов исследования на остановочном пункте

Время прибытия	Гос. номер	Марка автобуса	Наполнение от 1 до 5 баллов	Интервал, мин
7:11	р340ва138	«Газель Сити»	2	–
7:19	м350ва138	«Газель Сити»	5	0:08
7:41	к892ве138	«Газель Сити»	4	0:22
8:41	к892ве138	«Газель Сити»	4	1:00
8:58	р422ва138	«Газель Сити»	3	0:17
9:07	р340ва138	«Газель Сити»	2	0:09
9:19	м350ва138	«Газель Сити»	2	0:12
10:06	р340ва138	«Газель Сити»	1	0:47
10:22	м350ва138	«Газель Сити»	1	0:16
10:40	к892ве138	«Газель Сити»	3	0:18
11:22	м350ва138	«Газель Сити»	2	0:42
11:46	о400тт38	Iveco Daily	2	0:24
11:55	р422ва138	«Газель Сити»	2	0:09
12:40	к892ве138	«Газель Сити»	2	0:45
13:22	м350ва138	«Газель Сити»	2	0:42
13:40	к892ве138	«Газель Сити»	1	0:18
13:53	р422ва138	«Газель Сити»	1	0:13
14:10	р340ва138	«Газель Сити»	1	0:17
14:36	к892ве138	«Газель Сити»	1	0:26
14:54	р422ва138	«Газель Сити»	1	0:18
15:09	р340ва138	«Газель Сити»	1	0:15
15:36	к892ве138	«Газель Сити»	1	0:27
15:50	р422ва138	«Газель Сити»	1	0:14
16:02	м350ва138	«Газель Сити»	1	0:12
16:39	к892ве138	«Газель Сити»	2	0:37
16:53	р422ва138	«Газель Сити»	2	0:14
17:20	р340ва138	«Газель Сити»	3	0:27
17:41	к892ве138	«Газель Сити»	3	0:21
17:51	р422ва138	«Газель Сити»	1	0:10
17:55	р340ва138	«Газель Сити»	2	0:04
18:17	м350ва138	«Газель Сити»	1	0:22
18:54	р422ва138	«Газель Сити»	1	0:37
19:03	р422ва138	«Газель Сити»	1	0:09
19:59	о400тт38	Iveco Daily	1	0:56

Таблица 2. Расчетные показатели работы маршрута № 12 на остановке «Художественный музей» г. Иркутска

Номер маршрута	Начальная – конечная остановки	Остановка обследования	Тип маршрута	Протяженность маршрута, км	Среднее время работы на маршруте, ч	Среднее время в наряде транспортного средства T_n	Количество оборотов в день, ед.	Количество транспортных средств на маршруте, ед.		
								общее	max в «час пик»	min в «меж пик»
12	Сквер Кирова – Верхняя набережная	Худ. музей	Радиальный	7,31/7,56	11:30	9:42	45	5	4	1
Класс транспортного средства			Марки подвижного состава	Вместимость, пасс.		Средний коэффициент наполнения	Объем перевозок за сутки, пасс.	Средний интервал за сутки, ч	Тариф, руб.	
Максимальное количество транспортных средств каждого класса										
Малый	Средний	Большой								
5	–	–	«Газель Сити»	22	35	0,3	441	0:15	30	

Таблица 3. Расчетные показатели работы маршрута № 12 на остановке «Трилиссера»

Номер маршрута	Начальная – конечная остановки	Остановка обследования	Тип маршрута	Протяженность маршрута, км	Время работы маршрута, ч	Среднее время в наряде транспортного средства T_n , ч	Количество оборотов в день, ед.	Количество транспортных средств на маршруте, ед.		
								общее	max в «час пик»	min в «меж пик»
12	Сквер Кирова – Верхняя набережная	Трилиссера	Радиальный	7,31/7,56	13:16	10:24	36	5	4	1
Класс транспортного средства			Марки подвижного состава	Вместимость, пасс.		Средний коэффициент наполнения	Объем перевозок за сутки, пасс.	Средний интервал за сутки, ч	Тариф, руб.	
Максимальное количество транспортных средств каждого класса										
Малый	Средний	Большой		$q(n)$	$q(p)$					
5	–	–	«Газель Сити»	22	35	0,4	490	0:23	30	
			Iveco Daily	22	35					

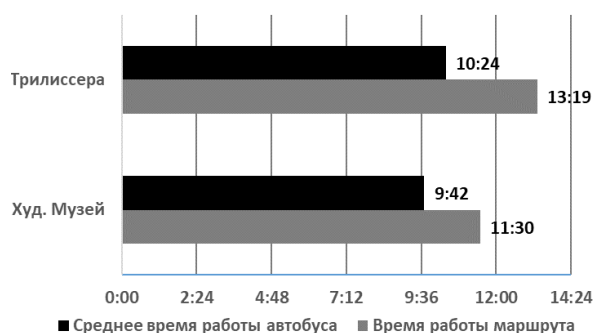


Рис. 3. Анализ показателей «среднее время работы на маршруте» и «время работы маршрута за сутки»

Обследование показало, что время работы маршрутов общественного транспорта значительно варьируется в разные дни недели и месяцы, что создает серьезные неудобства для пассажиров и не дает им возможности считать его надежным средством передвижения в городе. Это предварительные исследования, которые были собраны только один раз, что не позволило в полной

мере получить объективную оценку качества работы городского пассажирского транспорта. Для улучшения качества транспортных услуг в будущем необходимо продолжать собирать подобную информацию и анализировать ее.

На рис. 4 демонстрируется корреляция между количеством оборотов автомобилей и пассажиропотока на исследуемых остановочных пунктах.

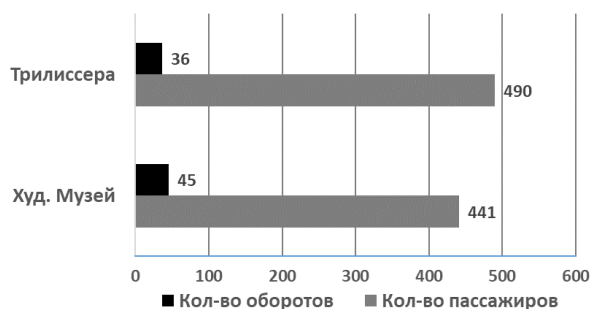


Рис. 4. Анализ показателя «количество оборотов» и «количество перевезенных пассажиров на маршруте»

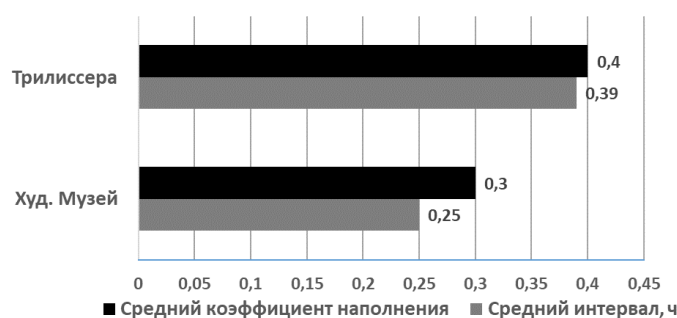


Рис. 5. Анализ показателей «наполнение автобусов» и «интервал движения на маршруте»

По результатам наблюдений можно сказать, что пассажиропоток на данном маршруте остается достаточно стабильным и не зависит от графика движения автобусов, что связано с отсутствием альтернативных способов передвижения между конечными остановками данного маршрута.

На рис. 5. проведен анализ показателей средней наполняемости транспортных средств за сутки и средним интервалом прибытия на остановочные пункты.

Средний интервал между автобусами заметно меняется, из-за неравномерной нагрузки на улично-дорожную сеть в разные дни и отсутствия выделенных полос для общественного транспорта. Это приводит к уменьшению скорости автобусов, что замедляет движение по маршруту и снижает количество оборотов во время работы.

По результатам сравнительного анализа работы регулярного городского автобусного маршрута № 12 можно сделать следующие

выводы:

1. Однократное транспортное исследование не позволяет объективно оценить качество работы городского пассажирского общественного транспорта, т. к. невозможно сравнить показатели его работы и определить качество обслуживания пассажиров.

2. Несмотря на состояние стабильного пассажиропотока на маршруте, интервал движения автобусов существенно различается, что усложняет планирование передвижений для пассажиров. Отсутствие на маршрутах частных перевозчиков контролирующих устройств отслеживания транспортных средств, лишь усугубляет эту проблему.

3. Необходимо на постоянной основе проводить исследования пассажиропотоков на маршрутах города, чтобы выявить проблемные маршруты и оценивать их эксплуатационные показатели. Это позволит найти инструменты устранения проблем на маршрутах в целях повышения качества обслуживания пассажиров.

Список источников

1. Титова С.С. Проблемы качества перевозки пассажиров в условиях городской агломерации // Молодой ученый. 2018. № 23 (209). С. 241–245.
2. Новикова Л.В., Громзина А.А. Проблематика пассажирских перевозок: материалы X Междунар. студ. науч. конф. «Студенческий научный форум» (г. Москва, с 1 декабря 2017 г. по 21 мая 2018 г.). Москва, 2017–2018. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018003596?ysclid=lv0kp577cr212980430> (дата обращения: 10.04.2023).
3. Ковалева Т.С., Матвеева М.А., Михайлов А.Ю. Оценка надежности работы городского пассажирского транспорта в Иркутске // Сборник научных трудов Ангарского государственного университета. 2014. Т. 1. № 1. С. 191–193.
4. Сафронов К. Э. Роль доступного общественного транспорта в социально-экономическом развитии городов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 2 (24). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-dostupnogo-obshchestvennogo-transportav-sotsialno-ekonomicheskom-razviti-gorodov/viewer> (дата обращения: 10.04.2024).
5. Кирсанов С.А., Анопоченко Т.Ю. Проблемы организации городского транспорта в России // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2014. № 4. С. 62–69.
6. Горев А.Э. Развитие городских транспортных систем крупных городов // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2016. № 6 (67). Режим доступа: <http://relay.rotransport.com/transportrf/archiv/670/#a120> (дата обращения: 10.04.2024).
7. Давыдова Л.В., Ильминская С.А. Проблемы и перспективы развития городского пассажирского транспорта // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. Т. 7. № 12 (198). С. 2–11.

8. Берли П.А. Городской общественный транспорт: как создать условия развития // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2012. № 3–4 (40–41). С. 4–5.
9. Рахматуллина А.Р. Роль общественного транспорта в развитии современных городов // Вестник университета. 2014. № 8. С. 154–157.
10. Гладских Е.Ю., Озернова Н.А. Общественный транспорт как логистическая система в инфраструктуре мегаполисов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2015. № 10. С. 28–32.
11. Попова Е.Е. Организационные основы функционирования региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте. // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. Т. 25. № 1. С. 37–44.

Информация об авторах / Information about the Authors

Галак Максим Андреевич,
студент,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
galak.m68@gmail.com

Maksim A. Galak,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
galak.m68@gmail.com

Смолянов Александр Евгеньевич,
студент,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
neravin.47@gmail.com

Alexander E. Smolyanov,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
neravin.47@gmail.com

Ларикова Анастасия Эдуардовна,
студент,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
larikova_nasta@mail.ru

Anastasia E. Larikova,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
larikova_nasta@mail.ru

Яценко Светлана Анатольевна,
к.т.н.,
доцент кафедры автомобильного транспорта,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
s.a.yatcenko@gmail.com

Svetlana A. Yatsenko,
Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor, Department of Road Transport,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
s.a.yatcenko@gmail.com

Влияние цвета и форм в интерьере на психологическое состояние человека

© А.Ю. Будаговская

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Человек на уровне своего подсознания стремится к комфортным условиям вокруг себя. Следовательно, удобство, уют и тот самый комфорт в помещении складываются из нескольких факторов. Среди них можно выделить: косметический и капитальный ремонт, комфортная и функциональная планировка, мебель, элементы декора. Одним из важнейших факторов, про который нельзя забывать – это цветовая гамма стен, потолка, пола, мебели и всей обстановки в целом. Интерьер является важным аспектом нашей жизни, так как большую часть своего времени человек проводит внутри помещения, будь то офис, квартира, магазин. Дизайн интерьера играет важную роль в создании атмосферы и влияния на психическое состояние людей. Многие исследования в области психологии показывают, что правильный дизайн, выбор цветовой гаммы, формы и геометрия пространства может оказывать воздействие на эмоциональное и психологическое состояние, причем как положительное, так и отрицательное. Данный эффект основан на эмоциональных реакциях, которые вызывают различные цвета, они могут быть успокаивающего, комфортного, стимулирующего, агрессивного, динамичного характера. Психологическое восприятие у каждого индивидуально и зависит от ряда особенностей. Именно поэтому дизайн должен быть разработан с учетом интересов и психологических особенностей пользователя, который будет там находиться. Правильно выбранный цвет способствует поднятию настроения, снижению стресса, улучшению физического, морального и в целом общего состояния.

Ключевые слова: цвет, геометрия, психологическое состояние, интерьер, эмоции, восприятие цвета

The influence of color and shapes in the interior on the psychological state of a person

© Anastasia Y. Budagovskaya

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. As a rule, a person at the level of his subconscious mind strives for comfortable conditions around him. Consequently, convenience, coziness and the same comfort in the room consist of several factors. Among them are: cosmetic and major repairs, comfortable and functional layout, furniture, decorative elements. One of the most important factors that should not be forgotten is the color scheme of the walls, ceiling, floor, furniture and the entire interior as a whole. The interior is an important aspect of our lives, as a person spends most of his time indoors, whether it's an office, apartment, shop. Interior design plays an important role in creating an atmosphere and influencing people's mental state. Many studies in the field of psychology show that the right design, choice of colors, shapes and geometry of space can have an impact on the emotional and psychological state, both positive and negative. This effect is based on emotional reactions that produce different colors, they can be soothing, comfortable, stimulating, aggressive, dynamic in nature. Psychological perception is individual for everyone and depends on a number of features. That is why the design should be developed taking into account the interests and psychological characteristics of the user who will "inhabit" there. A well-chosen color helps to raise mood, reduce stress, improve physical, moral and overall general condition.

Keywords: color, shape, geometry, psychological state, interior, design, emotions, color perception, comfort

В настоящее время все больше внимания уделяется не просто красивому и эргономичному внешнему виду помещения, но и тому, как те или иные цвета в нем будут воздействовать на человека.

Интерьер (от французского *Interieur* – внутренний) – внутреннее пространство здания. Особая среда обитания человека, обусловленная функциональностью и эстетической привлекательностью.

Замечали ли вы, что именно интерьер, в котором мы находимся имеет способность

влиять на наши эмоции, настроение и даже психологическое состояние. Все начинается с цвета стен, мебели, декоративных элементов и заканчивается формой, фактурой и даже размером предметов в комнате. Все это может оказывать глубокое воздействие на нашу психику. Многими учеными и психологами доказано, что цвет – это не просто декоративный элемент, а инструмент науки колористики.

Цвет – это жизнь [1]. Психологическое воздействие цветов на человека стало предметом научных исследований, поскольку пони-

мание этого закона позволяет создавать пространства, располагающие к комфорту и приятному времяпровождению. Психологический аспект восприятия человеком цвета связан с его культурой, мировоззрением, восприятием, традициями среды, в которой вырос и сформировался человек. А также его прошлым опытом, памятью, ассоциациями с какими-либо вещами. Как отдельный фактор, особую роль в формировании психофизиологического эффекта играют природные ассоциации. Казалось бы, цветовые предпочтения имеют косвенное отношение к вопросу об энергетическом воздействии цвета. Однако, не исключая другие факторы, влияющие на цветовые предпочтения человека, нельзя отрицать, что на них оказывают существенное воздействие энергетические свойства цвета [2].

На комфорт и настроение каждого человека влияют, как события происходящие в общественной жизни, так и обстановка в доме. Правильно подобранные цвета, мебель, предметы декора, различные текстуры и фактуры могут снижать тревожность или усиливать энергию к свершению дел, способствовать продуктивной работе. Ведь наверно каж-

дый хоть когда-нибудь задумывался, почему в одном помещении приятно находится, хочется все рассматривать, расслабиться и не думать. Из других же хочется побыстрее уйти. На ментальный комфорт имеют воздействие многие факторы, начиная от высоты потолка и освещенности до цвета обоев, текстиля штор, обивки мебели.

Человек воспринимает окружающий его мир и пространство через оттенки, которые напрямую затрагивают определенные чувства, способствуют тому или иному настроению. Когда человек смотрит на какой-либо цвет, в его организме сразу начинают вырабатываться гормоны и запускается процесс, выдавая ответ в виде эмоции. Если знать, что означает каждый цвет, с чем он лучше сочетается, какое ему лучше подходит освещение, то можно выбрать оттенки, которые могут настроить на нужный лад. Важно подчеркнуть, что элементы дизайна работают в совокупности и не стоит забывать про мелочи, которые также обладают своей уникальностью и требуют грамотного подбора.

Ниже представлена табл. 1 с информацией по общим принципам и правилам, которые могут иметь цвета и формы.

Таблица 1. Принципы и правила цветов и форм

1	Цвет. Спокойные цвета: голубой, зеленый и нейтральные оттенки. Вызывают чувство спокойствия и расслабления. Яркие и насыщенные цвета: красный, желтый, оранжевый – повышают активность и стимулируют эмоции. Задают работе динамический характер.
2	Комбинации. Комбинирование разных цветов может создавать разнообразные эмоциональные ассоциации. Например, сочетание синего и белого может создать ощущение моря, свежести или льда и снега.
3	Формы. Округлые и мягкие формы дарят ощущение уюта и гармонии. Формы, близкие к формам природных объектов, таких как камни, листья растений, капли воды, как правило вызывают подсознательную ассоциацию с природой. Геометрические и четкие формы могут придать интерьеру современный и динамичный характер. В то же время острые и угловатые вызывают чувство напряжения и агрессии. Исследования показывают, что угловатые предметы могут стимулировать кору головного мозга, вызывая негативные эмоции. Смешанные формы: сочетание различных форм может создавать более сложные и интересные визуальные эффекты. Например, сочетание геометрических форм с округлыми элементами может создать баланс между динамикой и гармонией. Образуют тем самым такие приемы композиции как ритм и метр.
4	Сочетание цвета и формы. Яркие цветовые оттенки и четкие формы – это динамическая атмосфера. Такая комбинация может быть эффективна в офисных помещениях, где требуется стимуляция и особая активность. В свою очередь смешение спокойных цветов с мягкими, обтекаемыми формами может способствовать расслаблению и умиротворению. Подобный дизайн часто используется в салонах красоты.
5	Свет: освещение также играет решающую роль в создании атмосферы в интерьере. Естественно, яркое освещение может улучшить настроение. Теплый и мягкий искусственный свет может создать уют. В то время, как холодный, белый добавляет строгости.

С далеких времен цвет помогал человеку выживать: находить пропитание, опасаться ядовитых животных и растений (особенно в местности с жарким климатом), а также передавать в наскальной живописи наиболее важные моменты своей жизни своим потомкам [3]. Он является неотъемлемой частью жизни, начиная от момента зарождения человечества по сегодняшний день. Исследования в области психологии цвета и колористики показывают, что разные цвета могут привести к разным эмоциональным состояниям. При этом необходимо учитывать характер и воздействие цвета относительно его расположения с сопутствующими цветами, которые могут быть усилены или ослаблены с помощью другого цвета.

Отдельные цвета часто вызывают определенные настроения, группа же цветов уже совсем другое. Установлено, что под влиянием конкретной группы одни эмоции могут исчезать, другие появляться. Эти настроения изменчивы, они зависят, в частности, от тона и глубины цвета [4]. Важным моментом является то, что цветовосприятие зависит и от времени суток, и даже от сезона [5]. Ведь по сути, цвет – это отражение солнечного света от поверхности предмета. Согласно современным представлениям, свет – это объект не классической, а квантовой физики, а классические формы проявления в виде волны или частиц определяются условиями его взаимодействия [6]. От длины световой волны зависит воспринимаемая человеком цветовая палитра.

Согласно цветовому кругу, оттенки разделяются на две категории: те, что стимулируют и придают ощущение тепла, и те, которые действуют успокаивающие, «освежающе».

К теплым цветам относятся красный, оранжевый и желтый, к холодным синий, зеленый и фиолетовый. Кроме того, существуют еще нейтральные цвета: белый, серый и черный. Например, учителя феншюя рекомендуют использовать белый цвет в местах, связанных с чистотой [7].

В табл. 2 представлена информация с описанием теплых и холодных цветов.

Цветовое решение характеризуется цветовой гаммой, контрастом, количеством цвета и коэффициентами отражения [8]. Чтобы грамотно сочетать цвета между собой, в дизайне и искусстве используется цветовой круг Иттена, представленный на рисунке.



Цветовой круг Иттена

Он иллюстрирует схему из 12 цветов. Именно она является основным инструментом для выбора цвета стен, потолка, пола, палитры интерфейса веб-сайта, фирменного стиля, даже цвета растений в ландшафтном дизайне. Это популярное средство, которое помогает дизайнерам и художникам создавать гармоничные комбинации цветов.

Круг Иттена предлагает несколько вариантов сочетания цветов. Существует шесть наиболее популярных комбинаций.

Таблица 2. Характеристика теплых и холодных цветов

1	Теплая палитра: красный, желтый, оранжевый. Активизируют нервную систему. Эти цвета лучше всего использовать в помещениях, где не хватает естественного освещения.
2	Холодная палитра: синий, зеленый, фиолетовый. Такая цветовая гамма ассоциируется с водой, флорой и фауной. Холодные оттенки успокаивают, но не привлекают к себе излишнего внимания, дают расслабиться глазам, придают ощущение бодрости. Отлично подходит для помещений с хорошим освещением.
3	Нейтральный цвет: белый. Белый имеет два значения. С одной стороны – это цвет, который ассоциируется с чистотой, легкостью и простотой. С другой, в избыточном количестве он может утомлять, вызывать ощущение одиночества и пустоты.

1. Комплементарное правило. Цвета находятся напротив друг друга, по разные стороны круга. В этом случае один цвет становится главным, а другой – дополнительным. В таком случае можно подчеркнуть отдельные элементы. Данный прием хорошо подходит для расстановки акцентов.

2. Контрастная триада. Похоже на комплементарные цвета, но вместо одного из дополнительных цветов выбираются два соседних. Такое сочетание создает контраст. Прием подходит для смягчения контраста дополнительных цветов.

3. Классическая триада. Сочетание трех цветов по углам равностороннего треугольника. Используется для добавления дополнительного цвета.

4. Аналоговая триада. Три цвета, размещенные рядом на внешнем круге. Палитра является спокойной и сдержанной. С помощью аналоговой триады достигается плавный переход между цветами.

5. Тетрада. Комбинация четырех цветов в углах квадрата. Или же сочетание двух пар дополнительных цветов. Добавляет в дизайн живописности без ярких акцентов.

6. Прямоугольная схема. В отличие от тетрады, здесь используются более схожие оттенки. В этом сочетании достигается контраст благодаря использованию комплементарных пар, но сами эти пары находятся ближе друг к другу на цветовом спектре.

Однако при оформлении пространства ин-

терьера лучше использовать максимум три цвета, чтобы не отвлекать внимание от основной идеи и не перегружать помещение [9].

Важным является то, что оказываемый цветовой эффект в интерьере зависит от его выбора, количества распространения и контекста использования. Комбинирование различных цветов может создать особую атмосферу в интерьере, подходящую именно конкретному человеку. Более темные и резкие переходы цветов придают ощущение тяжести, в то время как более светлые, наоборот добавляют простора и света. Не стоит забывать и про форму. Цвет всегда воспринимается в определенных очертаниях, то есть имеет определенную форму. И качество цвета или цветосочетания будет зависеть от этой формы [10]. Влияние цвета и форм в интерьере на психологическое состояние человека является важным аспектом дизайна. Правильный выбор цветов и форм может положительно влиять на наше настроение, эмоциональное состояние и общее благополучие. Однако необходимо учитывать индивидуальные предпочтения и особенности каждого человека. Научные исследования в этой области помогают лучше понять как создавать гармоничные интерьеры, способствующие работоспособности, поддержке психической формы, а не угнетению морального состояния. Если знать все минусы и плюсы влияния цвета на состояние человека, можно создать интерьер, в котором каждому члену семьи будет комфортно [11].

Список источников

1. Василюк И.В. Островский С.Н. Влияние цвета в интерьере на психику человека // Современные технологии в образовании: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 24–25 ноября 2016г.). Минск, 2016. Ч. 2. С. 42–44.
2. Базыма Б.А. Психология цвета: теория и практика. М.: Речь, 2012. 275 с.
3. Гришина Ю.С. Психология восприятия цветов // Интеллектуальные информационные технологии: труды междунар. науч.-практ. молодежной конф. (г. Пенза, 31 мая 2016 г.). Пенза, 2016. С. 85–94.
4. Стармер А.А. Цвет. Энциклопедия. Вдохновляющие цветовые решения для интерьера вашего дома. М.: АРТ-РОДНИК, 2005. С. 25.
5. Серов Н.В. Светоцветовая терапия. Смысл и значение цвета. СПб.: Речь, 2002. С. 40.
6. Делоне Н.Б. Что такое свет? М.: Физматлит, 2006. 56 с.
7. Ломов С.П., Аманжолов С.А., Федосенко Е.В. Роль белого цвета в формировании комфортной образовательной среды // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 75–3. С. 244–247.
8. Шалимова Л.А. Культурное пространство цветового предпочтения в интерьере // Мир науки, культуры, образования. 2014. № 3 (46). С. 329–331.
9. Бударин Е.Л. Роль цвета в дизайне интерьера жилища // Заметки ученого. 2021. № 7–2. С. 20–27.
10. Буймистру Т.А. Колористика: цвет – ключ к красоте и гармонии. М.: Ниола-Пресс, 2010. С. 91.
11. Сиражеева Р.Р. Цвет в интерьере и здоровье человека // Современные техника и технологии: сб. докладов XX Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Томск, 14–18 апреля 2014 г.). Томск, 2014. Том 3. С. 253–254.

Информация об авторе / Information about the Author

Будаговская Анастасия Юрьевна,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
budagnast20@yandex.ru

Anastasia Yu. Budagovskaya,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
budagnast20@yandex.ru

Альтернативные источники энергии для удаленного потребителя

© И.В. Дзеленко, М.Ю. Толстой

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В последнее время наблюдается тенденция роста потребления энергии. В связи с этим человечество вынуждено искать новые пути оптимального обеспечения своих потребностей в энергетических ресурсах, в том числе, за счет вовлечения в хозяйственное использование все новых ее источников. Актуальным будет применение возобновляемых источников энергии. В данной работе рассматривается автономная энергетическая мобильная установка – энергоконтейнер. Исследование показывает, насколько широка область применения энергоконтейнерной установки, а также какие виды потребностей она способна удовлетворять. За счет многообразия составляющих ее элементов, возможно применение установки для самых различных целей. Установка способна снабжать потребителя электроэнергией, за счет преобразования энергии ветра и солнца в электрическую, а также аккумулировать энергию в накопительных батареях, снабжать теплом, водными ресурсами, а кроме этого производить очистку сточных вод. А мобильность и автономность позволяют задействовать для ее обслуживания минимум персонала, так как основной режим работы происходит автоматически. Применение данных установок позволяет экономить исчерпаемые ресурсы за счет применения возобновляемых источников энергии; благоприятно влияет на экологическую обстановку за счет снижения выбросов и отходов от производства энергетических ресурсов; позволяет снабжать потребителя качественными энергетическими ресурсами.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечный коллектор, энергоконтейнер, энергетические ресурсы

Alternative energy sources for remote consumers

© Ilya V. Dzelenko, Mikhail Y. Tolstoy

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Recently, there has been a growing trend in energy consumption. In this regard, humanity is forced to look for new ways to optimally meet its needs for energy resources, including through the involvement of more and more new sources in economic use. The use of renewable energy sources will be relevant. The article discusses an autonomous energy mobile installation - an energy container. The study shows how wide the scope of application of the energy container plant is, as well as what types of needs it can satisfy. Due to the variety of its constituent elements, the installation can be used for a variety of purposes. The installation is capable of supplying the consumer with electricity by converting wind and solar energy into electricity, as well as accumulating energy in storage batteries, supplying heat, water resources, and also treating wastewater. And mobility and autonomy make it possible to use a minimum of personnel for its maintenance, since the main mode of operation occurs automatically. The use of these installations allows you to save exhaustible resources through the use of renewable energy sources; has a beneficial effect on the environmental situation by reducing emissions and waste from the production of energy resources; allows us to supply consumers with high-quality energy resources.

Keywords: renewable energy sources, solar collector, energy container, energy resources

Энергия в различных ее формах играет ключевую роль на современном этапе существования человеческой цивилизации, поэтому одним из основных критериев уровня развития конкретного государства (или иной общности людей) принято считать его обеспеченность энергией.

С учетом растущего спроса на энергию, вызванного, в первую очередь, демографическим ростом и увеличением потребительской способности населения в развивающихся странах, человечество вынуждено искать пути оп-

тимального обеспечения себя энергией, в т. ч. за счет вовлечения в хозяйственное использование новых ее источников. Источники энергии можно классифицировать по разным признакам. Одним из распространенных способов классификации является разделение источников энергии на исчерпаемые и неисчерпаемые или на невозобновляемые и возобновляемые (ВИЭ). Вторые в свою очередь вызывают огромный интерес в мировой экономике, т. к. являются альтернативой первым. Использование ВИЭ позволяет экономить на

затратах, а также рационально использовать ресурсы. И, кроме того, использование ВИЭ является современным и правильным подходом при взаимодействии с окружающей средой.

Данная работа будет посвящена изучению такого устройства, как мобильная энергосберегающая установка для систем жизнеобеспечения или иными словами энергоконтейнер. Будет дано определение понятия энергоконтейнер, выполнено описание и проанализированы виды элементов ВИЭ, которые могут применяться в установке.

Наша страна – энергетическая держава, имеющая огромные запасы органического топлива, но при этом долгое время она находилась вне мирового процесса по развитию ВИЭ.

Попытки разработать государственную систему поддержки ВИЭ были предприняты еще в 1997 г. Однако только спустя 10 лет в ноябре 2007 г. по инициативе Российского акционерного общества «ЕЭС России» был принят Федеральный закон от 4 ноября 2007 г. № 250-ФЗ30 (не отдельным законом, а поправками в действующем Федеральном законе от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», который впервые зафиксировал основные положения государственной системы поддержки развития ВИЭ в России.

Внесенные изменения в ФЗ № 35, не только впервые в законодательстве Российской Федерации дают классификацию ВИЭ, но и определяют задачи для Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти в области обращения и регулирования ВИЭ.

Ухудшение экологии и истощение природных ресурсов заставляет задуматься о том,

как получать электричество и тепло из возобновляемых источников.

Альтернативные источники энергии – это возобновляемые энергетические ресурсы, которые получают благодаря использованию гидроэнергии, энергии ветра, солнечной энергии, геотермальной энергии, биомассы и энергии приливов и отливов.

Итак, энергоконтейнер – это установка с интегрированной генерацией от возобновляемых источников энергии, а также с системой накопления и аккумуляирования энергии. Простыми словами – это металлический утепленный контейнер (рис. 1), в котором помещаются дизель-генератор, устройства для преобразования первичной возобновляемой энергии в электрическую, а также дополнительные виды оборудования, которые могут входить в тот или иной комплект самого энергоконтейнера (рис. 2). Энергоконтейнер предназначен для бесперебойного обеспечения удаленного потребителя электроэнергией (и не только) идеального качества.

Энергоконтейнер позволяет максимально эффективно сочетать дизель генерацию, альтернативные источники энергии и систему накопления энергии. Модульное исполнение и полностью автоматический режим обеспечивает простоту эксплуатации и максимальную надежность системы.

Область применения энергоконтейнера довольно широка за счет мобильности установки. Она легко помещается в грузовой транспорт и не требует разборки для транспортировки, за исключением солнечных панелей больших размеров или ветроэнергетических установок.



Рис. 1. Один из примеров установки энергоконтейнера

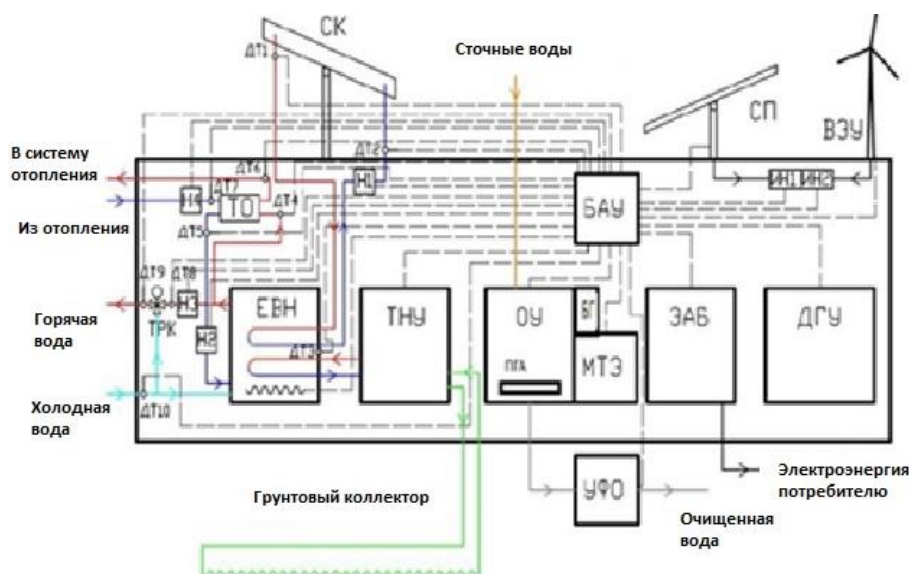


Рис. 2. Пример схемы энергоконтейнера:

СП – солнечная панель; ВЭУ – ветроэнергетическая установка; ИН – инвертор;
 ДГУ – дизель-генераторная установка; МТЭ – микробно-топливный элемент; ОУ – очистная установка; УФО – Блок ультрафиолетовой очистки; ТНУ – тепло-насосная установка;
 ЕВН – емкостный водонагреватель; Н – насос циркуляционный; ТРК – термостатический клапан;
 ТО – теплообменник; СК – солнечный коллектор; БАУ – блок автоматического управления;
 БГ – биогазовая установка; ПГА – пневмогидравлический азратор

Основные виды потребителей:

- экологический туризм;
- отдаленные территории микрорайонов и поселений;
- вахтовые поселки;
- рекреационные объекты;
- другие объекты, не имеющие возможности подключения к централизованным сетям.

Виды энергоконтейнеров различны. В зависимости от конкретных потребностей могут быть как просто установкой для обеспечения объекта электроэнергией, так и комплексом, обеспечивающим объект потребления:

- электроэнергией;
- горячим водоснабжением и отоплением;
- осуществляющим очистку сточных вод (рис. 3) и др.

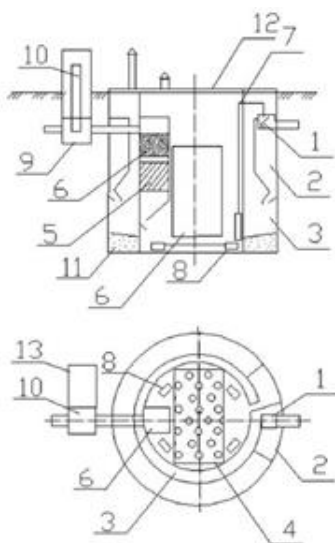


Рис. 3. Схема очистной установки – компактный блок очистных сооружений:

1 – процеживатель; 2 – отстойный желоб; 3 – анаэробная зона сбраживания;
 4 – инертный носитель микрофлоры; 5 – тонкослойные блоки; 6 – фильтр; 7 – эрлифт;
 8 – пневмогидравлические струйные азраторы; 9 – контактная камера; 10 – блок УФО;
 11 – осадок; 12 – утеплитель; 13 – блок оборудования для аэрации

Применение микробно-топливных элементов (устройство, для преобразования энергии биомассы в электрическую [9]) (рис. 4), также позволяет генерировать дополнительную электроэнергию, которую можно использовать для работы электроприборов малой мощности, например, зарядное устройство для сотового телефона [1].

Генерация электроэнергии в энергоконтейнере осуществляется путем преобразования первичной возобновляемой энергии солнца и ветра в электрическую, посредством солнечных панелей и ветроэнергетической установки («ветряк»). В каких-то случаях для получения электроэнергии возможно использование дизель-генераторной установки (ДГУ), когда погодные условия не позволяют генерировать электроэнергию (например, затяжные

дожди). Накопление энергии происходит в аккумуляторных батареях (рис. 5), что позволяет дополнительно обеспечить объект электроэнергией. Таким образом, получается, что использование ДГУ минимально, и тем самым снижаются затраты на топливо, а также это положительно сказывается на окружающей среде за счет минимизации выбросов [2].

Отличие энергоконтейнера с ВИЭ от простого энергоконтейнера работающего на дизель-генераторной установке в том, что в обычных энергоконтейнерах ДГУ используется постоянно, и это конечно же несет большие и регулярные затраты на дизельное топливо, а также постоянные выбросы отработавших газов отрицательно влияют на окружающую среду.



Рис. 4. Микробно-топливный элемент



Рис. 5. Аккумуляторные батареи

Управление энергоконтейнером осуществляется автоматическим блоком управления (рис. 6), а оптимальная компоновка оборудования предоставляет свободный доступ ко всем узлам, требующим периодического сервисного обслуживания.

Как было сказано выше энергоконтейнер может быть укомплектован установкой для снабжения потребителя горячим водоснабжением и отоплением. Это осуществляется при помощи солнечной тепловой установки (рис. 7), которая состоит из пластинчатого солнечного коллектора, насоса, теплообменника и накопителя [1].

По исследованиям Объединенного института высоких температур РАН, в теплый период (с марта – апреля по сентябрь) на большей части территории России средняя дневная сумма солнечного излучения составляет 4–5 кВт·ч/м² (на юге Испании – 5,5–6 кВт·ч/м², на юге Германии – до 5 кВт·ч/м²). Это позволяет нагревать для бытовых целей около 100 л

воды с помощью солнечного коллектора площадью 2 м² с вероятностью до 80 %, то есть практически ежедневно. По среднегодовому поступлению солнечной радиации лидерами являются Забайкалье, Приморье и юг Сибири. За ними идут юг европейской части (приблизительно до 50 ° с.ш.) и значительная часть Сибири [3].

Одним из видов солнечных коллекторов является *гибридный* солнечный коллектор или PVT-модуль (англ. – photovoltaic thermal module) – представляющий из себя комбинацию фотоэлектрического модуля для генерации электрической энергии и солнечного теплового коллектора плоской конструкции для передачи тепловой энергии теплоносителю. Изделие осуществляет одновременно две функции (электрогенерирующую и тепловую), а также экономит пространство для установки самого модуля благодаря своему компактному дизайну [4].

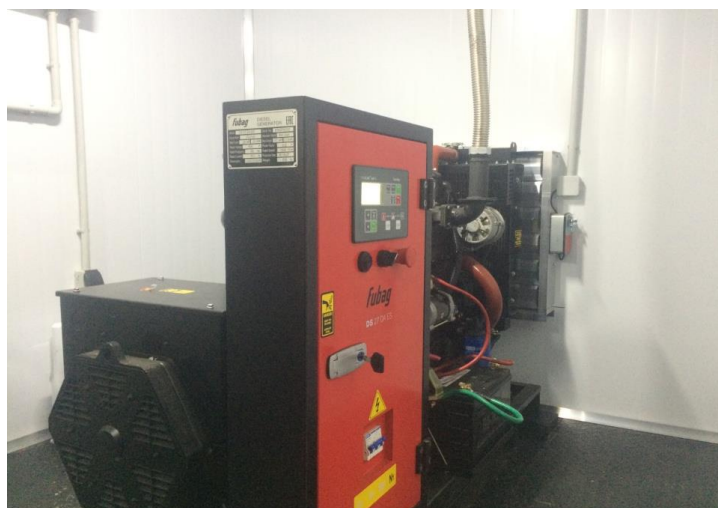


Рис. 6. Блок управления энергоконтейнером

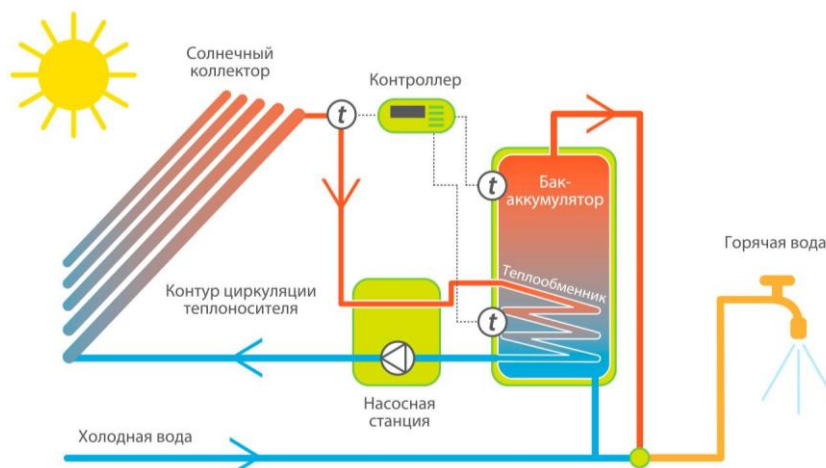


Рис. 7. Принципиальная схема «гелиосистемы»

В работе [5] рассмотрен плоский фотоэлектрический тепловой коллектор, в котором приемником излучения является светопоглощающая пластина с фотоэлементами, а под этой пластиной находятся трубки с циркулирующим теплоносителем. К недостаткам фотоэлектрических тепловых модулей с трубчатыми теплообменниками можно отнести низкую эффективность передачи тепловой энергии за счет недостаточного теплового контакта абсорбера и подложки фотоэлементов. Для решения этой проблемы в работе [6] представлен фотоэлектрический тепловой модуль, в котором фотоприемник механически прижат к теплому коллектору без помощи какого-либо монтажного клея. В сравнении с фотоэлектрическим тепловым коллектором, рассмотренным выше, данное техническое решение обеспечивает лучший тепловой контакт между фотоприемником и теплообменником, что повышает эффективность преобразования солнечной энергии.

Поверхностные конструкции на базе солнечного коллектора позволяют утилизировать с одного м² поверхности 20–690 Вт мощности тепловой энергии за счет применения ультразвуковых генераторов [7]. Эффективность применения ВИЭ существенно возрастает при внедрении в систему установки теплового насоса [8].

Рассмотрим более подробно применение в энергоконтейнерной установке солнечных панелей для генерации электрической энергии. История появления солнечных панелей берет свое начало в XIX в., с момента открытия фотоэлектрического эффекта. В начале XX в. появились первые солнечные панели, их коэффициент полезного действия (КПД) был очень низким и не превышал 1 %. В 70-е гг. он уже достигал 10 %. В начале XXI в. КПД достиг 20 %. Принцип действия современных солнечных батарей сохранился, несмотря на много-

летнюю историю их существования. Усовершенствованию подверглась лишь конструкция и материалы, используемые в производстве, благодаря которым производители постепенно увеличивают такой важный параметр, как КПД [10]. Стоит также сказать, что величина выходного тока и напряжения солнечной батареи напрямую зависит от уровня внешней освещенности, который воздействует на нее. На рис. 8 показан принцип работы солнечной панели.

Наиболее распространенными видами солнечных элементов (СЭ) являются панели на основе кремния, они имеют КПД 18–23 % и ведутся разработки по его повышению за счет различных материалов и конструктивных решений.

Монокристаллические кремниевые СЭ (с-Si-СЭ) изготавливают из пластин толщиной 300 мкм путем их легирования, создания омических контактов (сплошного тыльного и решеточного лицевого) и текстурирования для придания антиотражающих свойств. Существует несколько типов конструкции монокристаллических и тонкопленочных солнечных элементов, отличающихся способом формирования, структурой и расположением контактов [11, 12].

По состоянию на 2015 г. выпуском СЭ на основе cSi занимался ряд фирм, среди которых «Siemens Solar», «Astropower», «Solec», «BP Solarex», «Sharp» – с общей мощностью производства 60 МВт при средней эффективности элементов до 23 % (рекордная эффективность составляет 25,6 %) и модулей 10–15 % [13].

Вместо стекла в качестве подложки СЭ возможно применение ряда различных материалов, таких как кремний, германий, оксиды титана, магния, бериллия, алюминия, фарфор, стеклокерамика, титановая керамика и другие [14]. Тыльный контакт для СЭ на основе селенида меди-индия (CuInSe_2) или



Рис. 8. Принцип работы солнечной панели

родственных материалов традиционно представляет собой тонкий (0,5 мкм) слой молибдена, нанесенный ионноплазменным напылением. Обычно его наносят в два слоя: нижний слой толщиной около 0,1 мкм с повышенным удельным сопротивлением (≈ 60 мОм/см) и хорошей адгезией к стеклу и верхний слой с низким удельным сопротивлением (≈ 10 мОм/см) [15].

Развитие солнечной генерации в России происходит довольно медленно. В целом в энергобалансе основную долю занимают нефть, газ и уголь. Но тем не менее, по прогнозу Международного энергетического агентства, доля углеводородного сырья в нашей стране снижается, и к 2040 г. достигнет 66 % [7]. Наиболее развитыми в нашей стране регионами в отрасли солнечной энергии являются Республика Алтай, Краснодарская и Белгородская области. На Алтае запущена в

2014 г. станция Кош-Агачская СЭС мощностью 5 МВт [7].

Об энергоконтейнере можно сделать следующий вывод – это очень интересная и перспективная установка, позволяющая снабжать качественной энергией потребителя, достигая определенных экономических эффектов за счет рационального использования ресурсов. Основными потребителями данного продукта будут частные домовладения, дачные товарищества, вахтовые поселки, туристический сектор, летние оздоровительные лагеря, санатории, с его помощью можно успешно решать проблему удаленных потребителей от городских сетей жизнеобеспечения. А также, развитие ВИЭ способствует повышению показателей в энергетическом балансе, что в итоге позволяет добиться минимизации негативного влияния на окружающую среду, и снизить процессы деградации экологии.

Список источников

1. Толстой М.Ю. Исследования и разработка мобильной установки для систем жизнеобеспечения с применением энергосберегающих технологий // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2017. № 3 (32). С. 81–94. <https://doi.org/10.5281/zenodo.897006>.
2. Пат. № 112364, Российская Федерация, U1 РФ, МПК F24J 2/24. Солнечный коллектор / М.Ю Толстой, Н.В Акинина, А.А. Туник; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Иркутский государственный технический университет. Заявл. 21.07.2011; опубл. 10.01.2012. Бюл. № 1.
3. Синицына Е.Р., Ткачук К.Е. Экономическая целесообразность внедрения солнечных коллекторов в России // Динамика систем, механизмов и машин. 2012. № 3. С. 223–225.
4. Панченко В.А., Филиппенкова Н.С. Теплофотоэлектрические бесконцентраторные солнечные модули (гибридные солнечные коллекторы) // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 5 (15). С. 128–133.
5. Adnan Ibrahim, Mohd Yusof Othman, Mohd Hafidz Ruslan, Sohif Mat, Kamaruzzaman Sopian. Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. № 15 (1). P. 352–365. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.024>.
6. Swapnil Dubey, Andrew A.O. Tay. Experimental study of the performance of two different types of photovoltaic thermal (PVT) modules under Singapore climatic conditions // Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 2012. № 2. P. 1–6.
7. Поляков В.А. Солнечный коллектор в системах энергосбережения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 151–154.
8. Брянцева Е.В. Исследования комбинированной системы теплоснабжения на основе геотермальной и солнечной энергии: автореф. дис. ... к.т.н.: 05.14.08. Москва, 2016. 22 с.
9. Shirali I.Y. Overview of biofuel as an alternate energy source: current status and future prospects // SOCAR proceedings. 2020. № 3. P. 165–173.
10. Петрушкин А. А., Савилов А.В. Инновации в разработке солнечных элементов // Молодой ученый. 2017. № 18 (152). С. 70–78.
11. Green M.A. Crystalline and thin film silicon solar cells: state of the art and future potential // Solar Energy. 2003. Vol. 74. № 3. С. 181–192. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-092X\(03\)00187-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-092X(03)00187-7).
12. Kazmerski L.L. Photovoltaics: A review of cell and module technologies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 1997. Vol. 1. № 1/2. С. 71–170. <https://doi.org/10.1016/S1364-0321%2897%2900002-6>.
13. Morales-Acevedo A. Thin film CdS/CdTe solar cells: Research perspectives // Solar Energy. 2006. № 6. С. 675–681. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.10.008>.
14. Hegedus S., Luque A. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. New York: John Wiley & Sons, 2003. 1168 p. <http://dx.doi.org/10.1002/0470014008>.
15. Rau U., Schock H.W. Electronic properties of Cu (In, Ga) Se₂ heterojunction solar cells – recent achievements, current understanding and future challenges // Materials Science & Processing. 1999. Vol. 69. С. 131–147.

Информация об авторах / Information about the Authors

Дзеленко Илья Викторович,
магистрант,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ilya.3889@yandex.ru

Ilya V. Dzelenko,
Master's Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ilya.3889@yandex.ru

Толстой Михаил Юрьевич,
к.т.н., доцент,
заведующий кафедрой инженерных
коммуникаций и систем жизнеобеспечения,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
tolstoi@istu.edu

Mikhail Y. Tolstoy,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Head of the Department of Engineering Communications
and Life Support Systems,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
tolstoi@istu.edu

Методы оценки степени износа здания

© Н.Л. Дорофеева, Д.Е. Кадель, А.П. Горбунова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы оценки физического и морального износа зданий. Любые здания как жилые, так и промышленные имеют свойство разрушаться с течением времени. Это вызывает необходимость в оценке физического и морального износа, вызванного естественным старением жилых и общественных зданий и сооружений. В данной статье будут рассмотрены методы, позволяющие оценить износ конструктивных элементов и инженерных систем здания, и установить его фактическую пригодность к дальнейшей эксплуатации. Оценка физического и морального износа является сложной задачей, требующей комплексного подхода и использования различных методов: визуальный осмотр здания, диагностика несущих конструкций, экспертная, социологическая и технико-экономическая оценка. Физический износ связан с ухудшением состояния строительных конструкций в период эксплуатации и механических повреждений, моральный же износ включает в себя несоответствие современным требованиям к комфорту и безопасности помещений. Оценка износа зданий является важным аспектом в сфере строительства и коммунальных услуг. Она позволяет определить необходимость проведения ремонтных работ, а также принять решение о реконструкции, капитальном ремонте или сносе здания. Правильный выбор методов оценки является одним из главных факторов для безопасной эксплуатации и повышения сроков службы здания.

Ключевые слова: здание, конструкции, экспертная оценка, диагностика несущих конструкций, визуальный осмотр

Methods for assessing the degree of deterioration of a building

© Natalia L. Dorofeeva, Dmitrii E. Kadel, Anastasia P. Gorbunova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article discusses methods for assessing the physical and moral deterioration of buildings. Any buildings, both residential and industrial, tend to collapse over time. This makes it necessary to assess the physical and moral deterioration caused by the natural aging of residential and public buildings and structures. In this article, methods will be considered to assess the wear of structural elements and engineering systems of a building, and to establish its actual suitability for further operation. The assessment of physical and moral deterioration is a complex task that requires an integrated approach and the use of various methods: visual inspection of the building, diagnostics of load-bearing structures, expert, sociological and technical and economic assessment. Physical wear is associated with deterioration of building structures during operation and mechanical damage, while moral wear includes non-compliance with modern requirements for comfort and safety of premises. The assessment of building wear is an important aspect in the field of construction and utilities. It allows you to determine the need for repair work, as well as to make a decision on reconstruction, major repairs or demolition of the building. The correct choice of assessment methods is one of the main factors for safe operation and increasing the service life of a building.

Keywords: building, structures, expert assessment, diagnostics of load-bearing structures, visual inspection

Превышение срока службы зданий может привести к серьезным последствиям, которые негативно сказываются на их состоянии и безопасности. Одним из основных последствий является физический износ конструкций здания, включая фундамент, стены и крышу. В результате превышения срока службы, здание может стать неустойчивым, а его элементы могут разрушиться или выйти из строя. Это создает потенциальную опасность для проживающих или работающих внутри здания

людей. Кроме того, превышение срока службы здания может привести к ухудшению энергетической эффективности. Старые здания обычно имеют менее качественную изоляцию, систему отопления и вентиляции, что приводит к большим затратам на энергию и повышенным эксплуатационным расходам. Ненадлежащее функционирование систем, таких как отопление или кондиционирование воздуха, может также негативно сказываться на комфорте и здоровье проживающих или

работающих людей. Важным этапом при определении срока службы здания является оценка его физического износа [1, 2].

Авторами данной статьи рассмотрены методы диагностики физического и морального износа зданий, позволяющие оценить степень повреждения конструктивных элементов и инженерных коммуникаций зданий и сооружений, установить их фактическую пригодность к дальнейшей эксплуатации.

Существуют разные методы исследования износа здания, его несущих и ограждающих конструкций, систем жизнеобеспечения [3, 4]. Рассмотрим методы оценки физического и морального изнашивания сооружений, вызванного естественным старением жилых и общественных зданий.

Наиболее простым является метод визуального осмотра здания, в ходе которого профессиональный эксперт анализирует состояние стен, крыши, полов, окон и прочих элементов сооружения. При экспертизе оценивается наличие трещин, коррозии или других повреждений, степень их влияния на уровень комфорта и безопасность эксплуатации здания. Данный метод позволяет быстро и относительно недорого оценить износ конструкций, но его точность мало удовлетворительна как при наличии скрытых повреждений конструкции, так и при низкой степени профессионализма лиц, производящих осмотр. В таблице представлена оценка физического износа конструкций здания при визуальном осмотре.

Если выбрать метод оценки износа здания при обследовании конструкций с применением простейших приборов или с помощью специальных строительных таблиц, то в сравнении с визуальным осмотром, точность результатов может возрасти на 5 %, и будет более обоснованный результат. Отметим, что признаки износа и нормативные диапазоны значений износа конструктивных элементов

часто регламентируют определять с помощью специальных строительных таблиц, приводимых в справочной литературе. Окончательно физический износ всего здания определяется как среднее арифметическое значение отношения износа конструктивных элементов, взвешенных по их удельным весам к общей стоимости восстановления объекта [5, 6].

Если здание не отвечает современной нормативной документации и его назначению в плане функциональности, что со временем возникает в результате меняющихся социальных спросов, то это называется моральным износом сооружения. В данную категорию можно включить и планировочные дефекты, и несоответствие современным требованиям архитектурно-планировочных решений, и несоответствие теплотехнических свойств, звукоизоляции и гидроизоляции несущих конструкций или перегородок, недостаточный уровень благоустройства территории и устаревшее инженерное оборудование (тепло- и водоснабжения, газоснабжения, электроснабжения) [7–9].

Моральный износ здания можно оценить как с технико-экономической точки зрения, так и социологической. Техничко-экономический способ оценки морального износа какого-либо сооружения включает в себя обобщенную удельную стоимость элементов конструкции и инженерных систем зданий относительно стоимости восстановления здания [10, 11].

Социологический способ оценки морального износа здания основан на анализе результатов купли-продажи и обмена жилья. В более четкой форме моральный износ проявляется в риэлтерских оценках, хотя сюда включается востребованность местоположения объекта, степень развития инфраструктуры (наличие общественного транспорта, состояние дорог и мест для стоянки), расширение или разрушение инженерных коммуникаций.

Оценка износа здания и его конструкций при визуальном методе

Физический износ, %	Состояние конструкций или здания
До 10	Хорошее
11–20	Вполне удовлетворительное
21–30	Удовлетворительное
31–40	Не вполне удовлетворительное
41–60	Неудовлетворительное
61–80	Ветхое
Более 80	Негодное

При методе экспертной оценки, включающей в себя анализ технической документации здания, а именно анализ проектных решений, чертежей и сметной документации, эксперт рассматривает сроки службы используемых в проекте материалов, методы монтажа материалов и самих конструкций. Также при экспертизе должны рассчитываться условия эксплуатации здания и сроки текущих работ по ремонту конструкций (например, крыши, водостоки и отмостки). При этом учитывается профилактика коммуникаций, обеспечивающих водо-, тепло- и электроснабжение, проводимая на протяжении всего срока эксплуатации здания. Данный метод может позволить определить степень износа элементов конструкции сооружения более точно и прогнозировать их будущую надежность [12].

Методы диагностики несущих конструкций здания включают в себя проведение соответствующих замеров и испытаний, к примеру, на определение прочности конструктивного элемента или уровня его трещиностойкости. Такие методы дают возможность получить объективные данные о реальном физическо-техническом состоянии здания или сооружения и на основе полученных результатов определить как его достоверный износ, необходимые мероприятия по техническому ремонту ограждающих и несущих конструкций и капитальному обслуживанию коммуникаций жизнеобеспечения, так и будущий срок службы сооружения [13, 14].

Негативными последствиями превышения срока службы здания является их старение с точки зрения функциональности, несоответствие современным нормативам формирования жизненного пространства и эстетическим запросам пользователей. Старые здания и сооружения, как правило, не отвечают условиям безопасности и доступности для лиц с ограниченными возможностями с точки зрения современных требований и нормативов. Наблюдается ухудшение состояния строительных конструкций и коммуникаций жизнеобеспечения, низкая степень развития инфраструктуры. Все вышеперечисленное снижает коммерческую или рыночную стоимость сооружения, уменьшая покупательский спрос и отпугивая возможных арендаторов.

При превышении срока службы жилых и

производственных зданий требуется проведение капитального ремонта, включающего в себя мероприятия по усилению ограждающих конструкций, замены коммуникаций жизнеобеспечения, реконструкции крыш и технических этажей, модернизации подъездных путей. Вовремя проведенные мероприятия капитального ремонта позволяют обеспечить безопасность здания и повышение сроков его службы. Правильный уход и систематическое (рекомендуется не реже двух раз в год) техобслуживание зданий позволяют выявить и устранить проблемы, связанные с износом материалов и систем жизнеобеспечения здания, продлить срок его эксплуатации, улучшить его энергетическую эффективность и функциональность [15–19].

Для увеличения срока службы зданий необходимо регулярное проведение мероприятий технического обслуживания, способствующих своевременному выявлению и устранению возникающих проблем, связанных с износом материалов и систем здания; использование здания по назначению и соблюдение правил его эксплуатации для предотвращения повреждений как материалов, так и внутренних и внешних систем здания.

Качество обслуживания инженерных систем здания, таких как отопление, вентиляция, электрические сети и сантехника, являются ключевыми факторами для продления срока службы здания. Также при реконструкции зданий для улучшения внешнего вида, тепло- и гидроизоляции, для защиты от воздействия солнечного излучения и дождя с ветром применяются специальные защитные облицовочные материалы.

В статье рассмотрены виды экспертных оценок физического и морального состояния зданий и сооружений в процессе их эксплуатации, а особенно роль проведения экспертных оценок при выявлении степени износа и назначении технических мероприятий по усилению конструктивных элементов и своевременной реконструкции систем жизнеобеспечения.

Качество оценки и точность результатов повышаются при обследовании конструкций с применением простейших приборов, в т. ч. тепловизоров, позволяющих проанализировать режимы работы систем отопления, изу-

чить изменения показателей микроклимата в помещениях и разработать мероприятия, направленные на оптимизацию режимов работы отопительной системы и системы горячего водоснабжения при проведении ремонтных работ. Отметим, что установка системы «евроокон» позволяет снизить тепловые потери как в жилых, так и в нежилых помеще-

ниях, а обеспечить защиту открытых проемов и часто открываемых дверей нежилых сооружений позволит использование воздушно-тепловых завес различных конструкций.

Периодическая оценка степени износа здания и мероприятия по сохранению хорошего технического состояния позволяет продлить срок и улучшить условия его эксплуатации.

Список источников

1. Salnikov V.B., Belyakov V.A., Veselov V.V. Problems of residential building ensuring safe operation with wall panels made of autoclaved aerated concrete // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 1643–1647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.145>.
2. Яковлева М.В., Ерёмин Г.С. Вопросы контроля безопасности строительного фонда // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*. Строительство. 2018. С. 491–495.
3. Дырнаева Э.А. Методы определения износа жилых зданий // *Научные преобразования в эпоху глобализации: сб. статей междунар. науч.-практич. конф. в 4 ч. (г. Уфа, 01 мая 2017 г.)*. Уфа, 2017. Ч. 1. С. 113–115.
4. Матренинский С.И., Гетьман Д.А., Макаров Д.О. База данных показателей физического износа, морального износа и технической комфортности жилых зданий для принятия решения по их реновации // *Строительство и недвижимость*. 2023. № 1 (12). С. 33–39.
5. Баран В.И., Баран Е.П. Статистическая оценка степени физического износа жилищных зданий // *Состояние, направления и перспективы развития среднего профессионального образования: сб. материалов Междунар. заочной науч.-практич. конф. (г. Чебоксары, 24 марта 2017 г.)*. Чебоксары, 2017. С. 26–31.
6. Буряченко С.Ю., Евдокимцев О.В. Исследование методов определения физического износа здания // *Наука и образование – 2018: материалы всерос. науч.-практич. конф. (г. Мурманск, 15 ноября 2019 г.)*. Мурманск, 2019. С. 189–194.
7. Ковредов А.В., Ибрагимов Р.А., Кудрявцев К.С. Оценка физического износа зданий и сооружений // *Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: материалы V Междунар. науч.-практич. конф. в 2 ч. (г. Комсомольск-на-Амуре, 29–30 ноября 2018 г.)*. Комсомольск-на-Амуре, 2018. Ч. 2. С. 111–114.
8. Хайруллин В.А., Салова М.С., Шакирова Э.В., Кузнецов Д.В. Оценка морального износа рандомизированной простой выборочной совокупности гражданских зданий. Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 3 (34). 95 с. Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-3-economics-management> (дата обращения: 17.04.2024).
9. Mishchenko V.Ya., Matreninsky S.I., Gorlin K.O. A methodological approach to the evaluation of obsolescence of residential buildings // *Real Estate: Economics, Management*. 2021. № 2. P. 29–33.
10. Черенкова А.О., Черенкова Е.О. Физический и моральный износ жилых зданий и методы их определения // *Научно-практические проблемы и направления их решения в области высоких технологий: сб. статей Междунар. науч.-практич. конф. в 2 ч. (г. Уфа, 15 августа 2017 г.)*. Уфа, 2017. Ч. 2. С. 124–125.
11. Слатова Е.А., Шурышева Г.В., Логинова Е.В. Исследование влияния эффективности проектных решений на моральный износ гражданских зданий // *Перспективы науки*. 2020. № 7 (130). С. 85–88.
12. Чаганов А.Б., Муравьева Д.С. Анализ методов оценки долговечности и сроков службы промышленных зданий // *Дневник науки*. 2019. № 10 (34). 14 с. Режим доступа: <http://dnevniknauki.ru/index.php/number10-2019/tekhnicheskies-pauki-10-2019> (дата обращения: 22.02.2024).
13. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. Проблемы определения физического износа зданий посредством применения сборников ВСН // *Наука и инновации в строительстве: сб. докладов Междунар. науч.-практич. конф. (г. Белгород, 21 апреля 2017 г.)*. Белгород, 2017. Т. 2. С. 15–17.
14. Кузнецов С.М., Воловник Н.С., Демиденко О.В., Белова А.И. Обследование здания в рамках строительно-технической экспертизы. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 3 (58). С. 87–95.
15. Липатов А.Е. Защита зданий от преждевременного износа // *Наука и образование XXI века: материалы IX-й Междунар. науч.-практич. конф. (г. Рязань, 30 октября 2015 г.)*. Рязань, 2015. Т. 1. С. 47–52.
16. Birjukov A., Lebedkin A., Birjukov Y., Pchelkin V. Determination of the type of repair work based on the results of survey and monitoring of the technical condition of buildings // *E3S Web Of Conferences*. 2020. Vol. 157. 11 p. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202015706023>.
17. Резяпова В.В. Экономические аспекты морального износа при эксплуатации здания // *Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практич. конф. в 14 т. (г. Тамбов, 30 апреля 2015 г.)*. Т. 11. С. 120–121.
18. Дырнаева Э.А. Порядок оценки морального износа гражданских зданий // *Научные преобразования в эпоху глобализации: сб. ст. междунар. науч.-практич. конф. в 4 ч. (г. Уфа, 01 мая 2017 г.)*. Ч. 1. С. 115–117.

19. Ким Л.В. Модель индикаторных поверхностей износа зданий и сооружений // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практич. конф. в 5 ч. (г. Тамбов, 31 августа 2013 г.). Тамбов, 2013. С. 76–78.

Информация об авторах / Information about the Authors

Дорофеева Наталья Леонидовна,

к.т.н., доцент,
доцент кафедры механики
и сопротивления материалов,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
dorofeeva@istu.edu

Natalia L. Dorofeeva,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of Mechanics
and strength of materials,
Architecture, Construction and Design Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dorofeeva@istu.edu

Кадель Дмитрий Евгеньевич,

студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
i.dimas802@gmail.com

Dmitrii E. Kadel,

Student,
Architecture, Construction and Design Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
i.dimas802@gmail.com

Горбунова Анастасия Петровна,

студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
nastya.gorbunova1005@mail.ru

Anastasia P. Gorbunova,

Student,
Architecture, Construction and Design Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
nastya.gorbunova1005@mail.ru

Современные методы отведения дождевых стоков

© Н.О. Солпин, Л.В. Макотрина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В условиях постоянного роста населения и расширения границ населенных пунктов, проблема эффективного удаления поверхностных стоков становится все более актуальной. Строительство сетей ливневой канализации является одним из ключевых аспектов обеспечения безопасности и комфорта жителей городов и поселков. Однако, с увеличением количества водонепроницаемых покрытий, строительство коллекторов ливневой канализации становится более дорогостоящим, а нагрузка на существующие системы возрастает. В связи с этим, при проектировании и строительстве новых сетей отведения поверхностных вод необходимо учитывать опыт инженеров разных стран в области проектирования, строительства и эксплуатации подобных объектов. Накопленный опыт позволяет оптимизировать затраты на строительство, повысить эффективность работы систем и обеспечить их долговечность. Это особенно важно в условиях растущего населения и увеличения нагрузки на инфраструктуру. Таким образом, изучение и применение опыта инженеров разных стран может стать ключевым фактором в обеспечении надежной и эффективной работы ливневой канализации, что способствует улучшению качества жизни населения и сохранению окружающей среды.

Ключевые слова: ливневая канализация, дождевые сады, биотрясины, зеленые кровли, водопроницаемые покрытия

Modern methods of stormwater drainage

© Nikita O. Solpin, Lyudmila V. Makotrina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. In conditions of constant population growth and expansion of the boundaries of settlements, the problem of effective removal of surface runoff is becoming more and more urgent. The construction of storm sewer networks is one of the key aspects of ensuring the safety and comfort of residents of cities and towns. However, with the increase in the number of waterproof coatings, the construction of storm sewers becomes more expensive, and the load on existing systems increases. In this regard, when designing and building new surface water drainage networks, it is necessary to take into account the experience of engineers from different countries in the field of design, construction and operation of such facilities. The accumulated experience makes it possible to optimize construction costs, increase the efficiency of systems and ensure their durability. This is especially important in the context of a growing population and an increasing burden on infrastructure. Thus, the study and application of the experience of engineers from different countries can become a key factor in ensuring reliable and efficient operation of storm sewers, which contributes to improving the quality of life of the population and preserving the environment.

Keywords: storm sewers, rain gardens, bio-bogs, green roofs, permeable coatings

Что делать с атмосферными осадками, которые выпадают в крупном городе? Начать стоит с того, что дождевая вода и прочие осадки – это враг города и комфортной городской среды. Именно от воды в городе разрушается покрытие дорог и тротуаров, именно она служит основной причиной грязи на городских улицах. С наступлением зимы проблема осадков в городской среде ухудшается еще сильнее. На парапетах кровли зданий образуются сосульки, падающие вниз и угрожающие здоровью и жизни людей, а снежные сугробы и завалы затрудняют движение пешеходов по тротуарам. Поэтому важной задачей инже-

неров является решение проблемы осадков и отвода их с улиц как можно скорее.

В нашей стране с отводом поверхностных сточных вод есть существенные проблемы. Существующие системы ливневой канализации, построенные еще во время СССР, часто засорены или просто разрушены, они не могут обеспечить необходимую пропускную способность, а в новых районах систему ливневой канализации часто не делают. Как итог, даже после выпадения небольшого количества осадков наши города затапливает, тротуары и дороги приходят в негодное состояние, повсюду образуются наледь и грязь, что напря-

мую влияет на качество жизни жителей города.

Почему так происходит и как проблему отведения поверхностных сточных вод решают в других странах?

После выпадения осадков в городе поверхностные сточные воды необходимо куда-то направить. Что делать за городом – всем понятно. Там большая часть осадков просто уходит в грунт, и поэтому таких проблем, как в крупных населенных пунктах там нет. А что же делать в условиях плотной городской застройки, где большие площади занимают асфальтовые и бетонные покрытия, которые служат для воды преградой и ей некуда уходить? Отводить осадки с улиц в таких случаях приходится с помощью системы трубопроводов и направлять ее на сооружения по очистке ливневых стоков, а после в ближайшую реку или водоем. При такой схеме есть несколько проблем:

1. Системы отведения поверхностных стоков не всегда могут в полной мере справиться с нагрузкой, особенно, если прошел сильный ливень. Такую ситуацию можно видеть даже в районах, где сеть ливневой канализации была устроена, но старые магистрали уже засорились и износились.

2. Традиционная система ливневой канализации является очень затратной. Нужно копать протяженные траншеи для магистралей больших диаметров, а после восстанавливать нарушенное благоустройство. Если же на месте планируемого трубопровода уже имеются другие коммуникации и нет возможности использовать открытый способ прокладки трубопроводов, можно воспользоваться бестраншейным способом, но он является более затратным.

3. Вода от прошедших в городе дождей вымывает с улицы песок, листья, грязь, а также различный мелкий мусор, который находится на проезжей части автомобильных дорог и тротуарах. Мелкий мусор и листва быстро забивают городские коллекторы. Чтобы эффективность системы не снижалась и сточные воды быстро отводились на очистные сооружения коллекторы ливневой канализации приходится регулярно прочищать.

4. Сооружения очистки дождевых сточных вод не всегда работают корректно и в водо-

емы могут попадать различные вещества с улицы, такие как, тяжелые металлы и капающие с машин технические жидкости, тем самым нанося большой ущерб окружающей среде.

Годами вопрос водоотвода решали просто. Строили подземные ливневые коллекторы и минимальные очистные сооружения. Но с началом XXI в. тенденция изменилась.

Один из первых примеров — это город Филадельфия (США). Изношенная городская сеть ливневой канализации часто не справлялась с сильными ливнями, поэтому город часто затопливался, превращаясь в водоем. В 2006 г. департамент водоснабжения и водоотведения Филадельфии решил снизить количество «серой» инфраструктуры в городе и начать развивать «зеленую». Зачем бесконечно прокладывать, чинить и менять магистрали трубопроводов, менять фильтрующие элементы, если можно просто вернуть в город землю? Оказалось, что это еще и экономически более выгодно: на создание «зеленой» инфраструктуры уйдет порядка 2,4 млрд долларов за 25 лет, за тот же период на содержание «серой» инфраструктуры потребуется гораздо больше – от 8 млрд.

В том же году была разработана программа «Зеленый город, чистые воды», рассчитанная на 25 лет. С 2006 г. в Филадельфии законодательно установлено, что любые новые строительные объекты площадью более 1500 м² должны иметь зеленые зоны, способные поглощать до 3 см осадков. Этого вполне достаточно, чтобы к изношенной городской сети канализации можно было вообще не обращаться [1].

С тех пор город стал активно обрастать клумбами, дождевыми садами, зелеными крышами, искусственно заболоченными биотряси́нами и прочими подобными сооружениями. Около трети асфальтовых покрытий города заменили водопроницаемыми, разработанными здесь же, в Филадельфии, в Институте Франклина еще в 1977 г. вдоль автомобильных дорог появилось множество котлованов и траншей, выложенных водопроницаемой геотканью, наполненных гравием или крупным булыжником и замаскированных сверху почвой и деревьями. Благодаря этому город кардинально преобразился (рис. 1).



Рис. 1. Применение зеленой инфраструктуры в Филадельфии

На рисунке слева видно, насколько снизилось общее количество водонепроницаемых поверхностей, таких как бетонные и асфальтовые покрытия. Кровли зданий получили озеленение, которое задерживает осадки и не нагружает сеть ливневой канализации города.

За пять лет программы «Зеленый город, чистые воды» нагрузка на канализационную систему Филадельфии снизилась на 30 %. Опыт применения «зеленой» инфраструктуры оказался настолько удачным, что Агентство по защите окружающей среды США (EPA) сделало ее частью своей глобальной программы Storm Water Management Model (SWMM). SWMM – это компьютерная модель планирования, анализа и разработки проектов, связанных с управлением ливневыми стоками, которая используется по всему миру. Примеру уже последовали Австралия, Франция, Великобритания, Норвегия, Швеция, Финляндия и др. страны.

На самом деле набор решений с применением зеленой инфраструктуры довольно про-

стой. Различные сооружения для отвода поверхностного стока обладают определенным набором функций. В ходе работы были выявлены основные функции технологий: биологическая фильтрация (Ф), накопление (Н), инфильтрация (И), транспорт (Т) [2].

Дождевые сады (Н) – это земляные сооружения внутри городского квартала, на которых высаживают влаголюбивые травы и кустарники, которые могут существовать в загрязненных условиях. С помощью таких сооружений можно искусственно воспроизвести природный круговорот воды в городе: осадки, выпадающие на водонепроницаемые покрытия, стекают в резервуары дождевых садов, вода впитывается в грунт и фильтруется, проходя через него, а после пополняет подземные источники [3].

Эти растительные боксы могут находиться как на уровне тротуара, являясь продолжением бордюра (рис. 2), так и ниже уровня тротуара. Такие углубления называются ливневыми горшками (рис. 3).



Рис. 2. Применение дождевых садов в один уровень с дорогой



Рис. 3. Применение дождевых садов ниже уровня дороги

Аналогичную систему с множеством дождевых садов применили в шведском городе Мальмё. На рисунке далее (рис. 4) хорошо видно, как работает данная система в жизни. Через каждые 20 м вдоль проезжей части сделаны такие бетонные резервуары. Они состоят из трех отсеков.

Первый отсек предназначен для принятия дождевых вод с дороги или тротуара. Здесь вода фильтруется. Крупный мусор, песок и листва оседают на дне первого отсека, проходя через решетку. Уже отфильтрованная вода попадает во второй отсек, в большую зону с растениями.

На случай переполнения есть дождеприемная решетка, через которую лишние осадки

падают в городскую сеть водоотведения.

Состав почвенной смеси в подобных садах обычно включает в себя 50 % песка, 20–30 % компоста и ещё 20–30 % плодородного слоя. Чтобы вода направлялась в дождевые сады весь город оборудуют системой каналов и специальных водоотводов, уклон которых направлен в сторону дождевых садов [4, 5].

На случай если выпадает большое количество осадков, когда грунт не будет успевать впитывать в себя такое количество жидкости, в каждом дождевом саду предусмотрено переливное устройство для отведения излишков воды напрямую в систему ливневой канализации. Обычно приемная решетка находится на 5–7 см выше уровня почвы.



а



б



в

Рис. 4. Применение дождевых садов, Швеция, Мальмё

Чаще всего дождевые сады устраивают между тротуаром и автомобильной дорогой. Так они выступают еще и в роли разделительной полосы. А еще дождевые сады располагают вокруг жилых домов для принятия ими осадков, стекающих с кровли здания [6].

Биотрясины (Ф). Еще недавно идеально плоская поверхность казалась жителям идеальным типом городского ландшафта. Сегодня

все изменилось. На улицах и во дворах современных городов архитекторы и градостроители создают искусственный рельеф, для того чтобы направить сточные воды от выпавших осадков в специально созданные биотрясины – небольшие болотца, засаженные камышами, осокой, тростником и другой растительностью, которая помогает очищать загрязненную воду. Они состоят из нескольких слоев.

Поверхностный растительный слой на песчаной основе фильтрует загрязнения и контролирует скорость прохождения воды в нижние слои. Переходный слой, представленный геотекстилем, предотвращает вымывание мелких частиц из поверхностного растительного слоя. Дренажный слой, в основном состоящий из гравия или щебня, позволяет воде дренировать в почву [1, 4].

В одном из кварталов французского города Гренобле есть хороший пример подобной биотрясины (рис. 5).

Проницаемое покрытие (И). Если город или отдельные его кварталы застроены слишком плотно, так что места не хватит ни для создания дождевых садов, ни биотрясин, то

можно сделать покрытие улиц и дорог водонепроницаемым [7]. Есть два варианта:

- использовать специальный пористый асфальт (этот способ обычно применяется для дорожного покрытия) (рис. 6);

- оставлять небольшие зазоры при мощении тротуаров плиткой, которые будут образовывать углубления для воды (но этот вариант подходит только для южных регионов нашей страны, где среднесуточная температура не опускается ниже нуля) (рис. 7).

В зазорах между камнями можно высадить травы или мох – это и улучшит фильтрационные свойства покрытия, и внешне будет выглядеть привлекательнее: настоящий живой тротуар.



Рис. 5. Применение биотрясин, Франция, Гренобль



Рис. 6. Проницаемое асфальтовое покрытие

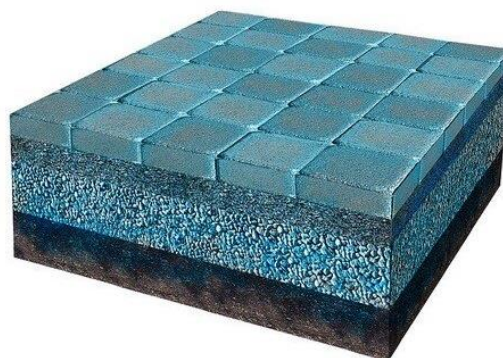


Рис. 7. Мощение брусчаткой

Зеленые кровли (Н). Для районов, где стоимость земли слишком высока, а свободного пространства не так много есть еще один выход – наполнять крыши растительностью. Для Филадельфии это стало практически повсеместным решением, учитывая закон, описанный ранее: с осадками до 3 см городские объекты должны справляться без помощи канализации. Благодаря таким садам на крыше жилые здания становятся более энергоэффективными, ведь слой земли выполняет функцию дополнительной теплоизоляции кровли [8].

Каналы с водонепроницаемым основанием (Т) – это открытые дренажные системы, желоба. Служат связующим элементом между остальными технологиями зеленой инфраструктуры, транспортируя воду. При протекании по неровной поверхности желоба, вода аэрируется, насыщаясь кислородом.

Резервуары для накопления воды могут быть надземные и подземные. В надземных накопителях дождевая вода с кровель зданий через желоба и водосточные трубы собирается в специальные резервуары и в дальнейшем может использоваться для полива или технических нужд зданий. Резервуары могут быть встроенными в здания и являться объектом дизайна.

Подземные накопители широко распространены за рубежом. В России же, такие системы пока не получили всеобщего признания. Но в Ботаническом саду МГУ им. М. В. Ломоносова «Аптекарский огород» в 2018 г. в саду была представлена первая в России система по сбору дождевой воды. Система собирает не весь поверхностный сток, а только «чистую» воду с кровли оранжерей. Сбор дождевой воды позволил сэкономить около 20 % ресурсов воды для полива растений из городского водопровода [9].

А как обстоит ситуация в городе Иркутске? По состоянию на 2013 г. в городе работало 67 выпусков ливневой канализации в различные водные объекты Иркутска: в Ангару, Ушаковку, Каю, Иркут. Только один из них был оснащен очистными сооружениями. Расчетная мощность трубопроводов ливневой канализации может обеспечить транспортировку лишь 70 % осадков, а оставшиеся 30 % стекают по дорогам, подтапливая пониженные

участки рельефа и попадают в водоемы города.

До Иркутска в Ангаре течет вода пригодная для питья, она практически байкальская. Забор воды на нужды водоснабжения Шелехова и Иркутска осуществляется прямо из водохранилища, без комплекса очистных сооружений, производится только обеззараживание с помощью электролиза соли. В России и мире крайне мало населенных пунктов, которые могут похвастаться такой чистой водой. Но ниже Иркутска река становится более загрязненной и вода в ней уже не пригодна для питья без очистки.

При этом специалисты отмечают, что с градостроительной точки зрения в Иркутске нет рационального подхода к планированию ливневой канализации. Если во время ливня в центре города выпадает больше 65 л дождя в секунду на 1 га, то ливневка не справляется и улицы погружаются под воду [10].

Для решения проблемы в 2010 г. при сотрудничестве директора института архитектуры и строительства Иркутского национального технического университета В.Р. Чупина, преподавателей университета и сотрудников Иркутскгипродорнии на основе старой была разработана новая схема развития системы ливневой канализации. В нее вошла перекладка существующей ливневки трубами большего диаметра, строительство локальных очистных установок на выпусках. Но стоимость реализации была слишком велика. По предварительным оценкам на реализацию проекта необходимо 15 млрд рублей. Эта сумма на 2 млрд превышает годовой бюджет Иркутска и от проекта отказались [10].

Вышеперечисленные технологии зеленой инфраструктуры активно и успешно применяются в таких странах как США, Канада, Германия, Франция, Великобритания, Швеция, Китай, Австралия и др. Основываясь на опыте зарубежных стран, методы организации поверхностного стока, представленные рядом технологий зеленой инфраструктуры, работают и основаны они на естественных биологических процессах, а также на сборе дождевой воды и последующем ее использовании. Чтобы улучшить работу ливневых канализаций и избежать подтоплений и затоплений, технологии необходимо интегрировать в уже

существующую серую инфраструктуру. На сегодняшний день в нормативной документации описаны лишь несколько схем отвода поверхностного стока: раздельная, комбинированная и общесплавная. С помощью добавления к си-

стеме трубопроводов описанных выше сооружений можно получить десятки различных конфигураций, которые будут удовлетворять потребности новых городов и не создавать избыточной нагрузки на городскую сеть канализации.

Список источников

1. Ballard T.W., Wilson S., Udale-Clarke H. The SuDS Manual. London: CIRIA, 2015. 937 p.
2. Горохов В.А. Городское зеленое строительство. М.: Стройиздат, 1991. 416 с.
3. Ханбабаева О.Е. Роль дождевых садов в экологии городских пространств // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. (г. Ульяновск, 26 мая 2020 г.). Ульяновск, 2020. С. 83–86.
4. Залесов С.В., Тукачева А.В. Гидролесомелиорация избыточно увлажненных земель. Екатеринбург: УГЛТУ, 2018. 67 с.
5. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Зависимость фактической скорости потока в самотечных сетях водоотведения от толщины слоя отложений в токовой части трубы // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2021»: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Сочи, Красная Поляна, 14–17 декабря 2021 г.). Сочи, 2021. С. 101–104.
6. Титова Н. П. Сады на крышах. М.: Олма-Пресс гранд, 2002. 112 с.
7. Кriuлин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве. СПб.: Студия НП-Принт, 2014. 120 с.
8. Машинский В.Л. Пособие по озеленению и благоустройству эксплуатируемых крыш жилых и общественных зданий, подземных и полуподземных гаражей, объектов гражданской обороны и других сооружений. М.: Москомархитектура, 2001. 44 с.
9. Боронина Л.В., Давыдова Е.В., Медведев А.А. Стратегическое развитие систем водоснабжения и водоотведения современного города // Яковлевские чтения: сб. докладов XV Междунар. науч.-техн. конф., посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева (г. Москва, 19 марта 2020 г.). Москва, 2020. С. 7–11.
10. Рябова А. Тонем-тонем, не потонем? // IRK.ru. Режим доступа: <https://www.irk.ru/news/articles/20130807/sewage/> (дата обращения: 10.04.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Солпин Никита Олегович,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
soollppiinn@gmail.com

Nikita O. Solpin,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
soollppiinn@gmail.com

Макотрина Людмила Викторовна,
к.х.н., доцент,
доцент кафедры инженерных коммуникаций
и систем жизнеобеспечения,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
makotrinalvik@gmail.com, maklv@istu.edu

Lyudmila V. Makotrina
Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Engineering Communications
and Life Support Systems,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
makotrinalvik@gmail.com, maklv@istu.edu

Принципы модернизации и реконструкции лечебно-профилактических учреждений здравоохранения

© Т.Ю. Сухова, М.Г. Захарчук

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена вопросам модернизации и реконструкции медицинских учреждений на примере разработки дизайн-проекта для Областной больницы № 2 в поселке Усть-Ордынский Иркутской области. Тема обновления интерьеров и благоустройства территорий на сегодняшний день необычайно актуальна в нашем сибирском регионе. В последние годы уделяется особое внимание строительству и реконструкции учреждений здравоохранения, поэтому цель работы – выявление принципов современной реновации предметно-пространственной среды. В процессе работы над проектом модернизации интерьеров и благоустройства территории Областной больницы № 2 в поселке Усть-Ордынский студенты Иркутского национального исследовательского технического университета ознакомились с современными направлениями организации предметно-пространственной среды, изучили правила и нормы архитектурно-строительного проектирования, а также принципы модернизации и реконструкции общественных зданий, выполнили предпроектный анализ и провели обобщение данных по теме исследования. Для разработки внутренней предметно-пространственной среды обучающиеся использовали полученные теоретические знания, а главным инструментом в процессе проектирования новых креативных интерьеров стал цвет. В результате разработанной концепции модернизированные интерьеры обладают эмоциональной и эстетической выразительностью, а весь комплекс благоустройства органически связан с решением архитектурной композиции сооружений.

Ключевые слова: модернизация, реконструкция, здравоохранение, интерьер, благоустройство

Principles of modernization and reconstruction of medical and preventive healthcare institutions

© Tatyana Y. Sukhova, Marina G. Zakharchuk

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the issues of modernization and reconstruction of medical institutions on the example of the development of a design project for the Regional Hospital No. 2 in the village of Ust-Ordynsky, Irkutsk region. The theme of interior renovation and landscaping is extremely relevant in our Siberian region today. In recent years, special attention has been paid to the construction and reconstruction of healthcare facilities, therefore, the purpose of the work is to identify the principles of modern renovation of the subject-spatial environment. In the process of working on the project of interior modernization and landscaping of the territory of the Regional Hospital No. 2 in the village of Ust-Ordynsky, students of the Irkutsk National Research Technical University got acquainted with modern trends in the organization of the subject-spatial environment, studied the rules and norms of architectural and construction design, as well as the principles of modernization and reconstruction of public buildings, performed a pre-design analysis and summarized the data on the topic of the study. To develop an internal subject-spatial environment, students used the theoretical knowledge they had gained, and color became the main tool in the process of designing new creative interiors. As a result of the developed concept, the modernized interiors have emotional and aesthetic expressiveness, and the entire complex of landscaping is organically connected with the solution of the architectural composition of structures.

Keywords: modernization, reconstruction, healthcare, interior, landscaping

Здоровье является высшей ценностью для каждого человека и на лечебно-оздоровительные учреждения возложено множество задач, выполнить которые возможно только при соответствии современным запросам общества [1], поэтому сейчас уделяется такое большое внимание процессам модернизации в сфере здравоохранения. Благодаря государственной поддержке все отрасли меди-

цины стремительно развиваются, внедряются передовые технологии [2], но в настоящий период времени поставлять лишь новое техническое оснащение недостаточно, также необходимо выполнять реновацию внутреннего и внешнего облика существующих лечебно-профилактических учреждений [3], т. к. предметно-пространственная среда центров медицинского обслуживания оказывает непо-

средственное влияние на эмоциональное и физическое состояние пациентов и медицинского персонала [4].

Объекты здравоохранения несут особую нагрузку: сюда входит не только функция оказания медицинской помощи, но и комфортное и безопасное пребывание пациентов и посетителей. Как показывает практика, функциональный износ происходит значительно быстрее физического. Иными словами, пригодное для эксплуатации в общем понимании здание оказывается непригодным для современных обстоятельств – конструктивных, технологических, инженерных, санитарных, социальных, эстетических и др. Производится реконструкция или замещение морально и физически устаревших элементов зданий и их частей новыми элементами или объектами [1]. Учитывая при этом, что новые объемно-планировочные и конструктивные решения [5] зданий и сооружений должны четко зонировать помещения подразделений и служб, обеспечивая выполнение требований нормативных документов к запланированным процессам медицинской технологии [6], противопожарной безопасности и обеспечению внутреннего климата.

В соответствии с современными принципами модернизации возникает необходимость выполнения работ и мероприятий, связанных с повышением потребительских качеств зданий, сооружений, коммуникаций, их частей или элементов, с приведением эксплуатационных показателей к уровню современных архитектурно-строительных норм в существующих габаритах:

- эстетическая реконструкция интерьеров, фасадов зданий;
- изменение планировки или перепрофилирование помещений под новые медицинские направления;
- оснащение сооружений специальными модернизированными конструкциями для маломобильных граждан;
- выполнение монтажа необходимых лифтов, мусоропроводов, балконов, лоджий, а также замены отдельных видов несущих конструкций;
- реорганизация систем вентиляции, кондиционирования или другого инженерного оборудования;

– переустройство крыш, утепление и шумоизоляция зданий;

- устройство автомобильных парковок;
- благоустройство и оборудование территории медицинского комплекса.

Главной задачей модернизации зданий становится разработка интерьеров и экстерьеров комплекса лечебно-оздоровительных сооружений [7]. Она представляет собой концепцию «очеловечивания» медицинских учреждений, территория которых должна создавать ощущение тихой, спокойной атмосферы [8], которая способна настроить на позитивный лад и выздоровление больных.

Областное государственное учреждение здравоохранения Областная больница № 2 в поселке Усть-Ордынский Иркутской области (рис. 1 а, б) представляет собой комплекс, оказывающий высококвалифицированную многопрофильную, специализированную консультативно-диагностическую и лечебную помощь в амбулаторных и стационарных условиях. Территория больницы расположена в центральной части поселка. Комплекс лечебного учреждения размещается в зданиях, введенных в эксплуатацию в период с 1972 по 2010 г.: больничный стационар, инфекционный корпус, перинатальный центр, поликлиника на 500 посещений в смену, патологоанатомический корпус, пищеблок и хозяйственные корпуса.

Можно подбирать различные подходы к модернизации учреждений здравоохранения, в т. ч. на основе формирования «оптимальной» архитектурно-пространственной среды, оказывающей лечебный эффект на пациента [9]. Для концептуальной идеи проекта реновации Областной больницы студентка Иркутского национального исследовательского технического университета Д.И. Варламова приняла решение целенаправленно искать образ чистоты форм и пути художественного выражения темы оздоровления. Поскольку медицинские учреждения, в первую очередь, ассоциируются со стерильной чистотой, то концептуальной идеей решения предметно-пространственной среды больницы стала функциональность, а базовым цветом – свежий белый с оптимистичными цветовыми акцентами оранжевого и желтого, которые настраивают каждого посетителя на выздоровление.



а



б

**Рис. 1. Областная больница № 2, п. Усть-Ордынский Иркутской области:
а – существующий экстерьер; б – существующий интерьер (фото Д.И. Варламовой)**

Белый цвет – легкий, чистый и ясный, кроме того ассоциируется с медицинской атрибутикой и белым халатом врача, спасающего жизни людей.

В результате предпроектного анализа были выявлены главные проблемы в существующем больничном стационаре – это отсутствие в палатных отделениях пищеблоков для больных, состоящих из столовой и буфетной, а также комнат отдыха для персонала. Увеличение площади здания можно решить только методом реконструкции – пристроим новых блоков к торцам существующего корпуса лечебного стационара, применив светопрозрачные ограждения, в соответствии с принятой концепцией. В таком случае доставка пищи на верхние этажи буфетных будет осуществляться по лифтовым шахтам, возведенным в процессе реконструкции.

Соответственно, для новых блоков были разработаны интерьеры пищеблока и комнат отдыха для персонала, теплый оттенок остекления которых оказывает влияние на эмоциональное состояние посетителей. Легкая атмосфера – вот что должны ощущать пациенты, находясь в столовой, ведь на белом полу столовой расставлена мебель теплых оттенков (рис. 2 а, б).

Для медицинского персонала необходимо помещение для отдыха, которое бы положительно действовало на их рабочее состояние. Поток дневного света больших витражей, прозрачные стеллажи и белые диваны освежат современный интерьер. Доминируют в комнате для релаксации подвесные мягкие диванчики, качающиеся на прочных вантах, закрепленных в перекрытиях. Они развернуты к витражам, чтобы выделить индивидуальную

зону для каждого отдыхающего, визуально изолировав от общего пространства. Несмотря на то, что такие объекты являются яркими пятнами, они создают необходимую легкость в данном интерьере (рис. 2 в, г).

Вестибюль, холлы, коридоры стационара относятся к структурным узлам передвижения людских потоков, являясь входными группами и горизонтальными коммуникациями, поэтому необходимо, чтобы эти помещения были просторными и освещенными (рис. 2 д, е). Во внутренней отделке автор использовала гляцевые и светоотражающие материалы и элементы, за счет которых визуально увеличивается пространство. Устройство витражей, остекленных дверей и специально подобранных светильников дало такой результат.

Цветовое решение покрытий пола для удобства посетителей на каждом этаже принято различным, в соответствии с принятой концепцией – теплого солнечного оттенка. Разработана мебель простых геометрических форм, цвет банкетов сливается с полом или стенами, таким образом, выделяя цветное витражное остекление.

Белый цвет необходимо подчеркнуть ярким цветовым акцентом, который наполнит каждого радостью, позитивом и хорошим настроением. Цвет яркого апельсина в больничной палате (рис. 2 ж, з) не позволит пациенту долго находиться в удрученном состоянии, однако, чтобы такой оттенок эмоционально не давил, стоит выделить только одну стену в изголовье установленной кровати. Мобильная прозрачная перегородка будет отделять зону умывальника от зоны расположения кроватей для повышения комфорта больных.



а



б



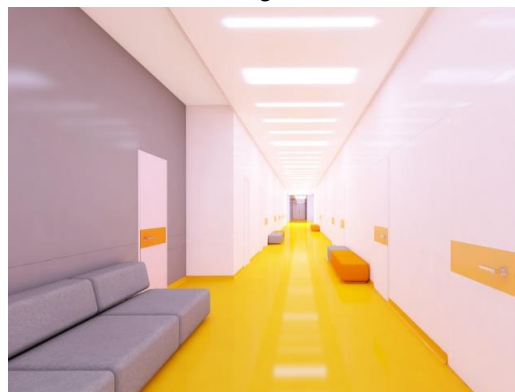
в



г



д



е



ж



з

Рис. 2. Проект интерьеров Областной больницы № 2 в п. Усть-Ордынский: а – столовая для больных; б – буфетная; в, г – комната отдыха для персонала; д – вестибюль; е – коридор; ж, з – палата (автор Д.И. Варламова; руководители М.Г. Захарчук, С.В. Мурашова)

Главными компонентами архитектурной композиции здания является его внешний

объем и внутреннее пространство, их сочетание образует объемно-пространственную ком-

позицию¹. Комплекс разнохарактерных корпусов больницы в поселке Усть-Ордынский, построенных в разные годы, составляют параллелепипеды зданий, геометрическую композицию которых, согласно принятой концепции модернизации, было решено объединить белым цветом облицовочного слоя навесных фасадов, а их наружную отделку усложнить разноцветными витражами. Новые фасады решат проблему безликости зданий модернизируемого комплекса, а также повысят их теплоэффективность (рис. 3, б).

Планировочные решения генерального плана определились с учетом существующего рельефа местности, выполнения санитарных и противопожарных норм. При формировании архитектурно-планировочной структуры решены вопросы функционального зонирования территории больницы, транспортных и пешеходных связей между отдельными функциональными элементами участка и прилегающей территории. Проектом модернизации было предложено обеспечить устойчивые композиционные и визуальные оси, которые позволят создать эффектное восприятие зданий в городской среде. Проектируемая площадь формируется устьем реки Абанур, подчеркивается семантическими средствами – системой благоустройства и озеленения, светильниками и малыми формами (рис. 3, а).

На территории предусмотрено устройство проездов, площадки для стоянки автомобилей, новые зеленые насаждения, хозяйственные площадки, площадки для отдыха и игр, малые архитектурные формы.

Здравоохранение – это не только здания учреждений больниц и поликлиник, это целый комплекс мер медицинского, санитарно-гиги-

нического, противоэпидемического, а также политического, экономического и социального характера, которые направлены на сохранение физического и психологического здоровья человека, которому отвечают принципы современной модернизации и реконструкции лечебно-профилактических учреждений.

В работе над проектом интерьеров и благоустройства Областной больницы № 2 в поселке Усть-Ордынский Иркутской области студентка Д.И. Варламова применила принципы модернизации в существующих габаритах здания, а также и реконструкции, т. к. увеличение строительного объема здания больницы возможно только совокупностью строительных работ, связанных с изменением технико-экономических показателей существующего объекта. Реконструкцией стационара была решена проблема недостатка площадей путем пристроя новых объемов со сплошным витражным ограждением, в которых становится возможным дополнительно разместить пищеблока для всех палатных отделений и комнаты отдыха для персонала.

Автору удалось создать оригинальный архитектурно-художественный образ предметно-пространственной среды, досконально проанализировав сложившуюся ситуацию. Концепция данного проекта модернизации больницы – «свежо и ярко», поэтому и новый интерьер выглядит весьма жизнеутверждающе. При этом цвет в интерьере больницы служит и средством навигации: полы и стены каждого этажа выделены соответствующим сочным цветом.

Кроме решения задачи по организации внутреннего пространства стационара больницы и улучшения архитектурной выразительности зданий в состав работы по модерниза-



Рис. 3. Проект экстерьеров Областной больницы № 2 в п. Усть-Ордынский:
а – благоустройство территории; б – разработка фасадов
(автор Д.И. Варламова; руководители М.Г. Захарчук, С.В. Мурашова)

¹ Фомина В.Ф. Конструкции общественных зданий: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2005. 85 с.

ции комплекса вошло предложение по благоустройству его территории.

Идея организации среды больничного комплекса представляет собой создание нового пространства, которое способствует выздоровлению и сочетает в себе как функциональность и хорошую техническую оснащенность,

так и дизайн, позволяющий пациентам максимально комфортно чувствовать себя в стенах учреждения здравоохранения [10]. Принципы модернизации и реконструкции позволяют создать современную и позитивную предметно-пространственную среду лечебно-профилактического учреждения.

Список источников

1. Умарова Т., Рахмонова М. Реновация медицинских объектов // *Мировая наука*. 2019. № 9 (30). Режим доступа: <https://sciup.org/science-j/2019-9-30?ysclid=lxo5o6lya281278798> (дата обращения: 22.01.2024).
2. Гайдук А.Р. Новая типология медицинских учреждений // *Молодой ученый*. 2011. Т. 2. № 3 (26). С. 212–216. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/26/2846/> (дата обращения: 09.08.2023).
3. Бойко А.Т., Бахтина И.С. Основы научного управления (менеджмента) и маркетинга в здравоохранении. Режим доступа: <https://pamsk.ru/information/obuchenie/fayly/osnovy-nauchnogo-upravleniya-menedzhmenta-i-marketinga-v-zdravookhraneni> (дата обращения: 09.08.2023).
4. Скрипкина Т.П., Херсонский И.И. Особенности эмоционального выгорания у медицинского персонала // *Вестник минского университета*. 2023. Т. 11. № 1 (42). Режим доступа: <https://www.minin-vestnik.ru/jour/issue/view/49/showToc> (дата обращения: 09.08.2023).
5. Вольнов К.А., Кондратенко Т.О. Объемно-планировочные и конструктивные решения учебных заведений архитектурно-строительного профиля // *StudNet*. 2021. Т. 4. № 5. Режим доступа: <https://stud.net.ru/tom-1-1-2019-studencheskij-nauchno-obrazovatelnyj-zhurnal-studnet> (дата обращения: 15.08.2023).
6. Найговзина Н.Б., Филатов В.Б., Бороздина О.А. История стандартизации в отечественном здравоохранении // *Вестник ВШОУЗ*. 2015. № 1. Режим доступа: <https://www.vshouz.ru/journal/2015/istoriya-standartizatsii-v-otechestvennom-zdravookhraneni> (дата обращения: 15.08.2023).
7. Чашина А.И., Скопинцев А.В. Современные подходы к архитектурному формированию адаптивной терапевтической среды родильных домов и перинатальных центров // *Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова*. 2020. № 12. С. 91–101. Режим доступа: <http://dspace.bstu.ru/handle/123456789/4017> (дата обращения: 08.09.2023).
8. Викторова Л.А. Обеспечение комфорта среды жизнедеятельности при проектировании промпредприятий // *Архитектура и современные информационные технологии*. 2011. № 2 (15). Режим доступа: <https://marhi.ru/AMIT/2011/2kvart11/viktorova/abstract.php> (дата обращения: 08.09.2023).
9. Чашина А.И., Скопинцев А.В. Анализ современного состояния архитектурной среды родильных домов и перинатальных центров (на примере городов юга России) // *Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова*. 2020. № 4. С. 74–83. Режим доступа: <http://dspace.bstu.ru/handle/123456789/3822> (дата обращения: 12.09.2023).
10. Васильев Д.Е. Основные аспекты инженерно-технического проектирования зданий и вопросы материально-технического обеспечения бюро судебно-медицинской экспертизы и патологоанатомических отделений с точки зрения организации санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий // *Вестник современной клинической медицины*. 2022. Т. 15. № 4. С. 65–69. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15\(4\).65-69](https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15(4).65-69).

Информация об авторах / Information about the Authors

Сухова Татьяна Юрьевна,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
tanya.sukhova.02@mail.ru

Tanya U. Sukhova,
Student,
Architecture, Construction and Design Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
tanya.sukhova.02@mail.ru

Захарчук Марина Геннадьевна,
доцент,
доцент кафедры монументально-декоративной
живописи и дизайна им. В.Г. Смагина,
Иркутский национальный исследовательский техниче-
ский университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
mgzah@yandex.ru

Marina G. Zakharchuk,
Associate Professor,
Associate Professor, Department of Monumental
and Decorative Painting and Design
named after V.G. Smagin,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
mgzah@yandex.ru

Создание BIM-модели в системе Renga и перенос ее в программный комплекс SCAD

© С.М. Чайковский, В.П. Яценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Задача обеспечения возможности обмена данными программ моделирования и расчета становится особенно актуальной, когда здание, подлежащее реконструкции, имеет нерегулярную структуру несущих элементов с большим количеством стен и плит перекрытия сложной формы, с наличием множественных проемов. В этом случае создание расчетной модели здания без использования BIM-модели потребует существенных затрат времени. В статье описаны этапы создания информационной модели реконструируемого здания в BIM-системе Renga с последующей передачей цифровых данных в программный комплекс SCAD (версия 21.1.9.7). Приведено описание процесса создания BIM-модели в системе Renga на примере пятиэтажного административного здания ветеринарной лаборатории: панельного с полным каркасом и жесткими рамными узлами в продольном и поперечном направлениях. Экспорт созданной при помощи Renga BIM-модели в препроцессор SCAD «Форум» производится в формате данных IFC. Перечислены ошибки, возникающие при переносе данных из моделирующей программы в расчетную. Описаны операции, необходимые для корректировки аналитической модели SCAD. Осуществлен конструктивный расчет доработанной аналитической модели на действие собственного веса конструкции, снеговой нагрузки на покрытия и полезной нагрузки на перекрытия. На рассмотренном примере выявляются преимущества и недостатки процесса передачи BIM-модели из Renga в программный комплекс SCAD Office, намечаются пути улучшения процесса взаимодействия этих программ.

Ключевые слова: BIM-моделирование, SCAD, аналитическая модель, обмен данными

Creation of BIM model in Renga system and its transfer to SCAD PC

© Sergey M. Chaykovskiy, Vladimir P. Yashchenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The task of providing the possibility of exchanging data from modeling and calculation programs becomes especially relevant when the building subject to reconstruction has an irregular structure of load-bearing elements with a large number of walls and floor slabs of complex shape, with multiple openings. In this case, creating a calculation model of a building without using a BIM model will require a significant investment of time. The article describes the stages of creating an information model of a reconstructed building in the Renga BIM system with subsequent transfer of digital data to the SCAD PC (version 21.1.9.7). A description of the process of creating a BIM model in the Renga system is given using the example of a five-story administrative building of a veterinary laboratory: a panel building with a full frame and rigid frame units in the longitudinal and transverse directions. The BIM model created using Renga is exported to the SCAD "Forum" preprocessor in the IFC data format. Errors that occur when transferring data from a modeling program to a calculation program are listed. The operations necessary to adjust the SCAD analytical model are described. A constructive calculation of the modified analytical model was carried out for the effect of the structure's own weight, the snow load on the coverings and the useful load on the floors. Using the example considered, the advantages and disadvantages of the process of transferring a BIM model from Renga to the SCAD Office software package are revealed, and ways to improve the process of interaction between these programs are outlined.

Keywords: BIM modeling, SCAD, analytical model, data exchange

При наличии сложной архитектуры здания, подлежащего реконструкции, подготовка модели для проведения аналитического расчета требует существенных временных затрат. Для снижения издержек времени на информационное моделирование при проведении реконструкции зданий и сооружений важной

является возможность импортировать геометрию модели и характеристики всех ее элементов из BIM-системы в аналитическую модель здания, не используя стандартную процедуру задания топологии системы, жесткостных характеристик элементов, связей, нагрузок и т. д. Поэтому становится актуальной задача обес-

печения интеграции форматов обмена данными программ моделирования и расчета [1–7].

Одной из распространенных BIM-систем является Renga – комплексное программное обеспечение от компании «АСКОН» для проектирования и управления проектами в сфере строительства и архитектуры, которое позволяет объединить плоское и трехмерное моделирования в едином пространстве, предоставляет возможности для экспорта и импорта моделей зданий, что позволяет использовать их в программах для проектирования, анализа и управления строительством. При этом импортировать модели можно как целиком, так и по частям, в зависимости от целей анализа и проектирования. Система Renga позволяет сохранять проекты в открытом формате Industry Foundation Classes (IFC) [8, 9].

SCAD Office является одним из наиболее популярных и распространенных на данный момент программных продуктов для прочностного и деформационного расчета строительных конструкций, а также проведения экспертизы и проектировочного расчета элементов стальных и железобетонных конструкций [10, 11]. Программное обеспечение (ПО) позволяет экспортировать в разных форматах обмена информационные модели, созданные с использованием BIM-систем. Однако интероперабельность SCAD Office с другими ПО в формате IFC – сложный и трудоемкий процесс.

Целью исследования является описание этапов создания информационной модели реконструируемого здания в BIM-системе Renga, последующей передачи данных через формат IFC в программный комплекс (ПК) SCAD, доработки модели и ее расчета.

Реконструируемое здание представляет собой отдельно стоящее пятиэтажное здание ветеринарной лаборатории, расположенное в г. Иркутске. Здание построено в 1983 г., имеет в плане прямоугольную форму и размеры в осях А1 – Д: 27 м, 1 – 7: 28 м. В здании плоская кровля. Имеется подвальное помещение. Высота этажа – 3 м. Высота всего здания – 16,5 м. В здании имеются две лестничные клетки и пять входов, расположенных на разных фасадах. Конструктивная схема здания: сложное в плане пятиэтажное панельное здание с полным каркасом, пространственная жесткость

которого обеспечивается работой перекрытий как неизменяемых диафрагм, и жесткими рамными узлами в продольном и поперечном направлениях. Колонны и ригели работают совместно с плитами межэтажных перекрытий и передают эксплуатационные нагрузки на столбчатые железобетонные фундаменты с монолитной подготовкой. Колонны – сборные железобетонные сечением 400×400 мм. Ригели – сборные железобетонные прямоугольного сечения 400×400 мм. Наружные стены – сборные керамзитобетонные навесные панели, толщиной 320 мм. Перегородки – гипсобетонные, газобетонные и кирпичные. Плиты перекрытий и покрытий – сборные железобетонные многопустотные ребристые панели, толщиной 220 мм. Крыша плоская. Чердачное перекрытие железобетонное. Оконные проемы – пластиковые с двойным остеклением.

Проектирование в Renga начинается с расстановки осей здания. Для построения каркаса здания в меню панели «Инструменты» выбирается вкладка «Колонны». С использованием панели «Параметры» создается новый стиль колонн размером 400×400 мм и задаются высота, материал и уровень привязки колонн. Затем производится их расстановка на плане здания. При построении стен здания на панели «Инструменты» выбирается вкладка «Стены». Через панель «Параметры» задается высота, толщина, материал и уровень привязки стен. Перед построением межкомнатных перегородок необходимо создать новый материал стен. Для этого на вкладке «Управление стилями» выбирается кнопка «Материалы», создается нужный материал со своими параметрами и свойствами (цвет, плотность, теплопроводность, вид штриховки). После создания собственного материала с помощью панели «Параметры» задаются характеристики стен и производится их построение на плане. Перед расстановкой дверей на плане необходимо во вкладке «Управление стилями» выбрать кнопку «Стили двери» и создать дверное полотно необходимых размеров и характеристик. Аналогичные операции выполняются для установки окон собственного размера. Полученные результаты представлены на рис. 1.

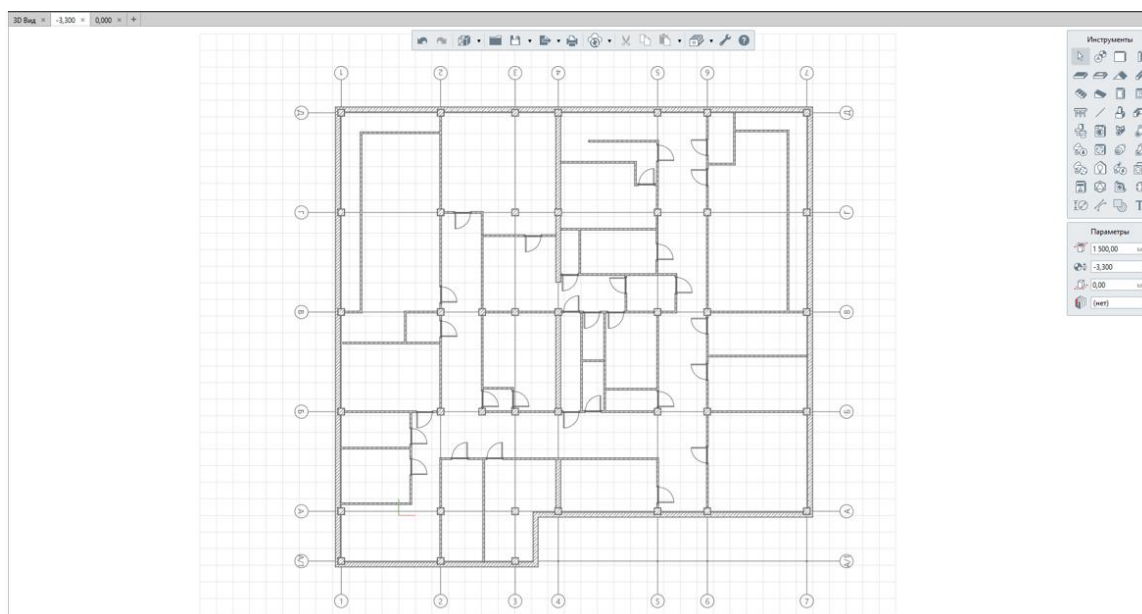


Рис. 1. План типового этажа реконструируемого здания

Для создания здания с полным каркасом необходимо построить ригели. Во вкладке «Управление стилями» выбирается «Стили балки» и создается новый стиль «Ригель 400×400 мм». Для построения следующего этажа создается новый уровень. На панели «Инструменты» выбираются кнопки «Обозначения» → «Уровень» и устанавливается необходимая высота. После создания нужного высотного уровня с использованием кнопки «Перекрытие» из панели «Инструменты» на плане этажа для этого уровня производится построение межэтажного перекрытия. Предварительно на панели «Параметры» задается толщина и материал перекрытия. Пространственный вид первого этажа представлен на рис. 2.

После повторения всех пунктов по этажам получаем готовую информационную модель

здания (рис. 3).

Для определения параметров напряженно-деформированного состояния здания, выявления мест возможного разрушения и соответствия современным нормам проектирования, выполняется экспорт созданной BIM-модели в программный расчетный комплекс конечно-элементного анализа SCAD Office (версия 21.1.9.7). Программа Renga позволяет экспортировать модель здания в формате IFC. Полученный файл импортируется в препроцессор SCAD «Форум».

При передаче модели появляется существенное количество ошибок: стены с оконными и дверными проемами имеют некорректные контуры, узлы элементов колонн и ригелей не совпадают друг с другом и с узлами стен, перекрытий и покрытий (рис. 4).

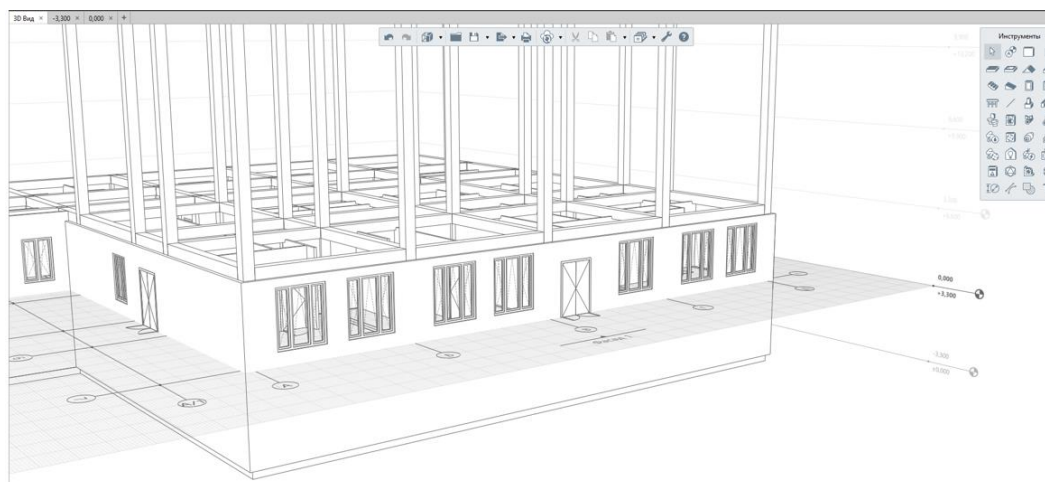


Рис. 2. Вид первого этажа

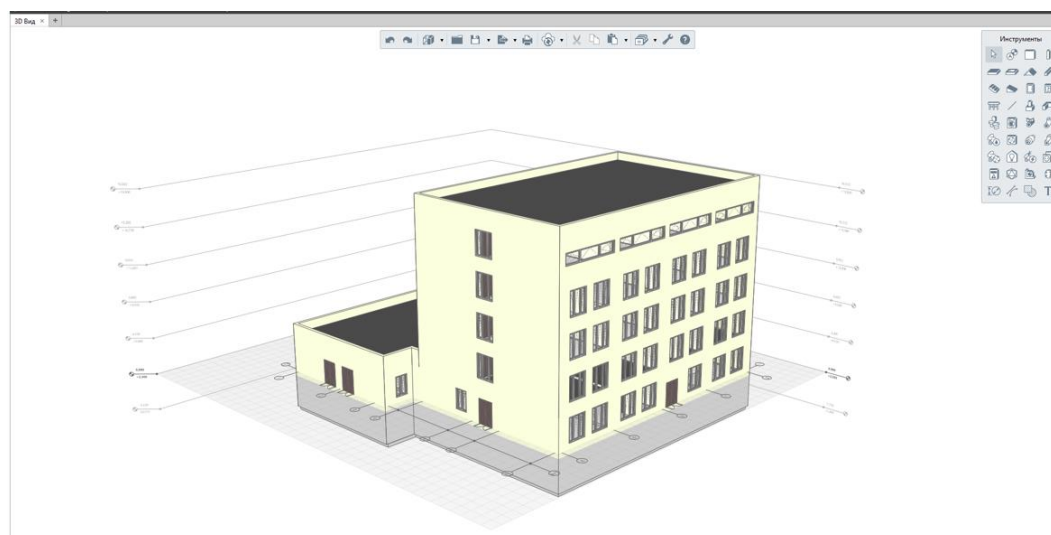


Рис. 3. Общий вид BIM-модели

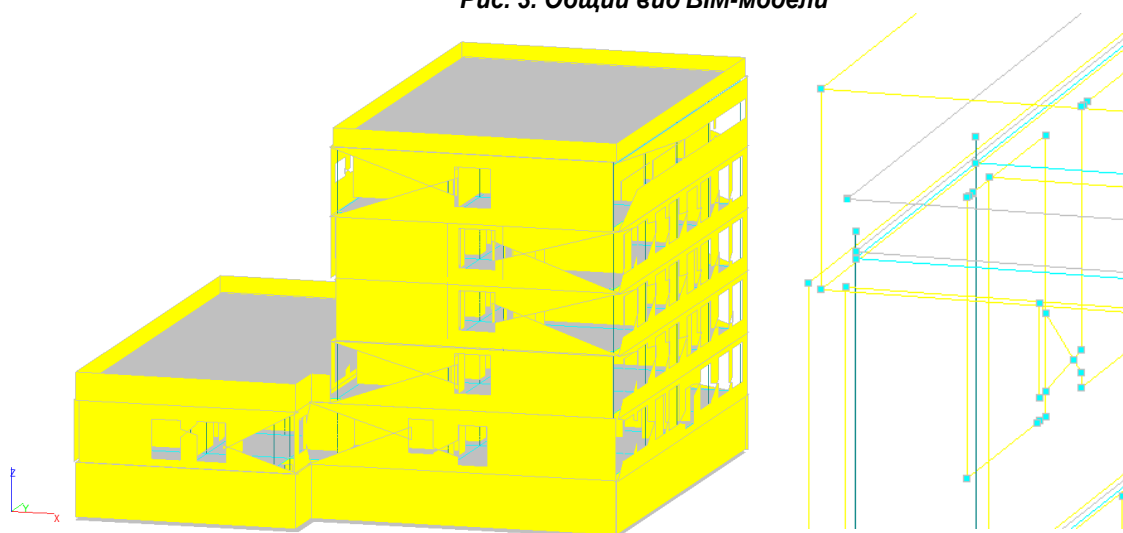


Рис. 4. Результаты переноса BIM-модели из Renga в SCAD «Форум»

Проблема несовпадения узлов проявилась вследствие того, что для создания «красивой картинки» в Renga выбирается способ привязки по кромке 3D-элементов. Для корректного соединения элементов в расчетных программах (соединение элементов в местах их пересечения в едином узле) необходимо чтобы 3D-элементы в Renga были соединены по линиям, проходящим через центры тяжести их поперечного сечения.

Корректировка расположения колонн, ригелей и плит перекрытия осуществляется в препроцессоре SCAD «Форум» с использованием операций «Перенос узлов в заданную плоскость», «Перенос узлов», «Замена узлов в элементе», «Удаление элементов», «Сведение элементов», «Сопряжение стержней». Поскольку откорректировать самопересекающиеся контуры стен, имеющих проемы, не пред-

ставляется возможным и эти элементы удаляются. Взамен удаленных перегородок добавляются новые. Далее производится генерация измененной модели в SCAD «Стандарт». Проводится разбивка элементов с учетом промежуточных узлов. Также добавляются жесткие связи с основанием. Вид модели после всех операций с отображением назначенных сечений элементов приведен на рис. 5.

Для проверки работоспособности модели задается нагрузка от собственного веса, снеговая нагрузка на покрытия и полезная нагрузка на перекрытия. Задаются расчетные сочетания усилий. Проводится линейный расчет, некоторые результаты которого приведены на рис. 6, 7. По результатам расчета проводится экспертиза железобетонных конструкций и дается заключение о возможности дальнейшей эксплуатации реконструируемого здания.

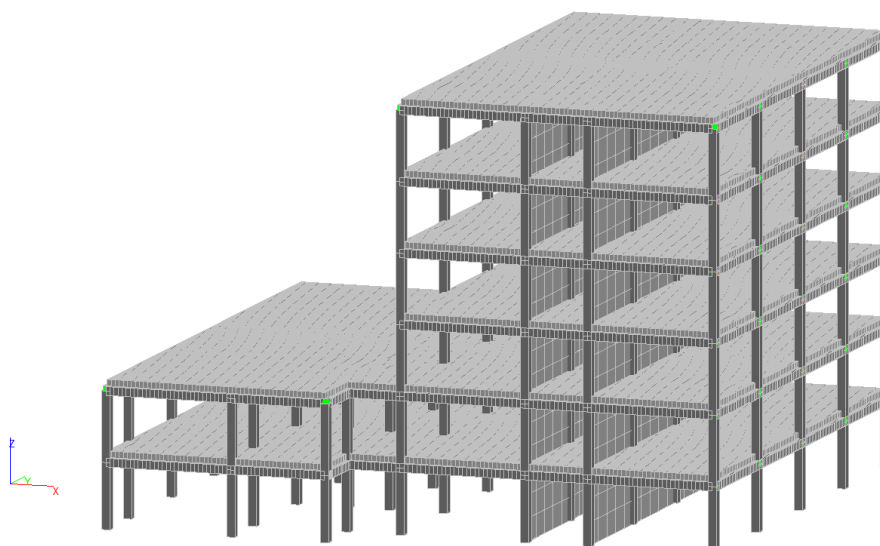


Рис. 5. Вид аналитической модели в SCAD

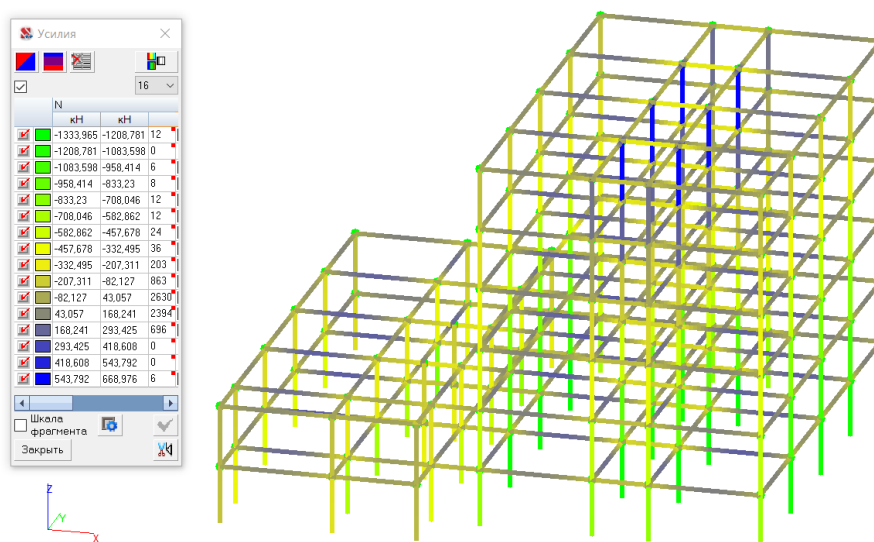


Рис. 6. Значения усилия N_z в элементах каркаса

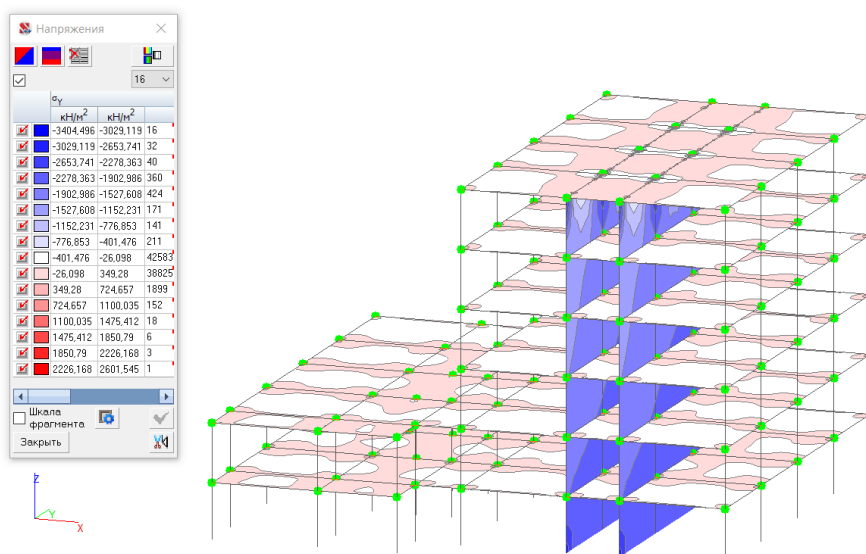


Рис. 7. Значения нормальных напряжений σ_y в плитах перекрытия

Передача модели каркасного здания с диафрагмами жесткости из проектирующей программы Renga в расчетную программу SCAD++ оказалась малоэффективной, поскольку количество времени, затраченного на создание BIM-модели и ее корректировку в САЕ-программе существенно больше того, что потребуется при создании аналитической модели здания непосредственно в SCAD++, т. к. в программе имеются удобные инструменты для построения таких конструктивных систем. Для сокращения количества корректировок экспортированной BIM-модели следует при ее построении в Renga соединять 3D-элементы в местах их пересечения в едином узле таким

образом, чтобы были соединены центры тяжести их поперечных сечений.

Способы обмена данными между системами информационного и расчетного моделирования требуют дальнейшего совершенствования. Эффективность использования механизма передачи данных проявится, в первую очередь, при передаче сложных 3D-моделей с разными высотами этажей, нерегулярной структурой несущих элементов, большим количеством пластинчатых элементов (стен, плит перекрытия), сложной формой плит перекрытия, наличием множественных проемов сложной геометрической формы в стенах и плитах перекрытия.

Список источников

1. Сунцов А.С., Симченко О.Л., Толкачев Ю.А., Чазов Е.Л., Самигуллина Д.Р. Анализ зрелости BIM-решений как инструмента обеспечения жизненного цикла здания // *Construction and Geotechnics*. 2020. Т. 11. № 3. С. 41–53. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2020.3.04>.
2. Хабаров А.А., Ключин А.В., Терешкин И.П. Импорт модели из ARCHICAD в SCAD // Огарёвские чтения: материалы всероссийской с междунар. участием науч. конф. (г. Саранск, 06 ноября – 11 декабря 2021г.). Саранск, 2021. С. 660–665.
3. Ермакова М.А., Селезнёва Е.А., Зеньков Е.В., Яценко В.П. Особенности экспорта BIM модели из Autodesk Revit в SCAD++ // *Молодежный вестник ИрГТУ*. 2022. Т. 12. № 2. С. 317–324. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2022/02/articles/13> (дата обращения: 17.02.2024).
4. Блохина Н.С., Левина Д.А. Создание 3D модели стержневой конструкции в программном комплексе Revit с последующим расчетом аналитической модели заданной конструкции в ПК ЛИРА САПР // *Инновации и инвестиции*. 2019. № 1. С. 172–177.
5. Савин А.П. Создание информационной модели здания и расчет железобетонных конструкций в связке Revit и SCAD Office // *Студенческая научная весна – 2021: материалы региональной науч.-технич. конф. (конкурса науч.-технич. работ) студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области (Новочеркасск, 13–14 мая 2021 г.)*. Новочеркасск, 2021. С. 229.
6. Маляренко А.А. О взаимодействии SCAD и Revit // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2011. № 12 (928). С. 60.
7. Дмитриева Т.Л., Яценко В.П., Курышов И.А. BIM как средство сквозного проектирования, технологии возведения и эксплуатации // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2023. Т. 13. № 2. С. 252–261. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-252-261>.
8. Тимошенко Т.А., Курбатов В.Л. Опыт внедрения в учебный процесс технологий информационного моделирования с применением отечественной BIM-системы Renga при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // *Университетская наука*. 2022. № 2 (14). С. 98–101.
9. Згода Ю.Н., Шумилов К.А. Проблемы и перспективы автоматизированного построения интерактивной визуализации информационных моделей зданий Autodesk Revit и Renga // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 15–17 мая 2019 г.)*. Санкт-Петербург, 2019. С. 118–123. <https://doi.org/10.23968/BIMAC.2019.021>.
10. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З. SCAD Office : Версия 21 : Вычислительный комплекс SCAD ++. Часть I. М.: СКАД СОФТ, 2020. 558 с.
11. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З. SCAD Office : Версия 21 : Вычислительный комплекс SCAD ++. Часть II. М.: СКАД СОФТ, 2020. 476 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Чайковский Сергей Михайлович,
магистрант,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ss.012013@yandex.ru

Sergey M. Chaykovskiy,
Postgraduate Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ss.012013@yandex.ru

Ященко Владимир Петрович,

к.т.н.,
доцент кафедры механики
и сопротивления материалов,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
vp_yashenko@mail.ru

Vladimir P. Yashchenko,

Cand. Sci. (Technics),
Associate Professor of Mechanics
and Strength of Materials Department,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
vp_yashenko@mail.ru

Основные концепции исторического развития

© Л.А. Нагиева, О.А. Горощенова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. История – гуманитарная наука, описывающая развитие человеческой цивилизации во времени, рассказ о прошлом. На протяжении многих веков люди задавались вопросами о том, как развивается история, имеет ли она какую-либо закономерность, и если да, то можно ли предсказать будущее? Так родилась философия истории, в рамках которой были созданы основные концепции исторического развития. Благодаря им люди смогли понять, куда движется история, что или кто ею движет, каковы ее критерии и смысл, и какая роль в них отведена человеку и человечеству в целом. Последовательное накопление и интерпретация знаний явились началом осмысления и попытки систематизации первичных исторических явлений. В статье изложена суть понятия «концепция исторического развития». Рассмотрены концепции: циклическая, линейная, формационная, модернизированная, цивилизационная, религиозная, классовая, личностная, всемирно-историческая, локально-историческая, комбинированный метод и др. Был сделан вывод о том, что концепции исторического развития зародились из философии истории и с течением времени приобрели более сложную структуру: линейная концепция разделилась на прогресс и регресс, а прогрессивная концепция – на религиозную, идеалистическую и материалистическую.

Ключевые слова: интерпретация исторического процесса, концепции исторического развития, исторические подходы

Basic concepts of historical development

© Leila A. Nagieva, Olga A. Goroschenova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. History is a humanitarian science that describes the development of human civilization over time, a story about the past. For centuries, people have wondered how history unfolds, whether it has any pattern, and if so, whether the future can be predicted. Thus was born the philosophy of history, within the framework of which the basic concepts of historical development were created. Thanks to them, people were able to understand where history is heading, what or who is driving it, what its criteria and meaning are, and what role is assigned to man and humanity as a whole. The consistent accumulation and interpretation of knowledge was the beginning of the comprehension and attempt to systematize the primary historical phenomena. The article outlines the essence of the concept of historical development. It examines the following concepts: cyclical, linear, formational, modernized, civilizational, religious, class, personal, world-historical, local historical, combined method, etc. The article concludes that the concepts of historical development originated from the philosophy of history and over time acquired a more complex structure: the linear concept was divided into progress and regression, and the progressive concept into religious, idealistic and materialistic.

Keywords: interpretation of the historical process, concepts of historical development, historical approaches

История – гуманитарная наука, описывающая развитие человеческой цивилизации во времени, рассказ о прошлом. История рассматривает мир через цепочку причинно-следственных связей, в которую вплетаются конкретные исторические факты, позволяющие объективно воссоздавать развитие общества во времени и пространстве. История – наука многогранная, она имеет множество направлений, в том числе личную историю человека, историю рода, страны, государства, части света, мира; содержит дополнительные инструменты, описывающие ту, или иную ее грань (генеалогия, историография, источник-

ведение, археология, этнография, нумизматика, историческая психология и мн. др.). Все эти науки помогают качественно рассмотреть движение исторического процесса, выявить его закономерности и особенности. Период развития становления исторических концепций можно разделить на донаучный и научный.

На протяжении многих веков люди задавались вопросом: как развивается история? Можно ли найти какую-то закономерность и тем самым узнать будущее? Что определяет развитие истории человечества? В чем ее главный критерий и смысл? И чтобы найти ответы, люди стали задумываться о ходе исто-

рического развития и интерпретации этого процесса. Таким образом, появилось понятие исторической концепции. Историческая концепция – (от лат. *conceptio* – восприятие) – это система взглядов на исторические явления и процессы с позиций определенной теории познания, источниковой базы и методов изучения.

Людей всегда интересовало, что последует за теми, или иными событиями, что делать в неоднозначной ситуации, какую стратегию выбрать в рамках личной истории, места проживания, глобальной повестки. Изначально на эти вопросы в архаическом обществе отвечали гадания, обряды, а затем культура и религия.

Формирование мифологического сознания стало важным этапом накопления сведений из мифов, легенд, фольклора, обогатившее представления древнего человека о том, как устроен мир. В сказаниях и легендах народов мира были заложены важнейшие древние архетипы понимания мировой системы, его сотворения, особенности восприятие добра и зла, войны и мира, а также как это работает в рамках отдельной культуры (локальной цивилизации). Устная традиция, осмысление мифов и легенд легли в основу таких легендарных произведений древности, как «Эпос о Гильгамеше» (Шумер), «Махабхарата» и «Рамаяна» (Индия), «Книга мертвых» («Главы о выходе к свету дня») (Египет), мифы Древней Греции и других народов древних государств (рис. 1). Все они описывали представления древних людей о явлениях жизни, подвигах, победах и поражениях, мире и войне, бытовании, культуре и религии древних народов. Эти

описания и повествования являются поистине драгоценностями в копилке человеческих знаний.

Гомер – «сын муз и Аполлона», создал великие эпические произведения «Илиаду» и «Одиссею», послужившие основой историографической традиции не только греков, но и всей западной культуры [1]. Но все же Цицерон «отцом истории» назвал философа Геродота (рис. 2), чьим главным трудом стала «История». Описывая события греко-персидских войн (500–449 до н. э.) и обычаи многих современных ему народов, он не просто повествует о минувшем, он творчески перерабатывает фактический материал, выявляет причинно-следственные связи, анализирует политическую ситуацию, морализует и философствует. Недаром основательный историко-литературный труд Геродота считается высоким образцом древнегреческой историографии [2].

Именно накопление и последующая интерпретация знаний явились началом осмысления и попытки систематизации первичных исторических явлений. История начала стремительно развиваться, что подтверждается блестящими историко-художественными трудами греков Геродота, Фукидида, Ксенофонта, Полибия, Плутарха, у римлян — Саллюстия, Тита Ливия, Тацита и Светония. Эту традицию продолжают в новое время Никколо Макиавелли и Эд. Гиббон, И.-Г. Дройзен и Дж. Грот, Теодор Моммзен и Эд. Мейер, пока, наконец, новое, более или менее социологическое направление не потеснит эту традицию (Н. Д. Фюстель де Куланж, М. И. Ростовцев, школа «Анналов») [3].

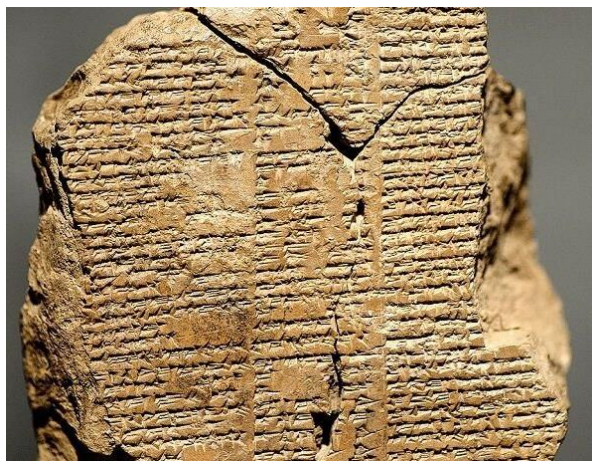


Рис. 1. Одна из табличек «Сказания о Гильгамеше», XVIII—XVII века до н. э.

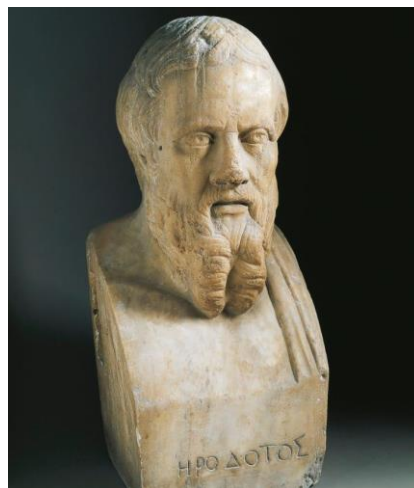


Рис. 2. «Отец истории» Геродот

Помимо художественного или документального повествования о различных событиях, людей всегда интересовали подходы, описывающие какие-то общие начала, система, благодаря которой можно было бы провести ситуационный анализ, составить прогноз на будущее. Важно было выработать не только методологию познания истории, но и объективно и рационально оценить весь накопленный человечеством исторический потенциал [4]. Таким образом, в рамках исторического процесса возникло новое научное направление – философия истории.

Размышления о ходе исторического процесса, сравнение различных событий и явлений привели к пониманию циклического и линейного развития истории.

Циклическая концепция истории (фаталистическая). Циклическая, или иначе, фаталистическая концепция истории возникла в древние времена одной из первых. Как ясно из названия, ключевое слово в ней – «цикл», ведь именно такой ход истории предполагали мыслители прошлого. Это можно сравнить с тем, как сменяют друг друга четыре времени года: весна, лето, осень и зима, или четыре этапа жизни: рождение, расцвет, упадок и смерть. В Древнегреческой философии мы находим стремление объяснить происходящие процессы с точки зрения сил природы, общественно-политической жизни и воли богов. Однако такой тип развития противоречит тому, что мы наблюдаем на протяжении мировой истории. Для древних греков история – это простое повторение событий, изначально predetermined судьбой, ход которых человек не может изменить. История, в рамках этого понятия исключает влияние человека на самого себя, а также возможность предсказания будущего ввиду понимания всего происходящего с субъективно-идеалистической точки зрения (судьбы и воли богов).

Идея циклического развития истории продолжала развиваться в работах таких авторов, как Освальд Шпенглер (1880–1936) [5], Корреа Мойлан Уолш (1862–1936), Николай Данилевский (1822–1885) [6] и Пол Кеннеди (1945), которые рассматривали прошлое человечества как серию повторяющихся событий.

Линейная концепция. Наряду с циклической концепцией в философии истории воз-

никла линейная. Люди видели развитие человечества не как цикл повторений, а как единую линию, которая менялась с каждым новым этапом и становилась отличной от предыдущей. Но и здесь все было не так просто. Ведь этапы в линейной концепции могут меняться по-разному, в том числе идти вниз или вверх. Таким образом, линейная концепция разделилась на концепции регресса и прогресса.

Концепция регресса. На рубеже VIII–VII вв. до н. э. жил поэт Гесиод, который в своих произведениях выразил мысль, что история прошла пять веков: Первый век – золотой. Люди отличались высокой нравственностью, были набожны, жили легко и беспечно. Потом наступил серебряный век – жизнь людей стала меняться не в лучшую сторону. Третий век – бронзовый. Четвертый – героический. Дела шли все хуже. Наконец наступил самый неблагоприятный – современный железный век (в индийской традиции – кали-юга). Все идет под откос: растет насилие, зло, несправедливость, безнравственность, преступность, бесчестие и жадность. Порядочные люди разоряются, а недостойные богатеют. Честных угнетают, а нечестные находятся у власти. Эта идея, предложенная Гесиодом, является ярким примером исторического регресса, когда постепенно, с течением времени мир приближается к упадку.

Концепция прогресса. Вместе с концепцией регресса в философии Древнего мира возникла концепция прогрессивного развития истории. Идея прогресса была противоположностью регресса: происходил рост и перемены к лучшему. Таким образом, прогресс можно понимать, как плавный эволюционный рост. Эта версия развития истории стала наиболее популярной, поскольку ход истории прекрасно это подтверждает. Со временем люди развивались, появлялись новые изобретения, мысли и предметы. Благодаря чему мы могли смело сказать, что история движется в сторону прогресса. Но даже люди Древнего мира не остановились на достигнутом и стали развивать концепцию прогресса дальше, пытаясь ответить на вопрос: что движет историей? Почему история развивается? В чем смысл истории? Таким образом, прогрессивная концепция развития со временем разде-

лилась на три ветви: религиозную, идеалистическую и материалистическую.

Религиозная (Христианская) концепция. Одной из ветвей прогрессивного развития общества является религиозная. Согласно этой концепции, история начинается с сотворения человека и его грехопадения. Критерием прогресса в этом варианте развития истории является осуществление заранее созданного Богом плана спасения человека, который необходимо исполнить (провиденциализм). Именно поэтому ему нужно двигаться к прогрессу. Смыслом истории является необходимость падшего человечества пройти испытания, чтобы перейти от наказания к прощению. Человек в этой концепции – не что иное, как инструмент в руках Бога.

Идеалистическая (Духовная, Гегелевская) концепция. Эта концепция была основана немецким философом Г. Гегелем. В ее основе лежит то, что течение истории стремится вверх, переходя от «несвободы» к свободе. Причиной, по которой человек в этой концепции стремился к прогрессу, является степень его свободы. В первобытном обществе нет свободы, в рабовладельческом обществе свободой обладают избранные. И так постепенно люди становились все свободнее и свободнее. Самым пиком развития Г. Гегель называл историю современного ему общества. Именно с этим периодом связан наибольший подъем личной свободы у людей [7]. Для гегелевской, или же по другому духовной концепции, смысл истории лежит в стремлении человека к самопознанию на протяжении всей истории. Именно поэтому в этой концепции историей движет человек, а не Бог. Развитие истории прямо пропорционально развитию духовности и свободы человека.

Материалистическая (Марксистская, Формационная) концепция. Материалистическая концепция выдвигает критерием развития истории материальное производство. Во второй половине XIX в. ведущую роль в этом направлении заняла теория общественно-экономических формаций К. Маркса и Ф. Энгельса. Отсюда и название: «Марксистская концепция». В своих трудах основоположники марксизма определили проблему человека как главную в своей философии. Ведь, по их мнению, именно человек движет историей,

именно он является истинным объектом и субъектом исторического процесса. «Человек, – писал Маркс, – высшее существо», поэтому необходимо «ниспровергнуть все те отношения, в которых человек является униженным, поработанным, беспомощным, презренным существом» [8].

По теории К. Маркса и Ф. Энгельса историю можно разделить на периоды, основываясь на действии закона соответствия производственных отношений уровню развития производительных сил или трудовых отношений, на которой строятся все социальные и экономические отношения. Однако, с точки зрения многих исследователей, этот закон объясняет лишь развитие производственных отношений и не раскрывает причины развития производительных сил или трудовых отношений [5].

Формационный метод доминировал в советское время и исходил на деление развития всего человечества на пять последовательно сменяющих друг друга экономических формаций: первобытнообщинную, рабовладельческую, феодальную, капиталистическую и коммунистическую (социалистическую). С точки зрения этой концепции, исторический процесс выглядел следующим образом.

Первобытнообщинный строй характеризовался тем, что люди ничего не создавали, они занимались охотой, собирательством и рыболовством. Позднее были одомашнены различные виды животных, выведены культурные сорта злаков, овощей и фруктов. Стало возможным планировать место обитания племени и народа. Тогда люди начали производить товары в избытке. Появились торговля и ремесла. Произошло расслоение общества на богатых и бедных. На смену первобытнообщинному строю приходит рабовладельческий, а затем – феодальный, в ходе которого начинают создаваться механизмы, призванные заменить человеческий труд - мануфактуры. В общественных отношениях царит религиозный культ и созависимость «феодал-вассал».

Со временем происходит освобождение вассалов (крестьян) от экономической и иной зависимости от феодала (землевладелец, дворянин). Появляется массовое машинное производство, которое обслуживают рабочие (пролетариат). Этот строй называется капита-

листическим, потому что в его пору действует сила капитала, сращение банковской сферы с политической и промышленной.

Маркс и Энгельс предусмотрели еще два общественных строя: социалистический и коммунистический. Оба они уходят корнями к мечте об идеальном обществе. В первом случае действует лозунг: «От каждого по способностям – каждому по труду», во втором – «От каждого по возможностям, каждому по потребностям».

Таким образом, формационная концепция марксизма понимает под собой производство материальных благ, а движущей силой истории является развитие производительных сил и взаимосвязанных с ними общественных отношений.

На смену марксизму пришел *Модернизированный формационный подход*, выделяющий уже не пять, а три формации: доиндустриальную (аграрную), индустриальную и информационную (современную).

Цивилизационный подход, часто встречающийся сегодня в научной литературе подразумевает рассмотрение исторического процесса с точки зрения смены цивилизаций и их сосуществования (Западная, Восточная, Мировая и др.). Цивилизационный подход подразумевает наиболее развитую форму социального общежития «общество, состоящее из городов». Цивилизационный анализ рассматривает историю различных народов в сравнении друг с другом, кроме того, он делит цивилизации на различные культурно-исторические типы. Например, у русского ученого Н.Я. Данилевского выделяются следующие типы: египетский, китайский, ассирио-вавилонский (древнесемитский), индийский, иранский, еврейский, греческий, римский, арабийский, европейский (германо-романский). Данилевский идет дальше типизации и определяет некоторые законы общественного цивилизационно-исторического развития, такие как общность языка, государственность, самобытность и независимость, государственность, периодизация в развитии (появление, рост, развитие, расцвет, упадок, смерть) [9].

Разработкой цивилизационных концепций занимались ученые: Н. Элиас «Процесс цивилизации», Дж. Вико «Основания новой науки об общей природе наций», А. Швейцер «Фи-

лософия цивилизации», И. Гердер «Тоже философия истории», А. Фергюсон в эссе по истории гражданского общества 1767 г., Жан-Жак Руссо «Эмиль, или Об образовании», Ж. Кондорсе «Эскиз исторической картины прогресса человеческого разума», Г. Риккерт «Философия истории», Э. Тайлор «Первобытная культура», В. Освальд «Система наук», Л. Уайт «Наука о культуре», Н.Я. Данилевский «Россия и Европа» и мн. др.

Помимо перечисленных подходов, существует *Личностный метод*, который воспринимает историю как результат волевых действий отдельных выдающихся личностей (роль личности в истории).

Довольно часто используется исследователями *Локально-исторический метод*, изучающий историю развития какой-либо страны в отрыве от единого мирового процесса. В противоположность ему мы имеем *Всемирно-исторический метод*, рассматривающий явление с точки зрения мировой истории, ее процессов и явлений. Имеется *комплексный метод*, заключающий в себе несколько методов одновременно.

В современной науке по предметам изучения выделяются три теории: религиозно-историческая, всемирно-историческая, локально-историческая.

В структуре общенаучных методов и приемов чаще всего выделяются три уровня: – методы эмпирического исследования (наблюдение, эксперимент, описание, измерение, сравнение);

– методы теоретического познания (формализация, дедукция/индукция, гипотеза);

– общелогические методы и приемы исследования (анализ, абстрагирование, обобщение, идеализация, аналогия, моделирование, структурирование, систематизация, статистика) [10].

В основе культурологических исследований лежит системный подход к изучаемым культурным явлениям. В зависимости от проблематики, ученые применяют совокупность методологических подходов к рассматриваемым культурам и процессам.

К сугубо историческим методам исследования современные ученые относят: историко-генетический, историко-сравнительный, историко-типологический, историко-системный,

диахронический анализ, историческую периодизацию, ретроспективный метод и др.).

Заклячая выше сказанное, можно с уверенностью сказать, что концепции исторического развития и методы исторической науки зародились из философии истории и с течением времени приобрели более сложную структуру: линейная концепция разделилась

на прогресс и регресс, а прогрессивная концепция – на религиозную, идеалистическую и материалистическую. Тем самым каждая концепция определила для себя, как развивается история, куда она движется, что или кто ею движет, каковы ее критерии и смысл, и какая роль в них отведена человеку и человечеству в целом.

Список источников

1. Лосев А.Ф. Гомер. М.: Молодая гвардия, 2006. 400 с.
2. Марк Туллий Цицерон. О государстве: О законах; О старости; О дружбе; Об обязанностях; Речи; Письма. М.: Мысль, 1999. 782 с.
3. Фролов Э.Д. История и историк в античном мире // Античный мир и археология. 2006. № 12. С. 1–14.
4. Нефедов С.А. Постигание истории // Эксперт. 2011. № 1. С. 16–20.
5. Шпенглер О. Закат Европы. Очерки морфологии мировой истории. М.: Мысль, 1993. С. 262.
6. Данилевский Н.Я. Россия и Европа. М.: АСТ, 2019. 704 с.
7. Гегель Г.В.Ф. Лекции по философии истории. СПб.: Наука, 1993. 480 с.
8. Плетников Ю.К., Семенов Ю.И. Марксистско-ленинская теория исторического процесса. Исторический процесс: действительность, материальная основа, первичное и вторичное. М.: Наука, 1981. С. 293–300.
9. Тойнби А. Дж. Постигание истории: Сборник / Пер. с англ. Е. Д. Жаркова. М.: Рольф. 2001. 640 с.
10. Гуревич А.Я. Историк конца XX века в поисках метода // Одиссей: Человек в истории. Т. 1996. С. 5–10.

Информация об авторах / Information about the Authors

Нагиева Лейла Абидиновна,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
nagievaleila@mail.ru

Leila A. Nagieva,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
nagievaleila@mail.ru

Горощенкова Ольга Анатольевна,
к.и.н., доцент,
доцент кафедры истории и философии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
goroshionov@mail.ru

Olga A. Goroschenova,
Cand. Sci. (History), Associate Professor,
Associate Professor, Department of History
and Philosophy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
goroshionov@mail.ru

Происхождение иностранных заимствований, используемых в научно-технических терминах русского языка

© А.А. Амракулова, Н.В. Елашкина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Русский язык, как стремительно движущийся и развивающийся живой организм, обладает многими способами терминообразования, такими как семантический, синтаксический и морфологический, аббревиация, а также он включает в себя способ образования новых слов через заимствования. Они позволяют языку обогащаться и совершенствоваться, а носителям языка позволяет понимать быстро меняющиеся условия культурной, научно-технической среды, укреплять международные коммуникации и выстраивать интернациональные научные связи. Данная работа посвящена изучению происхождения более 100 иностранных заимствований, используемых при обучении специалистов химической, микробиологической и пищевой отраслей. Для большего числа заимствований были определены исходные слова в иностранном языке, определены значения терминов, а также был выделен основной первоисточник научно-технической терминологии русского языка, используемый в химии, микробиологии и пищевой промышленности. По результатам данного исследования, более 50 % выбранных терминов из вышеперечисленных отраслей науки являются словами латинского или греческого происхождения. Данное исследование может стать основой для будущих профессионалов инженерно-технических специальностей в корректном понимании и употреблении научных терминов. Также данная работа может представлять интерес для широкого круга читателей.

Ключевые слова: научно-техническая терминология, заимствования, происхождение слов, русский язык, латинский язык

Loanwords origin used in scientific and technical terms of the Russian language

© Aigul A. Amrakulova, Natalya V. Elashkina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The Russian language, as a rapidly moving and developing living organism, has many methods of term formation, such as semantic, syntactic and morphological, abbreviation, and it also includes a method of forming new words through adoption. They allow the language to be enriched and improved, and allow native speakers to understand the rapidly changing conditions of the cultural, scientific and technical environment, strengthen international communications and build international scientific ties. The article is devoted to studying the origin more than 100 loanwords used in training specialists in the chemical, microbiological and food industries. For a larger number of loanwords, the original words in the foreign language were identified, the meanings of the terms were determined, and the main primary source of scientific and technical terminology of the Russian language used in chemistry, microbiology and the food industry was identified. According to the results of the study, more than 50% of the selected terms from the above branches of science are words of Latin or Greek origin. The study can become the basis for future engineering professionals in the correct understanding and use of scientific terms. The article may be of interest to a wide range of readers.

Keywords: scientific and technical terminology, loanwords, origin of words, Russian language, Latin language

В настоящее время русский язык насчитывает не менее 20 000 иностранных заимствований, которые проникли в язык путем экономических, торговых, культурных, бытовых, политических и иных связей с другими народами. В своем интервью для портала «Научная Россия» А.Ф. Гершанова, доцент кафедры русского языка и издательского дела, кандидат филологических наук, преподава-

тель дисциплины «Русский язык и культура речи» в Российском новом университете, говорит, что «заимствование иностранных слов – не необходимость, это естественный процесс развития языка, который отражает историю развития народа» [1–3]. С этим трудно не согласиться, ведь развитие языка показывают такие его свойства, как гибкость, его способность модифицироваться под влиянием меж-

культурных связей, принимать в себя иностранные лексемы, видоизменять их или оставлять в исходном состоянии [3].

В учебной, научно-технической деятельности также активно используются иностранные заимствования и нередко, они составляют базу в терминологии основных дисциплин, так как заимствования являются одной из эффективных форм терминообразования [3–5].

Исследование происхождения иностранных слов, используемых в научно-технической терминологии, является актуальным, так как в настоящее время активно употребляется иноязычная лексика и заимствования. Иностранные лексемы прочно укореняются в современном русском языке. На данный момент язык российской науки имеет ярко-выраженный интернациональный характер, что требует изучения и понимания данных терминов [4, 6, 7].

Цель данной работы заключается в исследовании происхождения научно-технических терминов, использующихся в химии, микробиологии и пищевой химии, а именно в:

- определении исходной иностранной лексемы (или языка), из которой образованы выбранные научно-технические термины;
- переводе иностранного слова на русский язык;
- определении значения некоторых научно-технических терминов с помощью словарей и энциклопедий.

Данная работа, в первую очередь, позволит студентам осознанно освоить и закрепить полученные знания на специальных предметах, правильно использовать профессиональную терминологию.

Опираясь на статьи многих авторов, интернет-ресурсы и книги, мы заметили интересную противоположность: заимствованные слова, употребляемые в социокультурной жизни общества, относятся в основном к англицизмам, в то время как заимствованные слова, участвующие в образовании научно-технических терминов, преимущественно заимствованы из латинского и греческого языков. Кроме того, нами зафиксировано большое количество заимствований из английского, арабского, французского и немецкого языков [8].

Нами выбраны научно-технические термины, используемые при подготовке студентов инженерно-технических специальностей указанных выше сфер. Все термины условно можно разделить на несколько групп:

- термины процессов и явлений: абсорбция, флокуляция, эрозия, диспергирование, диффузия, изомеризация, маркировка, осмос;
- термины, отражающие признаки и свойства: гидрофобность, валентность, аморфный, бинарный, агрессивный, ароматический, гетерогенный, молярный;
- термины, обозначающие действия: бланшировать, центрифугировать, ферментировать, утилизировать;
- термины, обозначающие предметы и вещества: полимер, алюминий, вискозиметр, шнек, формальдегид, уран, глицерин, желатин, железо, меланж, мембрана;
- эпонимные термины: борий, ванадий, гадолиний, герметизация, нобелий;
- другие термины: энтропия, моль, механизм, титр, алгоритм и др.

Вышеперечисленные слова заимствованы из разных языков, но большая их часть пришла из латинского и греческого, за которыми по праву закреплено звание языков науки [2].

Рассмотрим термины латинского и греческого происхождения, часто употребляемые при подготовке студентов инженерно-технических специальностей [1]:

Абсорбция (от лат. *absorptio* – поглощение) – поглощение, всасывание какого-либо вещества из раствора или из газа всей массой другого вещества.

Адгезия (от лат. *adhaesio* – прилипание) – слипание поверхностей двух соприкасающихся разнородных твердых или жидких тел.

Агрегат (от лат. *aggrego* – присоединяю, собираю) – твердая часть мицеллы лиофобных зольей, на которой адсорбируются потенциалопределяющие ионы.

Азот (от греч. α... – не..., без... и ζωη – жизнь).

Акцептор (от лат. *acceptor* – принимающий) – примесный атом, который может «захватывать» электроны из валентной зоны у доноров, образуя при этом дырки, участвующие в электропроводности.

Альбумин (от лат. *albumen, albuminis* – белок) – простые глобулярные белки, входящие в состав тканей животных и растений.

Алюминий (от лат. *alumen, aluminus* – квасцы).

Аммиак (от греч. *αλς αμμωνιακον* – амонова соль) – бесцветный газ с резким запахом, представляющий собою соединение азота с водородом.

Аморфное состояние (от греч. *αμορφος* – бесформенный) – не имеющий кристаллического строения (о твердом теле).

Анион (от греч. *ανα* – вверх; *ανιων* – идущий вверх) – отрицательно заряженный ион, движущийся в электрическом поле к положительному электроду – аноду.

Ареометр (от греч. *αραιος* – неплотный и *μετρεω* – измеряю) – прибор для определения плотности жидкостей и твердых сыпучих веществ.

Ароматические соединения (от греч. *αρωμα, αρωματος* – душистое вещество) – органические соединения, характеризующиеся главным образом наличием замкнутой системы сопряженных связей, которые включают, согласно правилу Хюккеля, $(4n+2)$ π-электронов ($n = 0, 1, 2, \dots$); удовлетворяют всем или нескольким критериям ароматичности.

Атом (от греч. *ατομος* – неделимый) – мельчайшая электрически нейтральная частица химического элемента, являющаяся носителем его свойств.

Барометр (от греч. *βαρος* – тяжесть и *μετρεω* – измеряю).

Бор (от лат. *borax* – бура).

Валентность (от лат. *valentia* – сила) – способность атома соединяться с определенным числом других атомов.

Винил (от лат. *vinum, vini* – вино).

Вискозиметр (от лат. *viscosus* – вязкий и греческого *μετρεω* – измеряю).

Газ (от греч. *χαος* – хаос).

Галоген (от греч. *αλος* – соль и *γενης* – рожающий).

Гидрофильность (от греч. *υδωρ* – вода и *φιλεω* – люблю).

Гомогенный (от греч. *ομογενης* – однородный).

Глюкоза (от греч. *γλυκος* – сладкий).

Дегидратация (от лат. *de...* – отделение и греч. *υδωρ* – вода).

Диспергирование (от лат. *dispergo* – рассеиваю, рассыпаю).

Диффузия (от лат. *diffusio* – распространение, растекание) – взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения молекул и атомов.

Золь (от лат. *solutio* – разложение, раствор) – дисперсная система, состоящая из жидкой дисперсионной среды и твердой дисперсной фазы.

Изомер (от греч. *ισος* – равный и *μερος* – доля, часть).

Индикатор (от лат. *indicator* – указатель).

Ион (от греч. *ο ιων* – идущий).

Кавитация (от лат. *cavitas* – пустота).

Казеин (от лат. *caseus, casei* – сыр).

Калориметр (от лат. *calor* – тепло и греч. *μετρεω* – измеряю) – прибор для измерения количества теплоты, выделяющейся или поглощаемой при каком-либо физическом, химическом или биологическом процессе.

Компрессия (от лат. *compressio* – сжатие, сжатие).

Коррозия (от лат. *corrosio* – разъедание; на основе *corrodo* – грызу).

Лаборант (от лат. *laborans, laborantis* – работающий).

Магний (от лат. *magnesia* – магнезия).

Молекула (от лат. *moles* – масса; с уменьшительным суффиксом *...cula*, то есть «маленькая масса»).

Натрий (от греч. *νιτρον* – природная сода, щёлочь).

Нейтрализация (от лат. *ο neuter* – ни тот, ни другой) – химическая реакция, при которой раствор утрачивает кислотные свойства при соединении щелочей или щелочные свойства присоединением кислот.

Нитрат (от греч. *νιτρικη* – селитра).

Номенклатура (от лат. *nomenclatura* – роспись имен).

Озон (от греч. *οζω* – пахну – газ со специфическим запахом, обладающий сильным окислительным и обеззараживающим свойством).

Оксид (от греч. *οξφς* – кислый).

Опалесценция (от греч. *οπαλλίου* – опал и лат. *essentia* – суффикс, означающий слабое действие).

Осмоз (от греч. *ωσμος* – толчок, давление) – явление медленного просачивания растворов сквозь проницаемые органические

перегородки.

Пептизация (от греч. πειπτος – сваренный, переваренный).

Пластмасса (от греч. πλαστική – ваяние, лепка и лат. massa – ком, кусок).

Пропан (от греч. πρωτος – первый и πτω – жирный).

Реагент (от лат. re... – против... и agens, agentis – действующий).

Рецептура (от лат. receptum – полученное).

Рефрактометр – (от лат. refractus – преломленный и греч. μετρέω – измеряю).

Сахароза (от греч. σακχαρ – сахар; на основе санскритского саркара – гравий, песок, сахарный песок).

Селективность (от лат. selectio – выбор, отбор).

Силикагель (от лат. silex, silicis – кремнь и gelo – застываю, мерзну).

Спектрофотометр (от лат. spectrum – видимое; греч. φωτος – свет и μετρέω – измеряю).

Спирт (от лат. spiritus – дыхание, дух, душа) – органическое соединение, углеводород, в котором атом водорода замещен водным остатком.

Стабилизатор (от лат. stabilis – устойчивый) – вещество, задерживающее процесс изменения свойств какого-либо другого вещества.

Сублимация (от лат. sublimare – высоко поднимать; возносить) – переход вещества при нагревании из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу; возгонка.

Сульфат (от лат. sulphur – сера).

Температура (от лат. temperatura – правильное соотношение, нормальное состояние).

Титан (от греч. Τίτανες – титаны, мифологические персонажи) – химический элемент.

Ультрафиолетовое излучение (от лат. ultra – за пределами и viola – фиалка) – невидимое глазом электромагнитное излучение.

Уран (от греч. ουρανος – небо) – химический элемент.

Фермент (от лат. fermentum – закваска) – сложное белковое вещество, способствующее ускорению протекающих химических реакций.

Флокуляция (от лат. flocculi – клочья, хлопья; flocculus – маленький клочок, пушинка).

Фруктоза (от лат. fructus – плод).

Хлор (от греч. χλωρος – желто-зеленый) – химический элемент.

Хлороформ (от греч. Chloros – хлор и лат. formica – муравей) – органическое соединение, хлорпроизводное метана, представляющее собой бесцветную жидкость со сладковатым запахом.

Хроматограф (от греч. χρωμα – цвет и γραφω – пишу).

Целлофан (от лат. cell(ula) – комнатка; клетка и греч. φαυος – светлый).

Центрифуга (от лат. centrum – центр и fuga – бегство).

Цистеин (от греч. κητις – мочевого пузыря).

Эрозия (от лат. erosio – разъедание) – разрушение поверхности металла механическими воздействиями, ударами, трением и т. п.

Эфир (от греч. αιηρ – верхний слой воздуха) [1,9].

Приведенные выше термины являются лишь малой частью употребляемых заимствований из латинского и греческого языков, используемых в химии, микробиологии и пищевой химии.

В ходе исследования нами зафиксированы слова французского, английского, арабского, немецкого, испанского происхождения, которые представлены в таблице. Происхождение указанных в таблице слов установлено при изучении материалов различных источников.

Данная таблица вновь подтверждает, что латынь и греческий язык являются языками-источниками для большинства выбранных терминов. Таким образом, для анализа 132 слов доля слов латинского и греческого происхождения составила 53 %, слов французского происхождения – 15,5 %, английского – 9,84 %, немецкого – 9,84 %, на долю арабского и испанского языков – 9 %.

Подведем итоги: в ходе данного исследования было установлено, что заимствования – это способ развития языка и терминообразования, необходимый для понимания и формирования речи. Заимствования появились под влиянием межкультурных и межъязыковых связей. В ходе проведенного исследования выбранных терминов было устано-

Заимствования научно-технических терминов из разных языков

Заимствования из французского языка				
агрессивная (среда)	кювета	титр (раствора)	меланж	купорос
батарея	бензин	грамм	маркировка	литр
газификация	газолин	изоляция	ориентация	метилоранж
пипетка	тонна	фракция	эмаль	эталон
Заимствования из арабского языка				
алкоголь	анилин	бензол	халат	нашатырь
мазут	калий	калибрование	кофеин	бура
Заимствования из английского языка				
буферный	америций	ангидрид	антифриз	дренаж
крекинг	конвейер	плунжер	стронций	синглет
тефлон	уайт-спирит	флотация		
Заимствования из немецкого языка				
крахмал	вольфрам	марганец	аэрозоль	вазелин
глазурь	градирня	дюралюминий	индий	кобальт
легированная (сталь)	никель	шнек		
Заимствования из испанского языка				
толуол	гуанин			

влено их происхождение – исходная иностранная лексема или исходный язык, выполнен перевод исходного иностранного слова. Установлено, что наибольшая доля заимство-

ваний научно-технических терминов, использующихся в различных отраслях химии и биологии, приходится на латинский и греческий языки.

Список источников

1. Гершанова А.Ф. Трудности перевода: зачем языку заимствования // Научная Россия. Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/> (дата обращения: 05.04.2024).
2. Чэнь Ю.Ш. Иноязычные заимствования в современном русском языке // Вестник НГПУ. 2015. № 4 (26). <https://doi.org/10.15293/2226-3365.1504.09>
3. Кушнарёва Н. В. Проникновение иноязычных слов в русский язык // Омский научный вестник. 2011. № 6 (102). С. 135–138.
4. Азимов А. Слова в науке. История происхождения научных терминов / пер. с англ. С.К. Меркулова. М.: Центрполиграф, 2006. 364 с.
5. Мусина Г.Ф. Иностранные заимствования в научно-технической терминологии русского языка // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2017. № 12–3 (78). С. 149–151. Режим доступа: <https://philology-journal.ru/article/phil20173040/fulltext?ysclid=lx2vvwvmzss616495556> (дата обращения: 05.04.2024).
6. Андрианова Н.С., Кузьмина Е.К. Морфологическая и словообразовательная адаптация заимствованных имен прилагательных и глаголов научно-технической терминологии русского языка // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2017. № 4–2 (70). С. 57–59. Режим доступа: <https://philology-journal.ru/article/phil20170815/fulltext> (дата обращения: 09.04.2024).
7. Лотте Д.С. Вопросы заимствования и упорядочения иноязычных терминов и терминологических элементов. М.: Наука, 1982. 152 с.
8. Кутина Л.Л. Формирование языка русской науки (Терминология математики, астрономии, географии в первой трети XVIII века). М. Ленинград: Наука, 1964. 220 с.
9. Амракулова А.А., Елашкина Н.В. Значение употребления иностранных лексем в русском языке // Молодежный вестник ИрГТУ. 2023. Т. 13. № 4. С. 641–645. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2023/04> (дата обращения: 05.04.2024).
10. Щерба Л.В. Опыт общей теории лексикографии // Избранные труды по языкознанию и фонетике. Ленинград: ЛГУ, 1974. 187 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Амракулова Айгуль Абдурашитовна,
студент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
acelasevan@mail.ru

Aigul A. Amrakulova,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
acelasevan@mail.ru

Елашкина Наталья Викторовна,

к.п.н., доцент,
доцент кафедры иностранных языков № 2,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
yelashkin@mail.ru

Natalya V. Elashkina,

Cand. Sci. (Pedagogics), Associate Professor,
Associate Professor, Department
of Foreign Languages no. 2,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
yelashkin@mail.ru

Лингвосемиотика визуальной метафоры в современных языках программирования и инфокоммуникационных технологиях

© И.А. Галич, И.А. Савватеева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается применение визуальной метафоры в современных языках программирования и инфокоммуникационных технологиях, что обусловлено потребностью в исследовании метафорических визуальных структур в искусственных языках и их роль в передаче лингвистических значений в сфере информационных технологий. Целью исследования является изучение природы передачи лингвосемиотических смыслов визуальных метафор на основе анализа особенностей, их формирования и функционирования в искусственном семиозисе. Авторами выделяются и описываются характерные особенности употребления семиотических выражений визуальных метафор в языках программирования. Визуальные метафоры представлены в виде трех моделей: нотации описания переменных с подвидами camel case, snake case и kebab case; дженерики (алмазный оператор) и технология router-on-a-stick. Характерной особенностью визуальных метафор является описание моделями строго технических понятий и получение наименования вследствие условного внешнего сходства понятий с объектами реального мира. На основании лингвосемиотического анализа данных моделей устанавливается, что ключевая особенность формирования визуальных метафор заключается в создании нового искусственного знака – визуального метафорического выражения, сконструированного на основе знакового потенциала естественного языка. Важность исследования обусловлена необходимостью понимания влияния лингвистических процессов на развитие профессионального языка программирования и роли метафорических структур в формировании искусственных языков.

Ключевые слова: лингвосемиотика, визуальная метафора, языки программирования, инфокоммуникационные технологии, искусственный язык

Linguosemiotics of visual metaphor in modern programming languages and info-communication technologies

© Irina A. Galich, Irina A. Savvateeva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article considers the application of visual metaphor in modern programming languages and info-communication technologies, which is conditioned by the need to study metaphorical visual structures in artificial languages and their role in the transmission of linguistic meanings in the sphere of information technologies. The aim of the research is to study the nature of the transmission of linguosemiotic meanings of visual metaphors on the basis of analyzing the peculiarities, their formation and functioning in artificial semiosis. The article identifies and describes the distinctive features of the use of semiotic expressions of visual metaphors in programming languages. Visual metaphors are presented in the form of three models: notation of description of variables with subtypes camel case, snake case and kebab case; generics (diamond operator) and router-on-a-stick technology. A distinctive feature of visual metaphors is the description of strictly technical concepts by models and getting a name due to the conditional external similarity of concepts with objects of the real world. On the basis of linguosemiotic analysis of these models it is established that the key feature of visual metaphors formation is the creation of a new artificial sign - visual metaphorical expression, constructed on the basis of the sign potential of natural language. The importance of the study is conditioned by the necessity to understand the influence of linguistic processes on the development of a professional programming language and the role of metaphorical structures in the formation of artificial languages.

Keywords: linguosemiotics, visual metaphor, programming languages, info-communication technologies, artificial language

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения влияния лингвистических процессов на формирование профессионального языка в среде программирования и инфокоммуникационных технологий.

В связи с этим актуализируется потребность в исследовании метафорических визуальных структур искусственных языков. Визуальные метафоры (объект исследования) в современных языках программирования и инфо-

коммуникационных технологий представляются ярким свидетельством перехода естественных языковых семиотических знаков в семиотические знаки профессионального искусственного языка. В искусственном семиозисе языков программирования и инфокоммуникационных технологий визуальная метафора обладает специфической особенностью. Семиотическая функция визуальной метафоры выступает как лингвокогнитивный ориентир в формировании искусственных языков.

Интерес к исследованию основывается на том факте, что язык как знаковая система представляет собой огромный потенциал для формирования искусственных языков программирования. Соответственно, возникает необходимость в понимании истоков, механизмов, особенностях формирования, функционирования и интерпретации семиотического значения визуальной метафоры как особого рода информации искусственного профессионального семиозиса. Исходя из этого, произведен отбор и анализ фрагментов визуальных метафор английского языка, функционирующих в языках программирования и инфокоммуникационных технологий с позиции лингвосемиотики.

Теоретические основания исследования

Необходимо отметить, что человек занят в непрерывном процессе семиозиса – порождения и интерпретации знаков и различных знаковых систем [1]. Так, ключевым теоретическим аргументом исследования лингвосемиотики визуальных метафор является способность естественного языка быть «универсальной семиотической матрицей, на которой можно вторично построить практически неограниченное число самых разнообразных знаковых или информационных систем» [2].

Семиотика изучает естественный язык как одну из важнейших знаковых систем с точки зрения его общности с другими знаковыми системами. Вместе с тем язык выступает как эталон знаковых систем [1]. Ч. Пирс, основоположник семиотики, выделял такие типы знаков как иконические, индексальные и символические [3]. Визуальный метафорический знак рассматривается в данном анализе как искусственный конвенциональный знак, который транспонирует основные характеристики метафоры естественного языка в визуальную

плоскость. Его форма (метафорическое выражение) находится в отношениях смежности с его искусственным выражением (понятием, ключевым словом языка программирования, термином) в пространстве искусственного семиозиса.

Традиционное определение метафоры в литературе – это употребление слова или выражения в переносном значении, основанное на сходстве, сравнении, аналогии [4]. Ее часто используют для описания с помощью тех или иных признаков, элементов, ассоциаций, действий других объектов. Визуальная метафора – то же определение, что и в литературе, но любое сравнение производится с помощью иллюстраций. Помимо дизайна (логотипы, иконки, инфографика, иллюстрации) ее используют в киноискусстве, живописи и рекламе. Визуальная метафора помогает быстро и качественно донести главный смысл идеи, привлечь на себя внимание и вызвать эмоции у людей [5]. Под визуальной метафорой в нашем исследовании понимается использование образных понятий в профессиональной лексике, которые ассоциируются с объектами реального мира (далекими от технической сущности рассматриваемого понятия). По мнению ряда исследователей для визуальных метафор свойственно использование в качестве когнитивного инструмента, предназначенного для сообщения необходимой информации, способного снизить или, наоборот, усилить влияние языковых, культурных, узкоспециализированных и межнациональных коммуникационных барьеров [6].

Практическая часть исследования

Визуальная метафора языков в данном анализе представлена в виде трех моделей (схем): нотации описания переменных, дженерики (алмазный оператор) и технология router-on-a-stick.

Под лингвосемиотикой авторами понимается способность человеческого сознания преобразовывать производные значения и знаки естественного языка. Так, под спецификой лингвосемиотического образования визуальных метафор предполагается не просто перенос подобия/дублета, уже имеющегося языкового знака в метафорическом выражении из естественного языка, а создание нового искусственного знака – визуального ме-

тафорического выражения, сконструированного на основе знакового потенциала естественного языка.

Проанализируем следующие модели лингвосемиотического преобразования знаков естественного языка в искусственный индексальный знак.

Модель 1. Нотации описания переменных

Нотация – это соглашение об именовании переменных, констант и других идентификаторов в программном коде.

Характеристики и особенности семиотического выражения: нотация получает свое название согласно графическому сопоставлению переменной, описываемой определенной нотацией, объекту реального мира.

Языки программирования: нотации используются практически во всех современных языках программирования (Java, Python, HTML, JavaScript, PHP, GO и т. д.).

Подвиды:

1. Верблюжья нотация (camel case, camelCase).

В каких языках применяется: наиболее ши-

роко используется в Java, JavaScript, PHP, а также в языке GO [7].

Пример: объявление переменной вида `int amountOfArrayRows = 0`, где `amountOfArrayRows` – имя переменной.

Характеристики и особенности семиотического выражения: первое слово пишется со строчной буквы, следующие слова пишутся с заглавной буквы. Разделители между составными частями отсутствуют. Торчащие посреди итогового названия заглавные буквы напоминают горбы верблюда, отсюда появилось наименование нотации [7] (рис. 1).

2. Змеиная нотация (snake case, snake-case).

Пример: объявление переменной вида `int amount_of_array_rows = 0`, где `amount_of_array_rows` – имя переменной.

Языки применения: используется в языке Python [7].

Характеристики и особенности семиотического выражения: слова разделяются символами подчеркивания – они как бы ползут по строке, в результате получается длинное, как змея, название [7] (рис. 2).

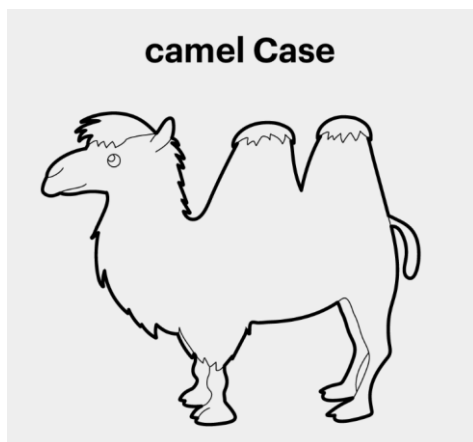


Рис. 1. Наглядная иллюстрация camel case

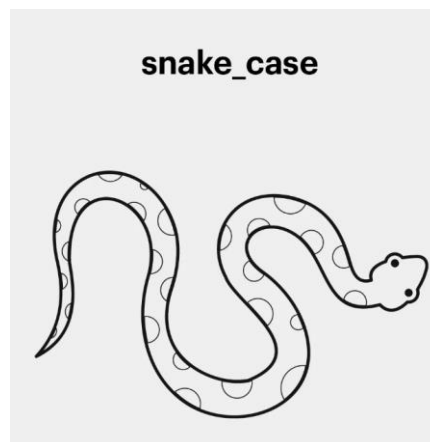


Рис. 2. Наглядная иллюстрация snake case

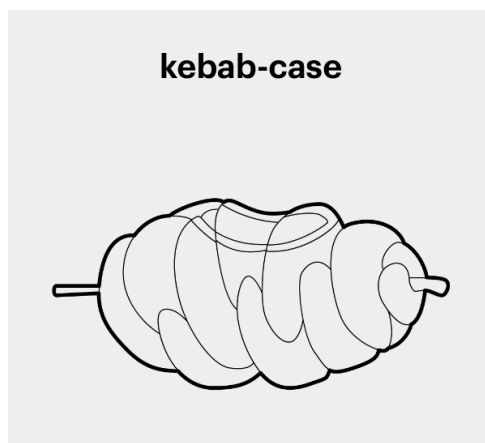


Рис. 3. Наглядная иллюстрация kebab case

3. Шашлычная нотация (kebab case, kebab-case).

Языки применения: используется в HTML и CSS [7].

Пример: объявление переменной вида `int amount-of-array-rows = 0`, где `amount-of-array-rows` – имя переменной.

Характеристики и особенности семиотического выражения: в данном подвиде нотации слова разделяют символом дефиса. Так, можно представить, что слова при этом как бы насаживают на шампур – вот и получается шашлык (kebab) [7] (рис. 3).

Модель 2. Дженирики или Алмазный оператор

Дженерики (Generics) – это особые средства языка Java для реализации обобщенного программирования: особого подхода к описанию данных и алгоритмов, позволяющего работать с различными типами данных без изменения их описания [8].

Языки применения: в языке Java.

Пример: создание динамического массива `List<String> list = new ArrayList<>()`, где оператор `<String>` подразумевает то, что массив может содержать только символьные значения.

Характеристики и особенности семиотического выражения: обозначается как `<E>` (также вместо E может указываться любой тип данных или структура, например, `<String>`). За счет визуального сходства с алмазом получили альтернативное название «diamond operator» («алмазный оператор») [9].

Модель 3. Технология Router-on-a-stick

Термин инфокоммуникационных технологий *router-on-a-stick* используется для описания настройки, которая состоит из маршрутизатора (роутера) и коммутатора, подключенные с помощью одного канала Ethernet,

настроенного как TRUNK-канал [10].

Технология применяется в сетевой инфраструктуре для создания сети, обеспечивающей маршрутизацию разных логических подсетей коммутатора путем соединения коммутатора и маршрутизатора через порт. Данная технология применяется, когда конфигурация сети выглядит так, как представлено на рис. 4 [10].

Название «Router-on-a-stick» («роутер на палочке») связано с внешним видом сети, для которой используется данная технология.

На основе вышесказанного можно выделить три схемы (модели):

1. *Нотации* описания переменных, с подвидами camel case, snake case, kebab case в современных языках программирования (Java, JavaScript, PHP, GO, Python, HTML, CSS).

2. *Дженерики* в языке программирования Java.

3. Технология *router-on-a-stick* в инфокоммуникационных технологиях.

Данные модели являются основными способами семиотического преобразования языковых знаков (визуальных метафор) естественного языка в пространство искусственного семиозиса в плоскость условных, индексальных знаков.

Выделены следующие специфические особенности:

- модели используются при характеристике технических терминов и не используются при описании материальных объектов;

- термины получают наименование вследствие внешнего сходства понятия с объектом реального мира;

- модель и объект реального мира не имеют никаких функциональных сходств, а внешние сходства условны.

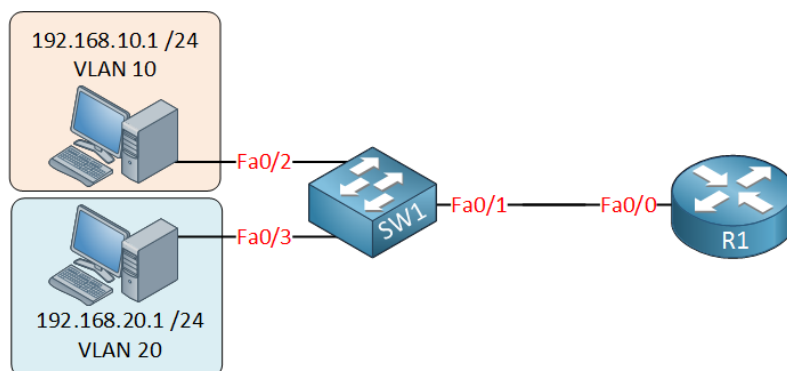


Рис. 4. Конфигурация сети «роутер – коммутатор»

Проведенный нами анализ визуальных метафор позволяет конкретизировать их семиотическую сущность и специфику метафоры с учетом расширения ее роли в современных языках программирования и инфокоммуникационных технологиях. Лингвoseмиотическая специфика визуальной метафоры заключается во взаимодействии визуального знака метафоры с индексальным знаком и последующего перевода данного знака в профессио-

нальное семиотическое искусственное пространство. Так, спецификой лингвoseмиотического образования визуальных метафор мы предполагаем не просто перенос подобия/дублета уже имеющегося языкового знака в метафорическом выражении из естественного языка, а создание нового искусственного знака – визуального метафорического выражения, сконструированного на основе знакового потенциала естественного языка.

Список источников

1. Савватеева И.А. Вербализация семиотического и аксиологического потенциала концепта BEHAVIOUR в английском языке: автореф. дис. ... к.ф.н.: 10.02.04. Иркутск, 2019. 23 с.
2. Панов Е.Н. Знаки. Символы. Языки. М.: Знание, 1980. 192 с.
3. Pierce., Charles S. Collected papers of Charles Sanders Pierce. Cambridge: Harvard University Press, 1958. V. 7. 456 p. Режим доступа: <https://archive.org/details/collectedpapers0007peir/page/360/mode/2up>. (дата обращения: 25.12.2023).
4. Комарова Ю.Ю. Лексико-грамматические характеристики метафор в текстах англоязычных песен // Огарёв-Online. 2014. Т. 27. № 13. Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/> (дата обращения: 05.02.2024).
5. Ильина В. Визуальная метафора как способ найти общий язык с аудиторией // Myforce. Режим доступа: <https://myforce.ru/news-page/vizualnaya-metafora-kak-sposob-naiti-obshchii-yazyk-s-auditoriei> (дата обращения: 09.01.2024).
6. Захарова А., Шкляр А. Метафоры визуализации // Научная визуализация. 2013. Т. 5. №2. С. 16–24. Режим доступа: <https://sv-journal.org/2013-2/02.php?lang=ru> (дата обращения: 09.01.2024).
7. Степанова Е. Нотации в программировании: верблюд, змея, шашлык и другие // Skillbox. Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/code/notatsii-v-programmirovanii/> (дата обращения: 12.01.2024).
8. Громов В. Что такое дженерики в Java и для чего они нужны // Курсы.ру. Режим доступа: <https://kursy.ru/znaniya/programmirovanie/chto-takoe-dzheneriki-v-java/> (дата обращения: 14.01.2024).
9. Gilmore K. Guide to the Diamond Operator in Java // Baeldung. Режим доступа: <https://www.baeldung.com/java-diamond-operator> (дата обращения: 15.01.2024).
10. Jensen B. What is a Router on a Stick, and Why Should You Use It? // CEPro. Режим доступа: <https://www.cepro.com/networking/what-is-router-on-a-stick-roas-why-should-you-use-it/> (дата обращения: 19.01.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Галич Ирина Артуровна,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
someone2004@mail.ru

Irina A. Galich,
Student,
Institute of Information Technology and Data Science,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
someone2004@mail.ru

Савватеева Ирина Анатольевна,
к.ф.н.,
доцент кафедры иностранных языков № 1,
Институт лингвистики и межкультурной коммуникации,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
savvrina@mail.ru

Irina A. Savvateeva,
Cand. Sci. (Philology),
Associate Professor of Department
of Foreign Languages № 1,
Institute of Linguistics and Intercultural Communication,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
savvrina@mail.ru

Управление человеческими ресурсами и их вклад в успех компании

© Т.В. Добышева, Л.С. Пуляевская

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье представлена общая картина управления трудовыми ресурсами на предприятии. Исследуется концепция эффективного управления персоналом, рассмотрен ряд компонентов управления трудовыми ресурсами организации. Также рассматривается процесс управления человеческими ресурсами: процесс планирования ресурсов, набора и отбора персонала, оплаты труда, профессиональной ориентации, обучения кадров, этап продвижения сотрудников по карьерной лестнице и организация обучения менеджеров. Исследована система управления человеческими ресурсами, которая включает в себя следующие элементы: подбор и найм персонала, анализ качества работы и процесс мотивации и стимулирования. Показана значимость кадровой политики в управлении персоналом в организации. Выявлена важность рационального построения системного подхода в работе с кадрами. В статье представлены современные подходы к управлению персоналом: методы убеждения, принуждения и информирование. Изучены подходы по стадиям управления: организация, планирование, анализ, учет личной информации сотрудников, контроль и мотивация; по методам влияния – экономические, административные и социально-психологические. Аргументирована важность управления трудовыми ресурсами в целях увеличения прибыли предприятия.

Ключевые слова: предприятие, кадровая политика, управление, трудовые ресурсы, отбор, эффективность

Human resource management and their contribution to the success of the company

© Tatyana V. Dobysheva, Larisa S. Pulyaevskaya

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article presents a general picture of human resource management at the enterprise. The concept of effective personnel management is investigated, a number of components of the organization's human resources management are considered. The process of human resource management is also considered: the process of resource planning, recruitment and selection of personnel, remuneration, professional orientation, personnel training, the stage of employee promotion on the career ladder and the organization of manager training. The human resource management system is studied, which includes the following elements: recruitment and hiring of personnel, analysis of the quality of work and the process of motivation and stimulation. The importance of personnel policy in personnel management in the organization is shown. The importance of the rational construction of a systematic approach in working with personnel is revealed. The article presents modern approaches to personnel management: methods of persuasion, coercion and information. The approaches were studied by stages of management: organization, planning, analysis, accounting of personal information of employees, control and motivation; by methods of influence – economic, administrative and socio-psychological. The importance of human resource management in order to increase the profit of the enterprise is argued.

Keywords: enterprise, personnel policy, management, human resources, selection, efficiency

Без людей ни одна организация не может существовать, т. к. они являются ее основным звеном и ресурсом. По этой причине управление персоналом имеет ключевое значение для современных предприятий. Стремление к успеху и получению максимальной прибыли характерно для большинства организаций. В условиях современного рынка с его высокой конкуренцией и изменчивостью достижение поставленных целей не всегда возможно.

Здесь играет роль то, какие люди задействованы на предприятии и как осуществляется управление ими. Важность концепции эффективного управления персоналом очевидна для любого бизнеса.

Целью исследования является выявление значимости управления трудовыми ресурсами, изучение подходов к эффективной организации работы с человеческими ресурсами для улучшения деятельности предприятия.

Целью руководства компании является стремление привлечь и сохранить на рабочих местах самых опытных и квалифицированных специалистов. В ходе этого процесса организация пытается сократить издержки, связанные с оплатой труда, с целью максимизации производительности сотрудников и увеличения прибыли [1].

Кадровое планирование существенно отличается от планирования закупок материалов и оборудования для производственных нужд, однако зачастую ему уделяется недостаточно внимания. Работа при управлении персоналом происходит поверхностно и нередко в интересах самого работодателя. Также, следует понимать, что предприятие не всегда правильно определяет нужду в трудовых ресурсах: происходят проблемы на стадии отбора персонала, а также при распределении должностных обязанностей. Грамотное управление потенциалом сотрудников, безусловно, ведет к эффективному распределению ресурсов предприятия, учитываются личные качества людей, руководство улучшает производительность организации.

Процесс управления человеческими ресурсами в компании состоит из нескольких этапов. На первом этапе определяется нормирование работников, которые необходимы компании для достижения планов и задач. HR-менеджер выявляет личностные качества и компетенцию людей, претендующих на должность.

На следующем этапе происходит отбор сотрудников согласно их запросу. Просматриваются резюме, определяются более подходящие соискатели. Анализируется информация о кандидате, привлекаются организации по трудоустройству. Для непосредственно самих членов предприятия организовывается повышение.

И, наконец, в рамках отбора кандидатов происходит заключительный процесс: работодатель и менеджер по работе с персоналом оценивают ключевые критерии: опыт работы, образование, различного рода документы о повышении квалификации в той или иной области, учитывают личные качества соискателей и их ожидания от данного места работы [2]. Как правило, отбор проводится путем собеседования и может состоять из нескольких

этапов, в зависимости от конкурса на конкретную должность.

После прохождения всех этапов отбора, работников, как правило, стимулируют различного рода денежными вознаграждениями. Уровень оплаты труда зависит от самой компании, разряда рабочего, климатической зоны и прочих других факторов, работодатель стремится увеличить мотивацию к работе посредством ввода премий, бесплатного страхования, различных бонусов для детей сотрудников и многое другое.

Как известно, в интересах организации увеличивать производительность труда, повышая при этом выпуск продукции и сокращая издержки [3]. Следовательно, чем более квалифицирован сотрудник и трудовые ресурсы в целом, тем больше эффективность работы компании. Для достижения данной цели предполагается программа обучения, которая помогает персоналу адаптироваться на месте работы, улучшить свои навыки для повышения производительности труда.

Далее, когда человеческие ресурсы прошли успешно этап адаптации – происходит процесс систематизации знаний. Для успешного функционирования предприятия важно своевременно повышать компетентность своих трудовых ресурсов. Поэтому на постоянной основе во многих фирмах и других организациях проводится повышение квалификации сотрудников, разрабатываются различные программы переподготовки.

Впоследствии выявляется эффективность труда работника, раскрываются проблемы, связанные с трудоемкостью, создается план работы на следующий период. На этом этапе, в некоторых организациях, могут также по итогам периода выявлять лучшего специалиста и поощрять его заслуги для дальнейшего мотивирования [4].

По итогам вклада трудовых ресурсов в развитие предприятия определяется перспектива на карьерный рост. Этот этап может включать следующие изменения: изменение ранга (повышение или понижение), изменение позиции (перевод или увольнение). С течением времени, работник выявляет, готов ли он стремиться к повышению, а работодатель, в свою очередь, оценивает успехи и вклад в развитие организации конкретного работника.

В случае несоответствия должностных обязанностей действие трудового договора может завершиться.

Не остаются и в стороне менеджеры. Им постоянно необходимо развивать логическое мышление, быть в курсе трендов. Для достижения этой цели проводятся различные тренинги, семинары, привлекаются различные специалисты, например психологи.

Таким образом, для улучшения работы предприятия всегда будет необходимо комплексное управление человеческими ресурсами. При эффективной организации труда, цели, которые преследует компания будут совпадать с целями персонала. Если целесообразно подходить к вопросам управления трудовыми ресурсами, то сотрудники систематически будут улучшать качество своей работы в будущем.

Процесс управления персоналом в нынешних реалиях включает также и государственные программы, которые направлены на поддержание должного уровня трудовых ресурсов в условиях макроэкономики [5].

Теперь рассмотрим планирование персонала, которое является неотъемлемой частью любого управления трудовыми ресурсами на предприятии. Как правило планированием сотрудников занимается HR-менеджер. Он оценивает нынешний потенциал сотрудников, выявляет потребность в долгосрочной перспективе в новых специалистах и разрабатывает стратегию по привлечению новых кадров [6].

Система управления человеческими ресурсами, как правило, включает:

1. Организацию подбора и найма персонала, с помощью которой выявляются наиболее подходящие соискатели. Происходит их распределение согласно должности и квалификации.

2. Систему оценивания сотрудников, в которой рассматриваются пути для развития кадров, а также определяются возможности для создания кадрового резерва.

3. Система оценки качества работы, которая позволяет контролировать эффективность работы сотрудников и определять области для улучшения.

4. Система мотивации и стимулирования, направленная на поощрение результативной работы и достижение общих целей

организации.

Основная цель управления трудовыми ресурсами – повышение производительности труда и общей эффективности работы предприятия. В условиях сложной экономической ситуации и конкуренции, предприятиям становится сложнее находить новых клиентов и увеличивать объемы производства.

Кроме того, программы повышения производительности часто требуют значительных инвестиций в модернизацию производства и внедрение новых технологий [7]. Подсистемы управления трудовыми ресурсами должны работать вместе, чтобы максимально использовать потенциал каждого сотрудника в интересах предприятия.

Обсудим ключевые принципы, способствующие повышению эффективности организации. Владелец предприятия должен осознать свою роль в коллективе, в отношениях с клиентами, в формировании корпоративного духа. Его поведение будет служить образцом для остальных. Важно проанализировать, что необходимо сделать для того, чтобы производство планомерно развивалось.

Важно на постоянной основе спрашивать мнение персонала, проводить различные опросы, чтобы иметь представление о дальнейшем управлении кадрами предприятия. Если обратная связь с персоналом будет установлена, то улучшится обмен информацией между работниками всех рангов данной организации. Поэтому всегда важно давать своим кадрам пример открытости, способности выслушать, включая обсуждение рабочих проблем и пример готовности к новым предложениям со стороны работника [8].

Анализируя вышеизложенные предложения, сразу же встает вопрос о современных подходах к управлению персоналом. Так, выделяют следующие категории:

- методы убеждения, (направлены на достижение желаемого результата руководителя посредством применения манипуляций и других психологических приемов на работника) [9];

- информирование (трудовые ресурсы всегда имеют необходимую им информацию или инструкцию, чем больше персонал осведомлен о различных нововведениях, тем больше продуктивность деятельности);

– методы принуждения, (основаны на негативном выражении просьб руководства по отношению к сотрудникам; используются угрозы, штрафы, общение без субординации, тем самым отношения в коллективе обостряются и эффективность труда снижается) [10].

По стадиям управления современные методы можно представить в следующей последовательности:

- разработка необходимых условий согласно требованиям персонала для улучшения управления деятельностью кадров;
- регулирование поведения работников с целью выявления слабых сторон – для достижения целей предприятия.
- обобщение и комплексный анализ, с помощью которых определяется дальнейший план действий;
- отслеживание трудовой деятельности;
- создание методов стимулирования персонала путем внедрения вознаграждений и развития условий для карьерного роста.

По методам влияния на персонал существуют следующие методы:

- экономические;
- административные;
- социально-психологические [9].

Следовательно, применение всех вышеперечисленных методов будет уместно, если компания сможет определить соотношение всех этих мер. Только от руководства зависит процветание предприятия и при учете интере-

сов кадров – шансы на улучшение эффективности. Таким образом, современные подходы к управлению персоналом весьма разнообразны. Однако максимально результативными могут быть лишь те из них, что сочетают разные методы воздействия в разумной пропорции.

Если методы управления ориентированы исключительно на интересы руководства и прибыльность предприятия, игнорируются интересы персонала, то в конечном итоге сотрудники покинут такую компанию в поисках более подходящих для них условий труда. Руководству следует осознать, что оно может прямо влиять на экономические достижения бизнеса через свою систему управления.

В нашей стране управление персоналом в компании тесно связано с развитием трудовых ресурсов в целом. Данные ресурсы являются наиболее активной частью населения, которая создает материальные блага или услуги путем применения своих интеллектуальных и физических возможностей.

Подводя итоги, можно сделать заключение, что эффективное управление персоналом и оптимизация управления трудовыми ресурсами играют критическую роль для любого предприятия. Это предполагает поиск наиболее эффективных организационных структур, методов и техник для повышения производительности и мотивации сотрудников, и, как следствие, увеличение прибыли.

Список источников

1. Аветисян К.А. Совершенствование процедур подбора персонала в организации // Проблемы экономики и менеджмента. 2020. № 1. С. 56–59.
2. Анисимов А.Ю., Пятаева О.А., Грабская Е.П. Управление персоналом организации. М.: Дашков и Ко. 2024. 279 с.
3. Барбарская М.Н. Сущность процесса управления персоналом организации на современном этапе // Основы экономики, управления и права. 2014. № 4 (16). С. 118–122. Режим доступа: <https://basis763.ru/archive/> (дата обращения: 17.04.2024).
4. Горленко О.А., Ерохин Д.В., Можаяева Т.П. Управление персоналом. М.: Юрайт. 2023. 218 с.
5. Коноваленко М.Ю., Соломатин А.А. Психология управления персоналом. М.: Юрайт. 2024. 370 с.
6. Полосухина М.В., Кетова Е.Г. Построение алгоритма управления лояльностью персонала с системе HR-менеджмента // Управление экономическими системами. 2012. № 12 (48). С. 27–32. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-algoritma-upravleniya-loyalnostyu-personala-s-sisteme-hr-menedzhmenta/viewer> (дата обращения: 02.04.2024).
7. Хруцкий В.Е., Толмачев Р.А., Хруцкий Р.В. Оценка персонала. Сбалансированная система показателей. М.: Юрайт. 2023. 204 с.
8. Шибаева В.С. Digital hr: технологии управления персоналом // Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития: сб. науч. статей Межрегиональной науч.-практ. конф. (г. Курск, 14–15 ноября 2019г.). Курск, 2019. Т. 1. С. 190–196.
9. Гончаров В.В. В поисках совершенства управления: руководство для высшего управленческого персонала. М.: Дело, 2017. 262с.
10. Кязимов К.Г. Управление персоналом. Профессиональное обучение и развитие. М.: Юрайт, 2019. 202 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Добышева Татьяна Васильевна,

к.э.н., доцент,
доцент кафедры экспертизы
и управления недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
dobishevatv@mail.ru

Tatyana V. Dobysheva,

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor,
Associate Professor of the Expertise
and Real Estate Management Department,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dobishevatv@mail.ru

Пуляевская Лариса Станиславовна,

студент,
Институт экономики управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
pulyaevskaya.lara@mail.ru

Larisa S. Pulyaevskaya,

Student,
Institute of Economics Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
pulyaevskaya.lara@mail.ru

Russian and Western Personnel Selection System

© Polina D. Kushnareva, Natalia A. Korepina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article discusses the standards and methods of Russian recruiting, regarding the western approaches. All companies around the world are on the hunt for qualified employees, but recruiting methods and techniques vary from one organization to another. In particular, there are differences in approaches and ways of conducting the recruitment process. The effectiveness of Russian and foreign marketing plans is reaching a new level of development. At the moment there are no common standards and approaches to interviewing. Accordingly, the tools used in different countries differ from each other. The authors consider the foreign companies' experiences in the field of recruitment based on a four-stage personnel selection system, including attraction, screening candidates via online data available on the Internet, selection in gamification and online testing using electronic platforms, and on-boarding in the corporate environment. In this article Russian hiring practices are compared with the Western system. The differences are determined. A special focus in this article is on the study of intellectual sources of Russian and international specialists. In conclusion the trends required and changes needed for Western system adoption are provided.

Keywords: recruitment, interview, candidate, Personnel Selection System, human resources

УДК 331.08

Российская и западная системы подбора персонала

© П.Д. Кушнарева, Н.А. Корепина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье приводятся стандарты и методы российского рекрутинга в сравнении с западными подходами. По всему миру ощущается острая необходимость в квалифицированных сотрудниках, однако, на данный момент еще не существует общепринятых правил и канонов найма персонала, которых могут придерживаться все организации. В частности, имеются различия в способах проведения процесса подбора сотрудников. Эффективность российских и зарубежных маркетинговых планов выходит на новый уровень развития. Соответственно, пути решения этого вопроса, используемые в разных странах, отличаются друг от друга. Авторы рассматривают опыт иностранных компаний в области подбора персонала на примере четырехступенчатой системы отбора, включающей в себя стадию привлечения кандидатов, их изучение на основе доступной информации в сети Интернет, выбор сотрудников в процессе геймификации и онлайн тестирования на электронных платформах, адаптацию в корпоративную среду. Российские практики найма сравниваются с западной системой. Определены различия. Особое внимание в статье уделено изучению интеллектуальных источников российских и зарубежных специалистов. В заключение приводятся тенденции и изменения, необходимые для усовершенствования и развития существующих практик.

Ключевые слова: рекрутинг, кандидат, интервью, система подбора персонала, человеческие ресурсы

Over the last decades, the problem of employees recruitment has become an urgent issue for the research in various areas of knowledge-based economy embracing, for instance, organizational psychology [1], human resources (HR) management [2], "but also in the fields of computer / data science and engineering" [3, p. 1].

It is necessary to stress the fact that, currently, the authors consider the technology use in recruitment and selection of the demanded staff [3–5], looking for the in-depth candidates' verification from the perspective of e-recruitment [5]. Moreover, the impact of Artificial Intelligence (AI) is well thought of by recruiting practitioners [6], adding to the widely-used practices. All of this leads us to the idea of the recruitment relevance

lying in the practical importance of human resource and knowledge management at enterprises. Therefore, the landscape of recruitment is drastically changing following the up-to-date recruitment agenda.

The increasing importance of methods of effective personnel management in the crisis conditions of the domestic labor market, the formation of a post-industrial economy determines the relevance of this work.

The purpose of this article is a comparative analysis of the Russian recruitment system with the Western one in order to define possible trends in the development of the Russian national personnel for the near future.

Theoretical and methodological aspects of

human resources services are studied in the works of Russian and foreign scientists. Among the scientists, who have made a significant contribution to the development of theoretical and practical approaches to the study of the recruitment and selection process, observing the methods aimed at improving the personnel planning process, it is worth noting such authors as M. Markoulli [2], A.M. Ryan and R.E. Ployhart [1], I. Nikolaou [3], C. Sołek-Borowska and M. Wilczewska [7], and many others.

To begin with, we will look at the Western type of selection procedures, in particular, and recruitment, in general. Previously, the focus of the procedures under consideration was on the broader use of the Internet as well as Social Networking Websites. According to [8], researchers turned to e-HR exploration in the 2000s. From those times, the “intranet, e-learning, virtual teams, HR Information Systems” [3, p. 2] were introduced. To continue the discussion, “internet recruitment, employment / career websites and on-line psychological testing” [3, p. 2] became also popular. They were part of tremendous progress of that time.

Following Nikolaou [3], there are four steps in recruitment including “attraction, screening, selection, and on-boarding” [3, p. 2]. In fact, recruitment is associated with technology-based activities (e.g. employer brandings, applicants’ experiences, etc.). There is also so-called internet-based recruitment, i.e. on-line recruitment (e.g. applying for job boards/ job sites; company’s career sites).

The second step is “screening candidates’ available information regarding their suitability for the position” [6, p. 2]. The most important tool employed in this stage is called *Cybervetting* (the use of social and professional networks and media like LinkedIn, Facebook and etc.), helping the employers to get to know their applicants in a quick and informative way (e.g. personal data concerning interests, attitudes, topics discussed by the prospective employee as well as their emotional intelligence). At this stage, applicant tracking systems (hereinafter – ATS), Artificial Intelligence, machine translation as well as data mining are increasingly used.

Next, during the selection stage the procedures contained on-line tests, as put in [1]. The tests are “the asynchronous interviewing and

gamification/games-based assessment” [3, p. 3]. Such types of asynchronous interviews are known as video/digital interviews. The employers learn a lot about the candidates’ experiences in relation to their reactions either behavioral or emotional. For the games-based assessment Glassdoor or similar free websites are in use.

The final step in the recruitment proposed by I. Nikolaou [3, p. 4] is on-boarding or socialization, when a newcomer joins an organization/company (e.g. formal/informal training, coaching-mentoring, on-the-job training, etc.).

A mentor with broader powers is assigned to protect a young specialist who is invited to work in a specific company as mentioned in [3]. Thus, the company tries to stimulate the candidate at all stages of the interview. Moreover, practicing managers nowadays have a huge list of sites and resources for searching for a candidate, while applying the latest technology introductions. Sure enough, developments are so deeply embedded in our lives that now the terms *online interview* or *cybervetting* do not cause any questions.

The introduction of new technologies into the recruitment processes is becoming increasingly widespread [6, p.223]. Electronic processes were based in such a way as to cover the collection of information at different stages of personnel selection in as much detail as possible, which would allow for a comparative analysis of each stage. Thus, as an example ITutorGroup and Chain of Luxury Boutiques is a combination of high-quality methods of working with candidates and HR managers [6, p.223]. With the introduction of advanced algorithms and methods of Big Data, Western companies have the opportunity to establish online communication between candidates and managers. The influence of Internet communication on the field of recruitment in Western organizations has real improvements and simplifications in the recruitment system [6]. In addition, it is the use of ICTs that allow the business sector to reduce costs and save time by approximately 87 % compared to traditional recruiting through newspapers and magazines [6].

Before considering the peculiarities of recruitment and selection of candidates in Russia, it should be noted that there is no specific national model or management concept. Russian management is a symbiosis of the European and Asian styles.

The Russian labor market is characterized by high competition, which leads to the need for companies to carefully approach the selection of personnel. To start with, it is essential to maintain a description of the Russian recruitment system by looking at some of the trends and methods that are commonly used among Russian companies.

Nowadays, the techniques established during the Soviet Union era are leaving the Russian market, being replaced by innovative ones. In modern Russia companies are using the following recruitment tools to hire personnel like internal recruitment, online employment platforms, recruiting agencies, newspaper advertising and recommendations from acquaintances. The approaches directly depend on the intended vacancy, the company's cultural norms and the financial component [9]. However, according to Denisova-Schmidt [9], in Human Resource Management in Russia the most widely used method is interviewing. Apart from that, soft skills come in the first position. The ambition of the future employee, determination and ability to work in a team are appreciated. The emphasis is on valuable personal characteristics that can be useful for companies in the future. Among the scientists considering the above mentioned issues are Fey [10], Gurkov [11] and Denisova-Schmidt [9]. The presence of a set of criteria among Russian managers is very doubtful, more often they prefer to make decisions based on their intuition during the hiring process.

The provision of educational credentials takes a back seat. Like Western companies, Russian organizations require candidates to fill out resumes with basic data, e.g. previous job experience, language knowledge or computer skills. The practice of checking references/recommendations from previous jobs is also used, but consultation without the written consent of the future employee is not possible without his written confirmation¹.

In Russian companies, the practice of integration financing for recruitment has not much sympathy, unlike the Western ones. In some aspects this is due to the cultural and mentality differ-

ences. At the moment, we can suppose that managers see no need for it, although it has a direct impact on the quality of the recruitment process.

By contrast to the Western approach, various tests are also not popular in most Russian companies as selection tools. Occupational tests are difficult to develop, as many organizations are considered unique and customized to the specific needs of a particular company.

According to the Russian labor law², the usage of probationary period is obligatory on the territory of the Russian Federation. In view of this, a three-month for non-managerial and managerial positions or six-month for senior management probationary period is used after someone has been hired to evaluate a new employee before entering into a long-term relationship.

Therefore, it can be seen that interviews and probationary periods are the two methods that are thought to be reliable and effective. Interviews are usually based on two step-by-step stages. The first one is conducted by a human resources manager. This interview is often very formal and helps to fill in a "job form" with the applicant's personal information. No major decisions are made at this stage. However, if the HR-manager discovers some strange facts in the applicant's biography, they should share suspicions with the company's security manager. With a positive response from the HR manager, the candidate moves on to an interview with the supervisor. The second step is conducting conversation with the future direct supervisor which remains, in most cases, very informal. For the candidates entering the labor market for the first time, the main purpose of the interview is to demonstrate the qualities that Russian managers value the most: reliability, dependability, obedience, modesty and willingness to work hard [11].

The final stage, according to [11], is the probationary period and socialization of the candidate in the company environment. The probationary period in Russia is still seen not as the beginning of real employment, but as a way for employers to save money on wages and benefits. Indeed, Russian employers nowadays prefer not to

¹ Labor Code of the Russian Federation. 30.12.2001. N 197-FZ (ed. from 04.08.2023, with amendments. from 10/24/2023). Article 88.

² Labor Code of the Russian Federation. 30.12.2001 N 197-FZ (ed. from 04.08.2023, with amendments. from 10/24/2023). Article 77.

draw up contracts with a special probationary period clause, which cannot last more than three (six months for managers) and must have strict criteria. Instead, they force employees to sign special temporary contracts separately for the probationary period. In these contracts, wages are usually minimal. Temporary employees are also excluded from all social benefits offered to regular employees. Such a contract can be terminated at any time and without cause. Unfortunately, this practice is really widespread among Russian employers. A large number of people in the Russian Federation agree to such conditions in a way of lack of alternative offers.

According to Kim [14], hiring personnel based on recommendations prevails in the Russian labor market. This practice is most common in Russian companies. This is due to the biased evaluation of the candidate, taking into account personal relationships rather than professional characteristics. However, despite the fact that the outcome of hiring is very often not supported by the candidate's qualifications and skills, employers at their enterprises use this practice as the most popular among the population.

Despite the fact that Russian legislation guarantees protection against unfair differentiation by age, gender, religion and race, contrary to existing laws³, stereotypes based on that kind of differences are still taken into account in a process of selecting applicants for some vacancy. This practice is relevant in the context of a modern recruitment system. Thus, it is considered to be a common norm for employers to set the maximum acceptable age of an employee at 45–50. In their opinion, the heyday of professionalism and employability falls exclusively on the age group from 30 to 45, and after reaching the marked threshold a decline allegedly begins.

In the modern hiring practices there are also gender patterns and limitations. Men, for the most part, apply for leadership positions. The female part of the population is predicted to succeed as middle-class referents and assistants. In most Russian practices there is an idea that women will efficiently fulfill all official regulations due to their attentiveness, diligence and talent for establishing dialogues and searching for compromises. But men, by default, are perceived as spe-

cialists in technical computing and analysis, in terms of security, as well as financial management. Due to the persistence of such prejudices, companies often pass by quite talented applicants for a place, losing a lot of prospects for their own growth in the long-term horizon. In addition to the said above, there are also such serious omissions as:

1. The lack of a well-formed market and strict recruiting professionalism, which is why ordinary non-professional employees are often engaged in the selection of personnel-combined.

2. Periodically, due to excessive requirements for applicants for a vacant position, organizations face a shortage of professionals in special regional market segments.

3. An extremely weak regulatory framework has been developed (laws, regulations, law enforcement of briefings), which would enshrine the principles and standards of employment by legislation.

It should be noted, there are the negative aspects associated with the shortcomings in the implementation of modern approaches to the search process and the training of personnel [12]. Nowadays recruitment specialists use classical individual testing, most of them are Western ones, which does not give an idea of the totality of professionally important and personal-psychological characteristics of a specialist. Instead of inventing new methods, recruiters are exploiting the standard questionnaire, which is not completely adapted to the Russian specifics [13]. Therefore, such interviews often turn out to be formal, which in turn violates the chain of command and the complete formal style of the conversation.

In conclusion, it should be summed up that employment itself is an important factor in the economic development of any country. It is a key element of the system of industrial relations, being the indicator of the country residents' living standard. Taking this into consideration, it would be wise for Russia to adopt the thoroughness of analyzing application documents practiced in the Western countries. This approach will enable the immediate identification and elimination of unsuitable candidates, thus saving valuable time and resources. Furthermore, adhering strictly to legislation during the probationary

³ Labor Code of the Russian Federation. 30.12.2001 N 197-FZ (ed. from 04.08.2023, with amendments. from 10/24/2023). Article 3.

period will also prove advantageous. Unfortunately, Russian enterprises often overlook this crucial aspect, utilizing it to their own advantage, ultimately damaging their reputation in the long term. Foreign organizations, unlike the Russian ones, have an understanding that it is necessary to spend a sufficient amount of time and money to find the right personnel, because the costs associated with the dismissal of unsuitable employ-

ees and a consequent search for candidates is a more costly process. Organizations need to engage not only in recruitment, but in hiring management in order to remain competitive and maximize profits. Thus, in order to improve the Russian recruitment practices, it is necessary to create various developments, procedures or additions to the existing recruitment methodology in the future.

Список источников

1. Ryan A.M., Ployhart R.E. A century of selection // Annual Review of Psychology. 2014. № 65 (1). P. 693–717. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115134>.
2. Markoulli M. P., Lee C. I. S. G., Byington E., Felps W. A. Mapping human resource management: Reviewing the field and charting future directions // Human Resource Management Review. 2017. № 27 (3). P. 367–396. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2016.10.001>.
3. Nikolaou I. What is the Role of Technology in Recruitment and Selection? // The Spanish journal of psychology. 2021. № 24. e2. P.1–6. <https://doi.org/10.1017/SJP.2021.66>.
4. Montuschi P., Gatteschi V., Lamberti F., Sanna A., Demartini C. Job recruitment and job seeking processes: How technology can help // IT Professional. 2014. № 16 (5). P. 41–49. <https://doi.org/10.1109/MITP.2013.62>.
5. Obaid I., Farooq M.S., Abid A. Gamification for recruitment and job training: model, taxonomy, and challenges // IEEE Access. 2020. № 8. P. 65164–65178. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2984178>.
6. Abdul C., Wang W., Li Y. The impact of technology on recruitment process // Issues in Information Systems. 2020. Vol. 21. № 21 (4). P. 9–18.
7. Sołek-Borowska C., Wilczewska M. New technologies in the recruitment process // Economics and Culture. 2018. № 15 (2). P.25–33.
8. Karakanian M. Are human resources departments ready for E-HR? // Information Systems Management. 2000. Vol. 17 (4). P. 31–35. <https://doi.org/10.1201/1078/43193.17.4.20000901/31250.6>.
9. Denisova-Schmidt E. The transfer of western human resource practices to Russian subsidiaries. Department für Fremdsprachliche Wirtschaftskommunikation, WU Vienna University of Economics and Business. WU Online Papers in International Business Communication / Series One: Intercultural Communication and Language Learning. 2008. №. 2. <https://doi.org/10.57938/735f90bb-81ad-4307-95b5-e412cad6e690>.
10. Fey C., Engström P., Björkman I. Doing Business in Russia: Effective Human Resource Management Practices for 5 Foreign Firms in Russia // Organizational Dynamics.1999. Vol. 28.2. P. 69–79.
11. Gurkov I. Innovations and Legacies in Russian Human Resource Management Practices: Surveys of 700 Chief Executive Officers // Post-Communist Economies. 2002. Vol. 14.1. P. 137–144.
12. Kim D.V. Analysis of the features of Russian recruiting / Young scientist. 2014. № 8 (67). P. 491–493. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/67/11225/> (дата обращения: 17.02.24).
13. Maslov V. I. Prospects for the development of strategic HR management in the Russian Federation // Management in Russia and abroad. 2009. № 1. P. 25–27.

Information about the Authors / Информация об авторах

Polina D. Kushnareva,
Student,
Baikal School of BRICS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
polinakushnareva13@mail.ru

Natalia A. Korepina,
Cand. Sci. (Philology), Associate Professor,
Associate Professor of Humanities Department,
Baikal School of BRICS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
cosmir@yandex.ru

Кушнарева Полина Дмитриевна,
студент,
Байкальский институт БРИКС,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
polinakushnareva13@gmail.ru

Корепина Наталья Алексеевна,
к.ф.н., доцент,
доцент департамента гуманитарных наук
Байкальского института БРИКС,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
cosmir@yandex.ru

К вопросу о памяти как инструменте для овладения новыми знаниями и навыками

© Л.В. Молокова, В.С. Молоков

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье затрагивается вопрос развития и совершенствования памяти, как неотъемлемого инструмента для овладения необходимыми знаниями и навыками. Известно, что в любой отрасли, будь то строительство дорог или журналистика, ценится специалист с высоким уровнем интеллекта. Сегодня многие компании делают ставку именно на молодых специалистов, так как их эффективная деятельность в сочетании с энергией, наличием новых теоретических знаний, отсутствием стереотипов в мышлении является одним из самых действенных факторов развития общества. Президент Российской Федерации Владимир Путин на Всемирном фестивале молодежи и студентов заявил, что будущее за профессионалами, которые способны накапливать знания из совершенно разных областей науки и обладают креативным плановым и другими видами мышления. Важную роль в развитии личности играет ее интеллектуальный уровень – память, внимание, мышление. В статье приведены отдельные сведения из научной и учебной литературы для лучшего понимания такого когнитивного процесса как память. Даны отдельные характеристики памяти. Она бывает визуальной и моторной. По временным характеристикам: долговременной, оперативной и непосредственной. У разных людей преобладают различные виды памяти. Для человека важно формирование всех ее видов. Многочисленные исследования показывают, что развитие и совершенствование памяти зависит от многих причин, начиная с физического здоровья и заканчивая умением пользоваться приемами запоминания.

Ключевые слова: мозг, память, развитие памяти, приемы запоминания

On the issue of memory as a tool for mastering new knowledge and skills

© Lada V. Molokova, © Vladimir S. Molokov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article touches upon the issue of developing and improving memory as an integral tool for mastering the necessary knowledge and skills. It is known that in any industry, whether it is road construction or journalism, a specialist with a high level of intelligence is valued. Today, many companies rely on young specialists, since their effective activities in combination with energy, the presence of new theoretical knowledge, the absence of stereotypes in thinking is one of the most effective factors in the development of society. Russian President Vladimir Putin at the World Festival of Youth and Students said that the future lies with professionals who are able to accumulate knowledge from completely different fields of science and have creative planned and other types of thinking. An important role in the development of the personality is played by its intellectual level - memory, attention, and thinking. The article provides selected information from scientific and educational literature for a better understanding of such a cognitive process as memory. The article gives individual characteristics of memory: memory can be visual and motor; according to temporal characteristics, memory is long-term, operational and immediate. Different types of memory prevail in different people. For a person, the formation of all types of memory is important. Numerous studies show that the development and improvement of memory depends on many reasons from physical health to the ability to use memory techniques.

Keywords: brain, memory, memory development, memorization techniques

*Возможность новой
жизни зависит от того,
как Вы отнесетесь
к старым истинам.
Александр Лези*

Данная работа не претендует на исследование такой сложной системы, как человеческий мозг и изучение такой важнейшей функции головного мозга как память. Цель работы –

обратить внимание на необходимость развивать и совершенствовать то, что английский физиолог Грей Уолтер в своей книге «Живой мозг» назвал постоянно горящей свечой – память. Чтобы эта «свеча» горела как можно дольше, нужно активизировать процессы, обеспечивающие высокое ее качество. Ведь хорошая память – это незаменимый инструмент в обучении, труде и повседневной жизни.

Память один из основных познавательных процессов, та основа, на которой строится любое психическое явление. Образы внешнего мира, возникающие в процессе постоянного взаимодействия человека с миром, без памяти переживались бы им как впервые возникшие [1]. Или как сказал С.Л. Рубинштейн: «...мы были бы существами мгновения. Наше прошлое было бы мертво для будущего, настоящее по мере его протекания, безвозвратно исчезало бы в прошлом» [2]. Человек без памяти вряд ли может считаться полноценным, пример тому история мужчины, который потерял память в 1953 г. Этот случай изучала группа ученых из Монреальского неврологического института, а с 1966 г. из Массачусетского технологического института. Им выпала редкая возможность поработать с этим пациентом. Благодаря чему исследователи многое узнали о когнитивной и нейронной организации памяти [3].

Двадцатисемилетний пациент, известный в научной литературе как Генри Молашен, после операции на головном мозге потерял память, т. е. способность запоминать и сохранять события, происходящие с ним. Через 10 мин он забывал все, что видел или слышал. Его мозг не формировал новых воспоминаний. Генри Молашен прожил довольно долго, он умер в 82 года. Но был недееспособным и вынужден всю оставшуюся жизнь провести в клиниках. Вместе с потерей памяти Генри Молашен лишился восприятия времени и способности меняться, совершенствоваться. Старая, Генри Молашен не запоминал изменений внешности и до самой смерти считал себя двадцатисемилетним. Его лексический запас не пополнился ни одним словом, он не мог запомнить ни одного нового визуального образа. Тем не менее ему удавалось запоминать то, что было связано с двигательной (моторной) памятью. Генри Молашен научился играть на гитаре, но не помнил, откуда он знает эту музыку. Случай этот уникален. Для человека без памяти останавливается время, а соответственно и жизнь. Восприятие окружающего мира, существование в нем невозможно без памяти. Именно она дает нам время. Там, где нет памяти, нет и восприятия времени [3]. Совершенно очевидно, что человек должен сохранять и приумножать тот био-

логический феномен, которым так щедро наградила его природа.

В «Маленькой книжке о большой памяти» известный нейропсихолог А.Р. Лурия описал человека с удивительными способностями. С.В. Шерешевский (1892–1958) мог в точности воспроизвести любой день и час своей жизни. За 30 лет наблюдений за этим человеком психологи так и не смогли найти верхних границ его памяти. В книге подробно разбираются как достоинства, так и недостатки, сопутствующие проявлению таких способностей, влияние их на личность и образ жизни их носителя, а также приемы, которые использовал мнемонист для более точного восприятия, запоминания и воспроизведения информации [4].

Другую историю о человеке, который после падения с лошади приобрел удивительную суперспособность навсегда запоминать все, что чувствовал, видел, слышал, осязал, мы найдем в рассказе Хорхе Борхеса «Фунес, чудо памяти». Рассказ был написан в 1942 г., в нем автор размышляет об «эффекте Фунеса» (сегодня упоминание об «эффекте Фунеса» можно встретить в социологии и психологии). Иренео Фунес – главный герой произведения, его имя стало нарицательным. Борхес в своем произведении делает вывод, что помнить все – это тяжелое бремя для человека. А мыслить – это значит «забывать о различиях, обобщать, абстрагировать». Здесь рассказ Борхеса перекликается с философским утверждением Рене Декарта: «Мысль, следовательно, существую». К примеру, мнемонические техники с помощью эйдетики позволяют воспринимать большие объемы информации. Эйдетика (от греческого «эйдос» – образ) – уникальная технология развития образного мышления, позволяющая воспринимать большие объемы информации. Это, конечно, необходимо для развития памяти. Но смысл развития памяти в том, чтобы запоминать осознанно и то, что необходимо. Известный персонаж повести Артура Конан Дойла «Этюд в багровых тонах» Шерлок Холмс говорил, что память – это чердак, который можно захлестать, а можно держать в чистоте и не допускать, чтобы туда попали ненужные вещи. Вряд ли «ненужными вещами» можно назвать элементарные знания физиологии и психологии. Поэтому обратимся к научной и учебной литературе.

Человеческая память – это огромное количество бит. По оценке гениального физика и математика Джона Фон Неймана общая информационная емкость мозга колоссальна и составляет десять с двадцатью нулями единиц информации, что сопоставимо объему информации всех томов Российской государственной библиотеки (47,1 млн. экз.) [5]. Объем памяти человеческого мозга приближается к нескольким петабайтам информации, а сами нейроны гиппокампа сочетают низкий уровень энергопотребления с высокой производительностью [6]. Гиппокамп – это часть лимбической системы головного мозга, тот отдел, который отвечает за память, обучение и эмоции. Лимбическую систему считают нервным субстратом памяти, хранящей приобретенный опыт, а главной структурой, осуществляющей функцию памяти, как утверждают ученые, является гиппокамп. Двустороннее повреждение медиальной поверхности височных долей вызывает тяжелые расстройства памяти: наступает ретроградная амнезия (больной полностью забывает события, предшествовавшие этому повреждению), ухудшается способность запоминать новое, резко страдает кратковременная память. Двустороннее поражение гиппокампа вызывает синдром, при котором выпадает кратковременная память, в то время как сохранность старых и хорошо упроченных в прошлом опыте индивида следов остается [7].

Таким образом, здоровый мозг является самым эффективным устройством для вычислительной работы и хранения памяти. Но с течением лет «болванки» памяти уменьшаются, хотя некоторые специалисты говорят, что объемов памяти у человека хватит на то, чтобы включить видеозапись с хорошим качеством и 300 лет записывать все то, на что он смотрит [8]. Но не все так просто. Пожилые люди отличаются косностью мышления, они не готовы ничего менять, для них является огромным стрессом переезд из одной квартиры в другую. Если для ребенка день – целая жизнь, то в пожилом возрасте у человека теряется ощущение дня, объем памяти забывается однотипными действиями и эмоциями. Как сохранить память? Развить ее? Как пользоваться ей? Для начала приведем некоторые сведения о видах человеческой памяти.

П.П. Блонский классифицировал виды памяти по характеру психологической активности: двигательная, эмоциональная, образная и словесно-логическая. Эти виды памяти не существуют независимо друг от друга, и пребывают в тесном взаимодействии. Тем не менее, Блонский смог дать определение каждому отдельному виду памяти:

– двигательная (или моторная) память – это запоминание, сохранение и воспроизведение движений (без нее невозможно формирование любых практических навыков – письма, ходьбы, езды на велосипеде, плавания);

– эмоциональная память – заключается в способности мозга запоминать и воспроизводить чувства (эмоции всегда связаны с потребностями и интересами человека, поэтому эмоциональная память играет огромную роль в его жизни);

– образная память – это память на картинки, образы, сформированные с помощью процессов восприятия через различные сенсорные системы: вкусовую, обонятельную и др. (это запоминание звуков, запахов, вкусов, ощущений);

– словесно-логическая память позволяет человеку воспроизводить мысли, которые возникают у него в процессе размышлений, помнить содержание прочтенной книги, просмотренного фильма и т. д. (т. к. мысль не существует без языка и речи, то память называется словесно-логической) [9].

По временным характеристикам память делится на мгновенную, кратковременную, оперативную, долговременную и генетическую.

Мгновенная или иконическая память непосредственно отражает образ информации, воспринятой органами чувств, и длится от 0,1 до 0,5 с. Кратковременная память связана с актуальным сознанием человека, из мгновенной памяти в нее попадает только то, что привлекает к себе повышенное внимание человека. Кратковременная память сохраняет информацию примерно 20 с. Объем кратковременной памяти определяют по количеству информации, которую человек способен точно воспроизвести после однократного предъявления, примерно составляет от пяти до девяти единиц информации. Важная особенность кратковременной памяти – это ее избирательность. Из мгновенной памяти в

кратковременную попадает информация, соответствующая актуальным потребностям и интересам человека [10]. Оперативная память сохраняет информацию в течение определенного промежутка времени, который необходим для выполнения каких-то действий или задач. Ее длительность от нескольких секунд до нескольких дней. Например, построение предложений в речи, планирование шахматных ходов, арифметические вычисления в уме. Долговременная память способна хранить практически неограниченный объем информации в течение длительного срока. Долговременная память связана с мышлением и волевыми усилиями. Генетическая память передается из поколения в поколение. Основным механизмом запоминания информации в таком случае – мутации и изменения в генных структурах. На генетическую память человек не способен оказывать какого-то влияния через обучение и воспитание [10]. Зрительная память связана с сохранением и воспроизведением визуальной информации. Такой вид памяти важен для людей любых профессий, особенно для художников или инженеров. То, что человек может себе представить визуально, то он легче запоминает и воспроизводит. Слуховая память – это запоминание и воспроизведение разнообразных звуков: музыкальных, речевых. Такая память развита, как правило, у музыкантов, певцов и лингвистов. Особой разновидностью речевой памяти является словесно-логическая. Она связана с мыслью, логикой и словом. Словесно-логическая память присуща ученым, лекторам, преподавателям вузов и учителям школ. Люди, обладающие этой памятью, быстро и точно могут запомнить логику рассуждений, доказательств, смысл текста и т. д. [10].

Приемы сохранения и запоминания информации имеют свои особенности. Во многом «плохая память» объясняется не столько тем, что воспроизводимая информация не была запомнена, а тем, что человек не смог ее извлечь. Еще одно деление памяти в зависимости от цели деятельности на произвольную и произвольную объясняет некоторые моменты запоминания материала. Непроизвольное запоминание происходит автоматически, неосознанно, без волевых усилий человека. Так же отсутствует цель что-то за-

помнить. В произвольном запоминании как раз ставится мнемическая задача и сам процесс запоминания требует волевого усилия. Непроизвольное запоминание не всегда слабее, чем произвольное, а часто и воспроизводится лучше, чем та информация, которая заучивалась.

У разных людей преобладают различные виды памяти. Например, у художников хорошо развита зрительная память, а у музыкантов – слуховая. Большинство же людей имеют смешанную память, то есть у них в той или иной степени присутствуют элементы всех трех типов памяти. В таком случае полезно пользоваться всеми приемами запоминания: чтением, письмом, аудированием, пересказом. Важную роль здесь играет синергетический эффект [10]. По данным психологии восприятия, человек с любым типом памяти усваивает материал значительно лучше тогда, когда он гибко использует все три основных способа запоминания (зрительный, слуховой и двигательный), чем при использовании только одного, доминирующего (скажем, двигательного). Основное, что влияет на память – это важность информации. Чем значительней для нас та или иная информация, тем быстрее мы ее запоминаем.

Тем, кто хочет заняться развитием памяти, пожалуй, можно начать с прочтения книги Тони Бьюзена «Супер-память». Книга содержит в себе методики, позволяющие запомнить колоссальный объем информации быстро и надолго. Существует множество методик и приемов для развития памяти. Выделим основные.

Ментальные карты, Mind maps или интеллект-карты – это техника визуализации мышления. Конспект образами. Основная мысль, идея рисуется в центре, а все дополнительное – вокруг. Ментальные карты помогают запоминать большое количество информации. Этот способ поможет людям с любым видом памяти, т. к. содержит в себе все компоненты – визуальный, слуховой и моторный.

Прием гиперестезии. Гиперестезия (hyperaesthesia) – медицинское понятие, означающее повышенную чувствительность к раздражителям, сенситивность, ощущение. Феномен чувствительности, характеризующийся повышением чувствительности к действию на органы чувств физических стимулов, который

проявляется в возникновении субъективно более сильных ощущений без изменения модальности [11]. Одновременное включение в воображении всех видов чувств. Железная горка и прилипший к ней язык, лимон, яблоко, снег, погружение в прохладную воду. Человек, не привыкший к образному мышлению, мыслит плоско и плохо запоминает. Чем сильнее воображение, тем лучше память.

Принцип ассоциаций. Мало уметь представлять нужную информацию в виде визуальных образов, важно еще оперировать этими образами – производить с ними любые осознанные манипуляции в соответствии со своими целями. Для запоминания часто используют принцип ассоциаций, когда новое понятие соприкасается со старым. Например, если нужно запомнить имя человека лучше ассоциировать его с давним знакомым с таким же именем.

Рифмование и ритмичность. Хороший способ совершенствования памяти – заучивание стихов, песен, молитв, а один из способов обеспечить запоминание информации – это зарифмовать ее. Этот способ, используемый в некоторых мнемонических упражнениях, нашел широкое применение в средствах массовой коммуникации, в частности, в рекламе. Рифмованная реклама запоминается независимо от желания зрителя (слушателя). Например: «Молоко вдвойне вкусней, если это Milky Way» или «Мезим для желудка незаменим!», «Хлеба к обеду в меру бери, хлеб – драгоценность, им не сори!».

Даже простое чтение улучшает память, но при условии, что это будет качественная литература: научно-популярная или классика. Разгадывание кроссвордов, головоломок помогает поддерживать когнитивные способности в хорошей форме и не только в пожилом возрасте.

Тренирует память изучение иностранных языков, игра на музыкальных инструментах и вообще любая новая для человека деятельность. Это удлиняет жизнь, количество воспоминаний увеличивается, ощущение жизни становится более масштабным. Нужно каждый день делать что-то новое. Получать новую информацию, слушать новую музыку. Если рассказывать один и тот же анекдот, говорить одни и те же тосты, смотреть один и

тот же сериал, одну и ту же рекламу, в мозге возникает анатомическая сцепка. У многих включается система автопилота и на «не тормози», они отвечают «сникерсни!».

Так же методичное повторение информации помогает ее запомнить надолго. Например, студентам рекомендуется за три дня до экзамена прочитать изучаемую тему и сразу после этого повторить через определенные промежутки времени: 20 мин, 8 ч, далее – на следующий день перед ночным сном. Или: 20 мин, 2 ч, 24 ч, три дня, семь дней. Таким образом, информация записывается надолго.

Физическая активность и здоровый образ жизни положительно влияют на память и скорость мышления. Как сказал К.Д. Ушинский, важнейшее условие, которое повышает работу памяти, является здоровое состояние нервов, для чего необходимы физические упражнения. Кора головного мозга играет очень важную роль в осуществлении высшей нервной (психической) деятельности. Она представлена слоем серого вещества толщиной в среднем около 3 мм (1,3 – 4,5 мм). Обилие борозд и извилин значительно увеличивает площадь серого вещества головного мозга. В коре содержится около 10–14 млрд нервных клеток [12].

У нас в голове миллиарды нервных клеток! Нам дана потрясающая гигантская вселенная там, под черепной коробкой. И даже можно ничего не делать специально, не заниматься мнемотехникой, а просто вести здоровый образ жизни. Высыпаться, совершать пешие прогулки, заниматься спортом, правильно питаться. Казалось бы – тысячи миллионов нервных клеток в нашем мозге... Но! Средняя кружка пива убивает 1000 нервных клеток. Через гематоэнцефалический барьер в мозг попадают вредные вещества, в т. ч. этиловый спирт (C_2H_5OH). Мозг состоит из жира, который начинает «растворяться» под воздействием алкоголя. Момент опьянения – это ни что иное, как рассогласованность нервных клеток, они перестают между собой контактировать. После каждого глотка алкоголя наступают необратимые анатомические изменения.

Академик Ф.Г. Углов (советский и российский хирург, писатель, общественный деятель) прожил 103 года, в 100 лет он еще стоял у операционного стола. Углов был абсолютным трезвенником... Будет уместным приве-

сти цитату из его книги "Правда и ложь о разрешенных наркотиках": «Я хирург, я всю жизнь оперирую больных. И я видел то, чего не видят обычные люди. У человека нет такого органа, который бы не страдал от приема спиртных изделий – любых, не важно водка ли это, вино или пиво. Однако больше всех и тяжелее всех страдает мозг. Потому что там концентрация алкоголя максимальна. Если принять за единицу концентрацию алкоголя в крови, то в печени она будет 1,45, а в мозгу – 1,75. Я уж не буду подробно описывать страшную картину «сморщенного мозга» (у большинства просто выпивающих людей на вскрытии мозг сморщен, резко уменьшен в объеме, мозговые оболочки отечны, сосуды расширены, а извилины мозга просто сглажены), но при более тонком исследовании выясняется, что изменения в нервных клетках такие же резкие, как и при отравлении очень сильными ядами. Эти изменения необратимы. Что неизбежно сказывается на умственной деятельности. При этом страдают прежде всего самые

высшие, самые совершенные функции мозга, а низшие – примитивные, приближающиеся к подкорковым рефлексам, сохраняются дольше» [13]. Убедительно?

Итак, человеческая память обусловлена деятельностью нервных клеток – нейронов, которые в огромном количестве содержатся в гиппокампе. Ученые доказали, что в процессе запоминания информации легче всего усваиваются начало и конец (так называемый эффект края), а наиболее сложно – средняя часть. Информация лучше усваивается, если начинать с более простого. Повторять изучаемый материал важно через определенные интервалы. Непрестанное заучивание вплоть до полного запоминания нецелесообразно. Произвольное запоминание часто воспроизводится лучше, чем та информация, которая заучивалась. Бережное отношение к своей памяти, как к инструменту для освоения новых знаний, приемы мнемотехники могут позволить расширить объемы необходимой информации и помочь в учебе и карьерном росте.

Список источников

1. Савельев А.Е. Память как основа психики человека // Монография: Естествознание. 2022. Режим доступа: http://samlib.ru/s/sawelxew_a_e/memory-1.shtml (дата обращения: 29.05.2024).
2. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2000. 712 с.
3. Corkin S. What's new with the amnesic patient H.M.? // Nature Reviews. 2002. Vol. 3. P. 153–160. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/nrn726> (дата обращения: 17.04.2024).
4. Лурия А.Р. Маленькая книжка о большой памяти (Ум мнемониста). М.: Эйдос, 1994. 102 с.
5. Данилов Ю.А. Джон фон Нейман. М.: Знание, 1990. 64 с.
6. Пашкевич С. Информация и формирование памяти // Наука и инновации. 2018. № 12 (190). С. 17–22.
7. Ходос Х.-Б.Г. Нервные болезни: Руководство для врачей. М.: Медицинское информационное агентство, 2013. 616 с.
8. Ивашко О. Может ли у человека закончиться память? // Аргументы и факты в Беларуси. 2020. № 22. Режим доступа: https://aif.by/dontknows/mozhet_li_u_cheloveka_zakonchitsya_pamyat?ysclid=lwq3wklhna909794239 (дата обращения: 17.04.2024).
9. Блонский П.П. Основные предположения генетической теории памяти. М.: ЧеРо, 2014. 213 с.
10. Мальцева Н.Н. Синергетический подход к формированию субъектно-смыслового отношения к обучению // Система ценностей современного общества. 2009. № 5–1. С. 60–63.
11. Самостиенко Е.В. Гиперестезия как отстранение: рефлексивность и (микро)воображение в русской поэзии XIX–XX вв // Вестник Московского университета. Серия 9. Филология. 2022. № 2. С. 163–172.
12. Сапин М.Р. Анатомия человека. М.: Просвещение, 1995. 461 с.
13. Углов Ф.Г. Правда и ложь о разрешенных наркотиках. М.: Концептуал, 2020. 256 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Молокова Лада Владимировна,
старший преподаватель кафедры
рекламы и журналистики,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
la_dushka_m@mail.ru

Lada V. Molokova,
Senior Teacher,
Advertising and Journalism Department,
Economics, Management and Law Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
la_dushka_m@mail.ru

Молоков Владимир Сергеевич,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
v-mols@mail.ru

Vladimir S. Molokov,
Postgraduate Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
v-mols@mail.ru

Координационные способности у студентов вуза в их будущей профессиональной деятельности

© В.А. Бернгард, Л.Д. Рыбина, Е.А. Койпышева, М.А. Артемьева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Современный труд в любой сфере производства требует значительного напряжения умственных, психических и физических сил, повышенной координации движений у работников. При этом в каждой профессии необходим свой уровень развития психофизических качеств, свой перечень профессионально-прикладных умений и навыков. Успешность овладения двигательными действиями и их совершенствование зависят в первую очередь от координационных способностей. В данной статье выявляется их уровень развития у будущих специалистов разных направлений подготовки в Иркутском национальном исследовательском техническом университете. Исследование было проведено в два этапа, в котором приняли участие 704 человека. На первом этапе у молодых людей, обучающихся на старших курсах, были определены специфические координационные способности, которые необходимы в будущей профессиональной деятельности. На втором этапе проведен мониторинг для определения уровня развития этих способностей обучающихся, при помощи четырех двигательных тестов. В результатах, полученных в ходе тестирования, отмечается, что в первом и втором испытаниях у большинства обучающихся низкий показатель развития данных способностей. При этом после выполнения третьего и четвертого – у большинства обучающихся выявлен средний их уровень.

Ключевые слова: координационные способности, обучающиеся, тестирование

University students' coordination abilities in future professional activity

© Valeria A. Bernhard, Lyudmila D. Rybina,
Elena A. Koipysheva, Maria A. Artemyeva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Modern labour in any sphere of production requires a significant strain of mental, psychic and physical forces, increased coordination of movements among workers. At the same time, each profession requires its own level of development of psychophysical qualities, its own list of professionally applied skills. The success of mastering motor actions and their improvement depend primarily on coordination abilities. This article reveals the level of development of coordination abilities among future specialists in various fields of training at the Irkutsk National Research Technical University. The study was conducted in two stages, in which 704 people took part. At the first stage, young people studying in senior years were identified with specific coordination abilities that are necessary in future professional activities. At the second stage, monitoring was carried out to determine the level of development of students' coordination abilities using 4 motor tests. Analyzing the results obtained during testing, it is noted that in the first and second tests, the majority of students have a low level of development of coordination abilities. Moreover, after completing the third and fourth tests, the majority of students showed an average level.

Keywords: coordination abilities, students, testing

Введение

Важным направлением деятельности специалистов физической культуры и спорта является использование физической активности для профилактики негативных воздействий на организм человека механизации труда и условий быта. Актуальным является исследование функциональных возможностей здорового человека и резервов повышения его работоспособности в различных условиях [1].

Профессиональная подготовка обучающихся в высших учебных заведениях к трудовой деятельности предполагает развитие и совершенствование физической подготовленности, физического развития, психофизиологических способностей и повышения уровня здоровья будущего специалиста. Физическое воспитание студентов – непрерывная составная часть высшего образования, результат комплексного педагогического воздействия на

личность будущего специалиста в процессе формирования его профессиональной компетенции и одно из средств подготовки человека к трудовой деятельности и адаптации к социальной среде. Такой специалист должен обладать высоким потенциалом социальной отдачи, профессиональной надежности и дееспособности [2].

Двигательную деятельность человека, его трудовую активность определяют такие компоненты, как мышечная сила, выносливость, быстрота, координация движений, способность к концентрированному и устойчивому вниманию, реакция выбора и другие прикладные психофизические качества. Успешность овладения и совершенствования двигательными действиями, умениями и навыками зависят в первую очередь от координационных способностей, которые обуславливаются не только морфофункциональными возможностями организма, но и свойствами центральной нервной системы, и особенностями сенсорных процессов. Они бывают: специальные (отдельные группы двигательных действий) и специфические (способность к равновесию, к ориентированию, реагированию, дифференцированию параметров движения). Также определяются их сочетания: к ориентированию и дифференцированию, к реакции и ориентированию, к перестроению и ритму [3]. Проблема физических (двигательных) способностей – одна из наиболее значимых в педагогике, психологии, физиологии физического воспитания, спорта и одновременно предмет непрекращающихся дискуссий. Последние исследования показали, что в связи с научно-техническим прогрессом многие виды практической профессиональной деятельности не требуют значительных затрат мышечных усилий, но ставят необходимые условия быстрого восприятия обстановки, переработки за короткий промежуток времени полученной информации и очень точных действий по пространственным, временным и силовым параметрам. Справиться со всем этим будущим специалистам помогают хорошо развитые координационные способности, которые требуют проявления находчивости, быстроты реакции, способности к концентрации и переключению внимания, динамической точности движений и их биомеханической рациональности [4–6].

Под координационными способностями подразумевается быстро, точно, целесообразно, экономно, находчиво и наиболее совершенно решать двигательные задачи (особенно сложные и возникающие неожиданно), преобразовывать выработанные формы действий или переключаться от одних к другим соответственно требованиям меняющихся условий. Между общими и специальными координационными способностями существует определенная связь и всевозможные их сочетания: способность к выносливости и ориентированию, способность к гибкости и согласованию, силовые способности и способность к дифференцированию и т. д. Развиваясь в процессе деятельности, требующей не только их проявления и определенного режима выполнения, они неотделимы от двигательных умений и навыков, то есть физических качеств [7–10]. Несмотря на имеющиеся в научной литературе материалы, которые отражают вопросы изучения координационных способностей, имеется ряд пробелов, которые затрудняют использование знаний по этому вопросу в практической плоскости. В частности, недостаточно полно освещены вопросы развития координационных способностей у студентов технического вуза в контексте их сравнительного анализа. Это не позволяет в полной мере использовать знания для реализации их при прохождении учебного курса физического воспитания.

Цель проведенного исследования заключалась в том, чтобы выявить уровень развития координационных способностей у будущих специалистов разных направлений подготовки в вузе.

Организация и методы исследования

Исследование в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИРНИТУ) за период с 2022 по 2023 учебный год было проведено в два этапа, в котором приняли участие 704 человека.

На I этапе в ноябре 2022 г. участвовали, как юноши, так и девушки третьих курсов пяти институтов ИРНИТУ: институт недропользования (ИН – 167 чел.); институт авиамашиностроения и транспорта (ИАМиТ – 177 чел.); институт архитектуры, строительства и дизайна (ИАСиД – 128 чел.); институт энергетики (ИЭ – 35 чел.); институт информационных технологий и анализа данных (ИИТиАД – 42 чел.).

На этом этапе методом опроса и анкетирования выявлялись какие специфические координационные способности необходимы в будущей профессиональной деятельности (технические направления подготовки).

На II этапе, в рамках Всероссийского фестиваля науки 19 октября 2023 г. в ИРНТУ организовывались дни науки. Преподаватели кафедры физической культуры на «Станции – наука для спорта» провели мониторинг (тестирование) для определения уровня координационных способностей у обучающихся разных направлений подготовки, пола, возраста (обучающиеся в ИРНТУ – 137 чел., Шелеховского лицея и Иркутского техникума индустрии питания – 18 чел.). Испытуемые выполняли четыре теста.

1. Тест для оценки динамического равновесия и способности к кинестезическому дифференцированию.

Оборудование: кольцоброс, три кольца, балансировочный диск.

Описание теста: из исходного положения стоя лицом к неустойчивой платформе (балансируочный диск), испытуемый в руках держит кольцо, по команде выполняет три поворота переступанием на 360° вокруг себя, встает одной ногой на балансировочный диск и бросает кольца на специально установленную невысокую шпалку (палку). Расстояние между испытуемым и палкой 2 м. Определяется количество попаданий (три попытки).

Результат: за каждый точный бросок начисляется 1 балл.

2. Тест для оценки статистического равновесия – «Проба Ромберга».

Описание теста: проба выполняется испытуемым в исходном положении стоя на одной ноге, согнутая другая нога стопой прижимается к колену опорной ноги (колено направлено вперед), руки вытянуты вперед. После принятия исходного положения испытуемый закрывает глаза. Определяется максимальное время его устойчивости при отсутствии зрительного контроля над равновесием.

Результат: более 46 с – 3 балла (высокий уровень), 21–45 с – 2 балла (средний уровень), менее 20 с – 1 балл (низкий уровень).

3. Тест для оценки способности к комплексной реакции – «Ловля линейки».

Оборудование: линейка длиной 40 см, стул.

Описание теста: сидя на стуле, лицом к спинке, испытуемый вытягивает перед собой на спинку стула прямую ведущую руку. Тестирующий держит на весу линейку, чтобы она располагалась отметкой «0 см» между большим и указательным пальцами. По сигналу тестирующий отпускает линейку, которую необходимо как можно быстрее поймать ладонью (сжать пальцы в кулак). Оценка скорости реакции испытуемого осуществляется по длине преодоленного линейкой расстояния в сантиметрах.

Результат: до 10 см – 3 балла (высокий уровень), 11–30 см – 2 балла (средний уровень), 31–40 см – 1 балл (низкий уровень).

4. Тест для оценки зрительно-моторной координации¹. Зрительно-моторная координация – это скоординированность реакции глаз с движением рук.

Описание теста: разработана компьютерная мини-игра, состоящая из 20 раундов от простого к сложному. В каждом раунде видно два шарика, ось и белый пунктирный круг. Шарик двигается вдоль оси, и цель испытуемого – остановить движущиеся шары внутри белого пунктирного круга. Шарик перестает двигаться при нажатии. Белый круг станет зеленым, если оба шара станут внутри круга, и желтым, если один из них становится внутри круга, а другой за его пределами. Если оба шара перемещаются за пределы круга, он становится красным. Нужно пройти все 20 раундов, чтобы завершить тест.

Результат: в конце тестирования на экране представляются результаты его проведения (ниже среднего – 1 балл, средний – 2 балла, выше среднего – 3 балла).

Результаты исследования и их анализ

На I этапе проведя опрос среди студентов третьих курсов выявили специфические координационные способности необходимые в будущей профессиональной деятельности (технические направления подготовки). Данные результаты представлены на рис. 1.

¹ Тест на зрительно-моторную координацию. Режим доступа: <https://www.arealme.com/eye-hand-coordination-test/ru/> (дата обращения: 15.02.2024).

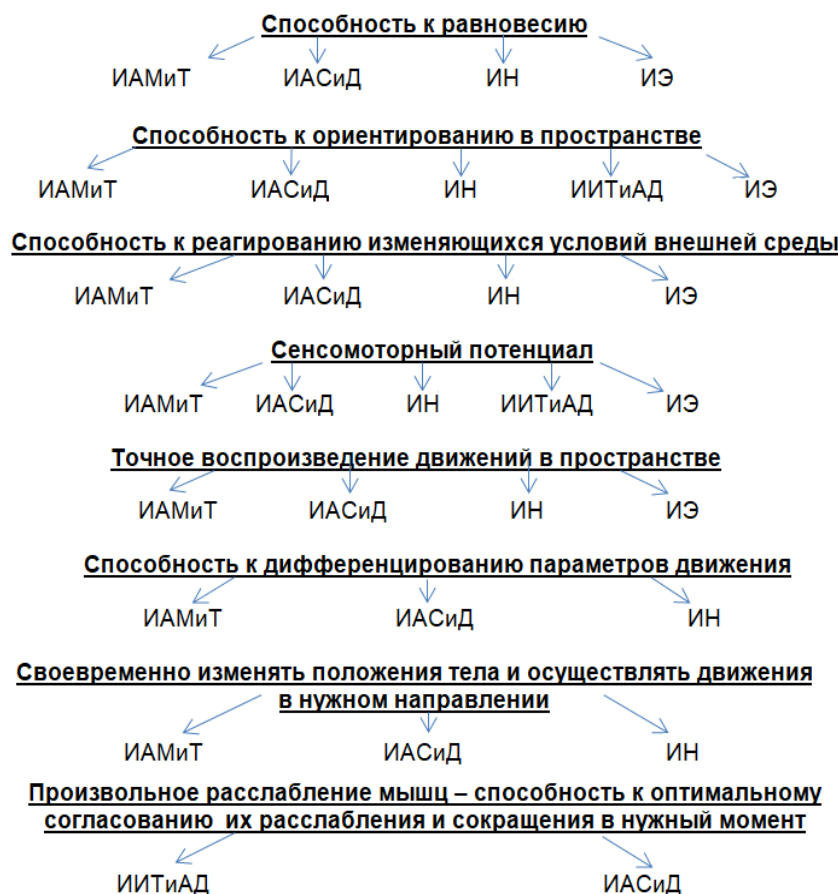


Рис. 1. Специфические координационные способности в будущей профессиональной деятельности (технические направления подготовки)

Анализируя результаты, полученные в ходе тестирования, можно отметить, что у большинства обучающихся, определяется низкий уровень развития в первом (54,2 % человек) и втором (49 % человек) тестах. В 3 и 4 тесте большее количество обучающихся показывают средние значения (у 68,4 % в третьем и 54,8 % в четвертом тесте).

Преподавателями кафедры физической культуры разработаны программы элективного курса по различным видам спорта для студентов: аэробика, спортивные танцы, волейбол, баскетбол, футбол и т. д. Все эти виды спорта направлены на развитие не только быстроты, силы, гибкости, выносливости, но и на развитие, совершенствование координационных способностей. На основе полученных результатов нами были разработаны практические рекомендации для развития координационных способностей у будущих специалистов во время занятий элективными курсами по физической культуре в ИРНИТУ.

В процессе физического воспитания обучающихся в вузе необходимо уделять наиболь-

шее внимание развитию этих способностей. Чем выше специальные, тем выше уровень развития общих координационных способностей, которые проявляются в трудовой, спортивной деятельности и в быту. Для развития координации на занятиях элективными курсами по физической культуре должны применяться упражнения, предъявляющие повышенные требования к согласованию и упорядочиванию движений, а также соответствовать следующим условиям: иметь необходимую координационную сложность для занимающихся; содержать элементы новизны, необычности; отличаться большим многообразием форм выполнения движений и неожиданностью решения двигательных задач; включать задания по регулированию, контролю и самооценке различных параметров движений (активизация работы отдельных анализаторов).

На II этапе была проведена работа по выявлению уровня координационных способностей обучающихся. Результаты тестирования представлены на рис. 2.

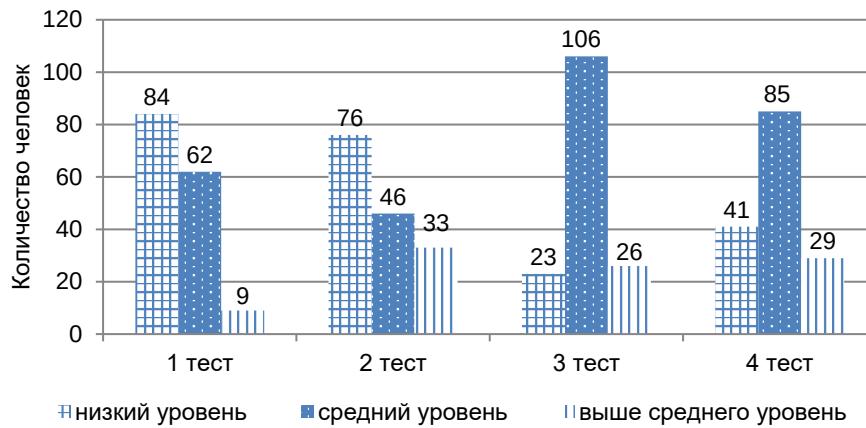


Рис. 2. Результаты тестирования

В качестве средств развития координационных способностей можно использовать разнообразные физические упражнения, отвечающие следующим требованиям: связаны с преодолением координационных трудностей; требуют от занимающихся правильности, быстроты, рациональности при выполнении сложных в координационном отношении двигательных действий; являются новыми и необычными; выполняются при изменении самих движений или условий. А также использование координационной лестницы – разные вариации в ходьбе, беге, прыжковые, со сменой направления лицом, спиной, боком.

Такие упражнения высокоэмоциональны и их с удовольствием выполняют занимающиеся, но полезны только при условии последовательного и целенаправленного выполнения, многократного и вариативного повторения.

Заключение

В практике физического воспитания необходимо знать, что физические способности – это задатки человека, которые заложены природой в каждом, но проявляются они в конкретном двигательном действии, у всех по-разному.

В современном высшем профессиональном образовании необходимо совершенствовать систему физического воспитания студентов, и, следовательно, направлять силы госу-

дарства и администрации вуза на решение проблем повышения уровня их здоровья, способствовать формированию у студентов осознания необходимости укрепления своего здоровья, расширение диапазона функциональных возможностей их организма и ценностной ориентации на повышение уровня своих физических кондиций.

Современный специалист должен быть ориентирован на развитие и укрепление здоровья, понимать необходимость получения в вузе не только профессиональных знаний, но и гармоничного развития, в том числе и физического. Значимые для многих профессий качества успешно можно формировать в процессе физического воспитания, так как на занятиях физической культурой и спортом создаются ситуации, вызывающие необходимость действовать осмысленно, сдержанно, целесообразно на фоне эмоционального возбуждения в стрессовой ситуации. Развитие координационных способностей остается довольно актуальной темой, они имеют большое значение в будущей профессиональной деятельности специалиста. Результаты исследования позволили не только определить уровень координационных способностей у обучающихся разных направлений подготовки, пола, возраста, но и в дальнейшем скорректировать учебный процесс по развитию этих способностей.

Список источников

1. Иванова Н.Г., Порубайко Л.Н., Воронин И.С., Светличная К.А., Серков А.С. Формирование потребности в занятиях физической культурой как основной фактор повышения уровня физической подготовленности будущих специалистов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2021. № 1 (191). С. 102–106.

2. Курбацкая Т.Б., Добротворская С.Г. Функциональные состояния личности инженера в процессе профессионализации // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2009. № 51. С. 60–207. Режим доступа: <https://kpfu.ru/chelny/science/sets/archive> (дата обращения: 15.02.2024).
3. Черных З.Н., Молодцова И.И., Борисенко Т.М. Физическая культура как фактор интеграции профессиональной подготовки студентов в будущую профессию // Вопросы профессиональной подготовки будущих учителей в условиях современного общества: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Шадринск, 24 ноября 2022г.). Шадринск, 2022. С. 260–270.
4. Егоров Д.Е., Олейник Е.Г., Куликова И.В. Физическая культура как фактор профессионализации будущих инженеров // Энергосберегающие технологии комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сб. статей (г. Белгород, 2014г.). Белгород, 2014. С. 427–430.
5. Ильков В.А., Руденко Т.Н. Методология поиска средств физической культуры как важного фактора эффективности подготовки к будущей профессиональной деятельности // Конференция АСОУ: сб. научных трудов и материалов научно-практических конференций. 2020. № 2–1. С. 204–211. Режим доступа: <https://asou-mo.ru/publications> (дата обращения: 15.02.2024).
6. Кулакова А.Н., Койпышева Е.А., Артемьева М.А. Динамика изменений физической подготовленности студентов технического вуза в зависимости от технологии их подготовки // Молодежный вестник ИрГТУ. 2021. Т. 11. № 1. С. 185–188. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2021/01> (дата обращения: 15.02.2024).
7. Лях В. И. Координационные способности: диагностика и развитие. М.: ТБТ Дивизион, 2006. 290 с.
8. Паначев В.Д., Шалапина М.А. Методика развития координационных способностей и двигательных качеств студентов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Образование. Педагогические науки. 2010. № 36 (212). С.104–108.
9. Салькова Н.А. Развитие координационных способностей детей старшего дошкольного возраста // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2017. Т. 2. № 3. С. 111–116.
10. Сулим А.С., Шустова Е.В. Исследование способности к равновесию у студентов факультетов физической культуры в процессе изучения раздела «акробатика» дисциплины «гимнастика» // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2021. № 11 (201). С. 446–451.

Информация об авторах / Information about the Authors

Бернгард Валерия Артемовна,
студент,
Институт авиационного строительства и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
berngard_valeria@mail.ru

Valeria A. Bernhard,
Student,
Institute of Aviation Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
berngard_valeria@mail.ru

Рыбина Людмила Дмитриевна,
старший преподаватель кафедры физической культуры,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
rybina.liuda2016@yandex.ru

Lyudmila D. Rybina,
Senior Lecturer, Physical Education Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
rybina.liuda2016@yandex.ru

Койпышева Елена Александровна,
старший преподаватель кафедры физической культуры,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
koip00@mail.ru

Elena A. Koipysheva,
Senior Lecturer, Physical Education Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
koip00@mail.ru

Артемьева Мария Александровна,
старший преподаватель кафедры физической культуры,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
koipysheva@mail.ru

Maria A. Artemyeva,
Senior Lecturer, Physical Education Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
koipysheva@mail.ru

Современные дети и их родители

© Е.Д. Букреев, И.И. Апончук

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена проблемам воспитания детей в современном мире, в частности особенностям взаимоотношений взрослых с детьми поколения Альфа (2010+). В статье отмечается, что сегодня родители пытаются быть на одной волне со своим ребенком, стараясь уделять больше внимания его особенностям и развивать его как личность. В случаях затруднений во взаимоотношении детей с разведенными родителями, буллингом в школе и другими проблемами современные родители все чаще прибегают к помощи специалистов-психологов, читают книги о воспитании детей. Свои детские травмы родители всегда проецируют на детей. Приводятся характеристики наиболее часто встречающихся типов родителей: невротиков, агрессивных, депрессивных, гиперопекающих, контролирующих, тревожных. Обозначены проблемы семьи после развода, неполных семей, в которых ребенка воспитывает только один из родителей. Рассматриваются ситуации завышенных требований отца и их последствия для психологического здоровья детей: неконтролируемая агрессия, социофобия, депрессия, неврозы, аутистические расстройства. Негативные последствия разводов и психологической нестабильности родителей могут быть преодолены созданием условий, при которых отдельно живущие родители в равной мере участвуют в воспитании детей и передают им свой положительный опыт. Таким образом, при осознанном поведении родителей, поддержке ими детей, применении наказаний в допустимых пределах и обучении управлению карманными деньгами, начиная с детства, можно добиться, чтобы ребенок сформировал свое мнение, смог самореализоваться и в дальнейшем перенести положительный опыт родителей на своих детей.

Ключевые слова: воспитание, поколение Альфа, невроз, семья, развод, компьютерные игры

Kids today and their parents

© Egor D. Bukreev, Irina I. Aponchuk

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the problems of raising children in the modern world, in particular the peculiarities of relationships between adults and children of the alpha generation. The article notes that today parents are trying to be on the same page with their child, trying to pay more attention to his characteristics and develop him as a person. In cases of difficulties in the relationship of children with divorced parents, bullying at school and other problems, modern parents are increasingly turning to the help of specialist psychologists and reading books about raising children. Parents' childhood traumas are their mistakes; they always project them onto their children. The article provides characteristics of the most common types of parents: neurotic, aggressive, depressive, overprotective, controlling, anxious. The article outlines the problems of the family after divorce, single-parent families in which the child is raised by only one of the parents. The article discusses the situations of excessive demands of the father and their consequences for the psychological health of children: uncontrolled aggression, social phobia, depression, neuroses, autistic disorders. The negative consequences of divorce and psychological instability of parents can be overcome by creating conditions under which separated parents equally participate in raising children and sharing their positive experiences with them. Thus, with the conscious behavior of parents, their support of their children, the use of punishment within acceptable limits and learning to manage pocket money, starting from childhood, it is possible to ensure that the child forms his own opinion, is able to self-actualize and subsequently transfer the positive experience of his parents to his children.

Keywords: education, generation Alpha, neurosis, family, divorce, computer games

Введение

Зарубежные психологи¹ называют детей, родившихся после 2010 г., поколением альфа². Они родились с гаджетом в руках, ходить, говорить и «серфить» по Интернету они учи-

лись одновременно. Проблемы взаимоотношений этих детей и их родителей интересны многим. Мы не сможем их решить, но попытаемся обозначить.

¹ Марк Маккриндл. Понимание и взаимодействие с поколением Z // Australian speakers bureau. Режим доступа: <https://www.australianspeaker.com/australian-speakers/mark-mccrindle/> (дата обращения: 10.04.2024).

² Что такое поколение Альфа и как с ним работать // Mango Office. Режим доступа: <https://www.mango-office.ru/products/calltracking/for-marketing/osnovy/pokolenie-alfa/> (дата обращения: 10.04.2024).

Родители этих детей – люди поколения Z, рожденные в 1982–2004 гг. Многие из них узнали о цифровых технологиях уже будучи взрослыми. Культура общения в семьях 90-х гг. была такова, что дети должны были следовать строгим правилам и нормам родителей без обсуждений и пререканий. Этот директивный подход к обучению и воспитанию требовал усердия, самостоятельности, дисциплины и подчинения [1]. Но дети, взрослея, не всегда перенимают ценности, навыки и характер своих родителей. В этом и есть конфликт поколений отцов и детей. Накопленный каждым поколением опыт определяет разные подходы к решению одних и тех же проблем.

В наше время особенность воспитания детей поколения Альфа состоит в высоком уровне развития информационных технологий и их свободном доступе к любой информации.

Этому в немалой степени способствует вовлеченность подростков в многочисленные социальные сети, умение найти и выделить из бесконечного контент-потока нужное, хорошая реакция, быстрота принятия решений, восприимчивость к любой информации, технологическая грамотность, способность общаться со сверстниками по всему миру. Психологи предполагают, что у этого поколения самой большой ценностью станет служение высоким целям, в фокусе их внимания семья и друзья. Доброжелательность и принятие окружающих заложили в общество их родители, зумеры, а поколение Альфа продолжит развивать эти устои. Это поколение будет осознанно исправлять ошибки предыдущих и беречь планету. Как слабая сторона – сокращение контактов с реальными людьми снижает спектр чувств, цифровая реальность учит наблюдать за чужими эмоциями, а свои прятать. В современном обществе стали уделять больше внимания самовыражению и развитию личности, родители стараются быть эмоционально близкими к своему ребенку, все больше прибегают к консультациям специалистов и обмениваются общей информацией с другими родителями [2]. Вот такая позитивная тенденция. Однако несмотря на большие информационные возможности современного воспитания, наблюдаются и проблемы, связанные, например, с проекцией

ошибок старшего поколения на своих детей. Психологические проблемы у самих родителей приводят к повышению уровня тревожности, росту случаев социальной изоляции и депрессии у наследников.

Компьютеризация детства

Это явление становится все более распространенным в наше время. Компьютерные игры стали оказывать значительное влияние на развитие личности ребенка, снижая детско-родительскую привязанность, начиная с ранних стадий развития [3].

Как правило, игры не требуют высокого интеллекта, что в дальнейшем приводит к снижению темпа развития ребенка по сравнению с другими детьми той же возрастной категории в докомпьютерное время. Регулярное использование информационной техники приводит к возникновению расстройств аутистического спектра, определяемых как гетерогенная группа заболеваний с различной этиологией и патогенетическими механизмами, связанными с нарушением коммуникации, проблемами в речевом развитии, трудностями с социализацией и развитием у ребенка однообразных желаний, касающихся предпочтений в выборе пищи, игрушек и мест проведения деятельности развлекательного характера [4].

На более поздних этапах развития ребенка ситуация усугубляется проявлениями повышенной раздражительности и агрессии в отношении родителей и других людей [5]. Наблюдается появление депрессий разной степени тяжести, ухудшение здоровья, в отдельных случаях социофобия и появление суицидальных мыслей.

Взаимоотношения с отцом

Часто проблемой в воспитании является недостаточное участие отца на всех этапах взросления ребенка. Некоторым мужчинам кажется, что они являются только кормильцами в семье, они считают, что их вклад в общее дело – это деньги, что ими можно заменить общение с детьми, проведение досуга, игры, повседневное участие в жизни ребенка, но это не так. Отец – это взрослый человек, на которого ребенок всегда может иметь возможность положиться, всецело довериться, найти у него защиту и поддержку. Только в таком

случае ребенок станет здоровым и уверенным в себе. Некоторым отцам кажется, что их ребенок недостаточно успешный, умный, сильный, не способен противостоять унижению, травле одноклассников (буллингу). По их мнению, ребенок должен только радовать, давать повод для гордости отца, поэтому они требуют постоянных успехов в учебе или спорте. В дальнейшем они пытаются реализовать свои несбывшиеся мечты в лице ребенка. Как правило, такой подход приводит к детским неврозам.

Взаимоотношения с матерью

По данным Минтруда сегодня в России около 4,85 млн неполных семей, в которых мать воспитывает ребенка одна. Таким образом получается, что каждого третьего ребенка в стране воспитывает женщина [4]. Девочки, выросшие в семье без отца, с недоверием относятся к мужчинам. Мальчики, выросшие без должного общения с отцом, вырастают инфантильными и неуверенными в себе, повзрослев, они часто повторяют его судьбу. Компенсировать ребенку отсутствие отца могут только бабушки или старшие братья.

Психологи различают несколько типов матерей, которые оказывают негативное влияние на ребенка. Их дети страдают от комплексов и неврозов. Известный семейный психолог М.А. Лабковский³ описывает следующие типы мам-невротиков:

1. Агрессивная мать. Она специально и ненамеренно запугивает ребенка, унижает, бьет ремнем, повышает голос, закатывает истерики. У такой матери дети могут вырасти агрессорами, либо трусами. Они подавлены, не принимают и не любят себя. Женская агрессия по отношению к ребенку, особенно к мальчику может сформировать недоверие к женщинам и склонность к ЛГБТ-контактам.

2. Депрессивная мать. У такой матери наблюдается постоянная усталость от ребенка, раздражительность, нежелание и невозможность полноценно общаться с ним. Женщина чувствует себя запертой, неподдельно страдает и срывается на ребенке. У ребенка нет самого главного, базового фактора – поддержки со стороны матери. Такие дети болеют от недостатка тактильного вни-

мания, прикосновений, объятий. Повзрослев, постоянно чувствуют неуверенность в себе, ненужность в этом мире. У ребенка в ответ может развиваться депрессия. Без материнской любви и поддержки невозможно вырастить счастливым человеком.

3. Тревожная мать. Тревожность еще более страшный недуг, чем агрессия. У тревожных матерей все по часам. Все страхи матери передаются ее детям. Мир в ее представлении – сплошная опасность. Все пытаются тебе навредить. Ребенок вырастает запуганным, недоверчивым, неприспособленным, избалованным. Страх жизни тормозит личностный рост и развитие.

4. Контролирующая мать. Мать-ревизор боится, что все выйдет из-под ее контроля. Свобода ребенка жестко ограничивается, за ним всегда нужен тотальный контроль. Как результат, ребенок растет безынициативным, вялым, не может обойтись без инструкций и указаний. Ему всегда трудно самому принять решение, нужна чья-то поддержка, чье-то мнение, совет. Такой ребенок легко попадает под чужое влияние, появляется риск стать наркозависимым.

5. Опекающая мать. Гиперопека – это избыточная забота. Ребенок – центр вселенной. Он ничего не знает и не умеет сам, вырастает несамостоятельным и беспомощным. Отказывается покидать родное гнездо, будучи взрослым. Не способен создать свою семью и самостоятельно принимать решения.

Разводы

Причиной разводов может быть множество факторов: разногласия в семье, измены, пагубные привычки, финансовые проблемы и т. д. [6]. Отдельно можно выделить случаи, при которых оба родителя после развода сохраняют близкие, позитивные и конструктивные отношения. Данный тип отношений является наиболее благоприятным, при котором оба супруга нацелены на равноценное продолжение участия в воспитании ребенка и заботе о нем [7]. Но даже в этом случае развод оказывает негативное влияние на психику ребенка, приводит к появлению невротических симптомов [8].

³ Михаил Лабковский. Психолог. Режим доступа: <https://labkovskiy.com/> (дата обращения: 10.04.2024).

На фоне эмоций в первый год после развода родителей дети демонстрируют агрессивное поведение во взаимодействии со сверстниками, становятся все более требовательными к родителям. Со временем ситуация может улучшиться за счет адаптации ребенка к сложившемуся положению и эмоциональный фон нормализуется. Воспитание ребенка одним родителем без участия второго приводит к значительным изменениям в психике ребенка, что в дальнейшем сказывается на построении взаимоотношений с противоположным полом, развитию зависимостей и сложностями с самореализацией в обществе. Отмечено, что ребенок, взрослея, симпатизирует людям с теми же психологическими проблемами, что и у родителя противоположного пола. Это во многом объясняет заключение брака с людьми, имеющими алкогольную, наркологическую и другие виды зависимостей [9].

Основы правильного воспитания

Построение гармоничных отношений в семье возможно только усилиями обоих партнеров, при этом они должны быть психологически благополучны или хотя бы стабильны. В ином случае добиться комфорта в семье не удастся. Следить за тем, как ребенок одет, обут и накормлен – это забота, но этого недостаточно для воспитания. К сожалению, многие родители считают иначе.

Достаточно остро стоит вопрос с чрезмерными переживаниями по поводу учебы и спорта. Многие родители критикуют и сравнивают своего ребенка с другими детьми, что категорически неправильно [10]. Нет необходимости ругать отпрыска, куда лучше поддерживать его, чтобы в дальнейшем он старался исправить ситуацию, при этом оставался спокойным, зная, что у него есть поддержка со стороны родителей.

Наказание является важной частью воспитания, но наказывать тоже нужно правильно. Для этого необходимо четко разделять ребенка и его поступок. Любая не выполненная работа по дому или не сделанные уроки по причине использования гаджетов должны приводить к запрету их использования на определенный промежуток времени. Любой конфликт желательно разрешать без повышения голоса и обвинений. Говорить необходимо только про себя и про свое отношение к случившемуся, избегая оценочных суждений в адрес ребенка.

Неотъемлемой частью воспитания является умение управлять карманными расходами и закладывается этот навык на ранних стадиях развития. Примерно с шести лет у ребенка должны появиться первые карманные деньги. Их количество должно регулироваться успеваемостью и поведением, но не становиться инструментом для манипуляций. Необходимо регулярно выдавать небольшую сумму и не контролировать на что ребенок их тратит. В этом случае ребенок будет учиться распоряжаться деньгами и продумывать, как правильно их тратить и на что.

Заключение

Любовь к детям, пример родителей, приверженность их к традиционным ценностям, психологическая стабильность, знание и учет особенностей детей, родившихся в последнее десятилетие (так называемое поколение Альфа) – вот что оказывает воздействие на формирование будущей личности. Соблюдая приведенные рекомендации можно надеяться на то, что у ребенка сформируется самостоятельность мышления, правильное мировосприятие, в дальнейшем он сможет реализовать и перенести положительный опыт родителей на своих детей.

Список источников

1. Камышова Е.В., Лазарева З.Н. Социальная коррекция взаимоотношений детей и родственников отдельно проживающего родителя после развода // Теория и практика общественного развития. 2018. № 1. <http://dx.doi.org/10.24158/tipor.2018.1.5>.
2. Мамбеталина А.С., Рыскулова М.М., Жумагалиева З.Н. Применение нейропедагогического подхода в процессе обучения в Казахстане и в зарубежных странах // Педагогика: история, перспективы. 2019. Т. 2. № 5. С. 99–107. Режим доступа: <https://dpo-journal.ru/index.php/pvsz/issue/view/9> (дата обращения: 06.05.2024).
3. Бритвина П.В. Влияние компьютерных игр на развитие детей // Вестник науки. 2023. № 2 (59). Режим доступа: <https://www.xn----8sbempclwd3bmt.xn--p1ai/volume/journal-2-59-4> (дата обращения: 06.05.2024).
4. Ткачук Е.А., Мартынович Н.Н., Рычкова Л.В., Поляков В.М. Проблемы диагностики расстройств аутистического спектра у детей // Тихоокеанский медицинский журнал. 2020. № 4 (82). <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-4-35-43>.

5. Прокофьева Л.М., Корчагина И.И. Неполные семьи с детьми в России: масштабы распространения и материальная поддержка // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 9–1 (48). С. 172–179.
6. Фонталова Н.С. Семья как фактор формирования отношения ребенка к деньгам // Baikal Research Journal. 2011. № 1. Режим доступа: <http://brj-bguier.ru/reader/archive.aspx?id=247> (дата обращения: 06.05.2024).
7. Воронина Т.Д. Развод как социальный феномен в современной России: причины // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2011. № 1 (13). С. 21–31.
8. Русаковская О.А., Сафуанов Ф.С., Харитонов Н.К. Психологическая адаптация детей после развода родителей в зарубежных исследованиях (аналитический обзор) // Российский психиатрический журнал. 2011. № 1. С. 36–45.
9. Ребенок В.В. Обзор влияния установок и элементов типажа на выбор романтического и брачного партнера // Инновационная наука: психология, педагогика, дефектология. 2022. Т. 5. № 1. С. 53–65. Режим доступа: <https://www.inov-ppd.ru/jour/article/view/64> (дата обращения: 06.05.2024).
10. Кулагина Я.М., Федосеева Н.В. Значение роли отца в процессе становления личности ребенка // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии. 2014. № 39-2. С. 147–152.

Информация об авторах / Information about the Authors

Букреев Егор Денисович,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
egorbukreev@inbox.ru

Egor D. Bukreev,
Student,
School of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
egorbukreev@inbox.ru

Апончук Ирина Игоревна,
старший преподаватель кафедры
рекламы и журналистики,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
aponchuk55@inbox.ru

Irina I. Aponchuk,
Senior Lecturer,
Advertising and Journalism Department,
School of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
aponchuk55@inbox.ru

Особенности подготовки, участие в соревнованиях сборной команды России по лыжным гонкам в период санкций

© А.В. Малихин, В.П. Корчагин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен материал, раскрывающий лыжные гонки, как зимний олимпийский вид спорта. Сейчас лыжные гонки весьма разнообразны и включают несколько видов: марафон, спринт, скиатлон, гонка с раздельным стартом, эстафета, масс-старт, гонка преследования. Значительное внимание обращено на то, что занятия лыжным спортом оказывают положительное значение для укрепления здоровья человека, развивается общая выносливость. Рассматривается проблема введения санкций в отношении России: запрет на российский флаг и гимн, участие наших спортсменов на международных соревнованиях, лишение права на проведение крупных международных соревнований на своей территории. Кроме того, на начало адаптации к условиям внешнеполитических санкций и действий российского руководства, участие в соревнованиях сборной команды России по лыжным гонкам в период санкций приобретает свои особенности, которые постепенно реализуются: проводится Чемпионат и Кубок России по лыжным гонкам. Все это способствует не только пропаганде здорового образа жизни, но и укреплению международных спортивных связей и дипломатических отношений.

Ключевые слова: санкции, лыжные гонки, особенности подготовки, участия в соревнованиях

Peculiarities of preparation, participation in competitions of the Russian national ski racing team during the sanctions period

© Anatoly V. Malykhin, Vyacheslav P. Korchagin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article presents the material revealing ski racing as a winter Olympic sport. Now ski racing is very diverse and includes several types: marathon, sprint, skiathlon, split start race, relay race, mass start, and pursuit race. Considerable attention is paid to the fact that skiing has a positive effect on strengthening human health, while strengthening all body systems, developing overall endurance. The article examines the problem of imposing sanctions against Russia: a ban on the Russian flag and anthem, the participation of our athletes in international competitions, deprivation of the right to host major international competitions on its territory. At the beginning of adaptation to the conditions of foreign policy sanctions and the actions of the Russian leadership, participation in the competitions of the Russian national cross-country team during the period of sanctions acquires its own characteristics, which are gradually being realized: the Russian Ski Racing Championship and Cup are held. All this contributes not only to the promotion of a healthy lifestyle, but also to the strengthening of international sports ties and diplomatic relations.

Keywords: sanctions, cross-country skiing, peculiarities of preparation, participation in competitions

Лыжные гонки – это спортивное соревнование, в котором участники соревнуются на лыжах на дистанциях различной длины. Гонки могут проходить как на классическом, так и на коньковом стиле хода, а также в различных дисциплинах: спринт, гонки на длинные дистанции, командные гонки и т. д. (рис. 1). Лыжные гонки широко популярны в скандинавских странах, России, Германии и в других странах с холодным климатом [1].

Для занятий по лыжной подготовке оптимальная температура воздуха составляет от -5 до -15 °C. В безветренную погоду занятия могут проводиться и при более низких

температурах до -25 °C. В выходные дни желательно проводить лыжные, велосипедные, пешие прогулки не менее 2–3 часов или туристские походы [2, 3].

Лыжный спорт относится к циклическим видам спорта. Зимой наиболее доступен индивидуальный, командный и массовый вид (рис. 2), который способствует:

- укреплению сердечно-сосудистой деятельности;
- улучшению работы дыхательной системы организма;
- воздействует на защитные функции организма;



Рис. 1. Виды лыжного спорта



Рис. 2. Иркутский Политех «Лыжня России-2024»

- развитию общей выносливости;
- улучшению координации;
- развитию гибкости;
- способствует формированию психологического развития [4, 5].

Санкции и их последствия. Пусть лыжные гонки и являются видом спортивного вне-политического состязания, санкции не обошли

стороной такие аспекты, как особенности в подготовке и участии в соревнованиях сборной команды России, добавив свои особенные корректировки [6, 7]. Введение первых запретов на российских атлетов началось в 2019 г.

Основные санкции заключались в следующем:

- запрет российского флага и гимна на всех крупных спортивных соревнованиях сроком на четыре года;

- лишение права на проведение крупных международных спортивных соревнований на территории нашей страны;

- запрет российским спортсменам принимать участие в международных спортивных соревнованиях;

- запрет российским спортивным функционерам посещать Олимпиады, Паралимпиады и крупные спортивные соревнования;

- лишить Российское антидопинговое агентство «РУСАДА» статуса соответствия кодексу Всемирного антидопингового агентства (ВАДА).

Начиная с этого момента появилась необходимость адаптации к новым условиям внешнеполитических санкций и соответствующим действиям России. В связи со сложившейся обстановкой, премьер-министр Российской Федерации Д.А. Медведев дал необходимое поручение вице-премьеру О.Ю. Голодец обжаловать принятое решение ВАДА. С введением перечисленных внешних запретов в России на период санкций созданы особенности подготовки российских спортсменов с изменением спортивной программы, включая подготовку по лыжным гонкам. Следует отметить, что в период санкций подготовка российских лыжников включает в себя следующие особенности:

- значительное снижение государственного финансирования спортивных программ;

- уменьшение статьи бюджета на спортивные мероприятия и тренировки с риском падения качества подготовки атлетов;

- запрет на участие российских лыжников в международных спортивных соревнованиях и ограничением их опыта участия в соревнованиях мирового уровня;

- происходит усиление внутреннего соперничества: ограниченное финансирование приводит к более острой конкуренции за места в сборной команде, значительное изменение мотивации и психологического состояния атлетов.

В то же самое время, есть другая сторона медали – не бывает «худа без добра», а именно: Российские спортсмены и тренеры могут обращаться к патриотическим идеям для укрепления единства и солидарности спортивных сообществ, усиление внимания к развитию местных спортивных программ, российское государство и спортивные организации для обеспечения подготовки спортсменов могут уделять больше внимания развитию местных спортивных программ и поиска новых источников финансирования (рис. 3) [5–8].

В период санкций, участие в соревнованиях сборной команды России по лыжным гонкам, начинает обретать свои особенности:

1. Необходимо максимально эффективно использовать имеющиеся собственные ресурсы – обеспечить сотрудничество с местными спортивными организациями, нахождение спонсоров для покупки оборудования, инвентаря и др.



Рис. 3. Ближайший прогноз будущего – состязания внутри страны между спортсменами из разных городов

2. Для поддержки и развития спортивных талантов и «самородков» смело развивать спортивные программы и проекты национального уровня.

3. Для получения помощи и поддержки следует смело обращаться в международные спортивные организации и к соответствующим партнерам – участие в программах обмена опытом и тренировок, получение финансовой помощи и поддержки на международных соревнованиях.

При этом очень важно не терять оптимизма и верить в победу и цель. Так в своем интервью, Е.В. Вьяльбе (рис. 4) – всемирно известная лыжница, трехкратная олимпийская чемпионка, заслуженный тренер, ныне общественно-политический деятель, Президент федерации лыжных гонок России, сказала, что «...в настоящее время у спортсмена должна быть цель, которая и есть – предмет мотивации...».

Следующая Зимняя Олимпиада – 2026 года (6–22 февраля) пройдет в итальянских городах Милане и Кортина-д'Ампеццо (рис. 5), при этом, несмотря ни на какие санкции и

запреты, мы должны думать только об этом.

Большое значение при подготовке сборных команд имеет проведение внутренних спортивных стартов:

1. 18 марта–16 апреля_2023 г. прошел Чемпионат России по лыжным гонкам, который состоял из трех этапов:

- первый этап прошел с 18 марта по 26 марта в Тюмени в Областном центре зимних видов спорта (ОЦЗВС) «Жемчужина Сибири»;
- второй этап состоял из женской гонки на 50 км, прошел в Апатитах 15 апреля;

- третий этап состоял из мужской гонки на 70 км, прошел в Магнитогорске 16 апреля.

2. В марте 2023 г. (18 марта–16 апреля), губернатор Тюменской области А.В. Моор принимал Чемпионат России по лыжным гонкам, состоящий из трех этапов:

- первый этап прошел с 18 марта по 26 марта в Тюмени в ОЦЗВС «Жемчужина Сибири»;

- второй этап состоял из женской гонки на 50 км, прошел в Апатитах 15 апреля;

- третий этап состоял из мужской гонки на 70 км, прошел в Магнитогорске 16 апреля.

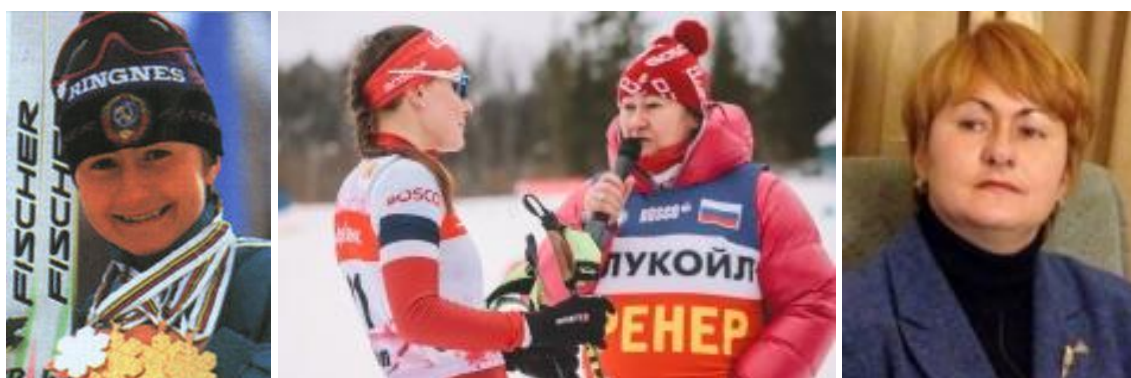


Рис. 4. Трехкратная олимпийская чемпионка Елена Вьяльбе



Рис. 5. Столица Зимних Олимпийских игр 2026 года: Милан и Кортина д'Ампеццо

3. С 9 февраля 2024 г. стартовала Всероссийская спартакиада (рис. 6) в ОЦЗВС «Жемчужина Сибири», где принимали участие сильнейшие лыжники страны. По своей масштабности – это Российская Олимпиада, которая проводится по решению президента В.В. Путина. В расписание Спартакиады включены:

- женский и мужской спринт (квалификация / классический стиль);
- женский и мужской спринты (забеги на выбывание / классический стиль);
- женский и мужской скиатлон (10 + 10 км);
- женская и мужская гонка с раздельным стартом (10 км / свободный стиль);

- женский и мужской командный спринт (квалификация / финал / свободный стиль);
- женская и мужская эстафета (4×7,5 км);
- мужской и женский масс-старт (50 км / классический стиль).

Главное внимание было приковано к трехкратному олимпийскому чемпиону Александру Большунову, который уже выиграл 17 золотых медалей в Кубке России, что составляет половина стартов и комплекта медалей сезон 2023/2024 (рис. 7).

На данном этапе соревнований среди женщин, лыжница Евгения Крупицкая выиграла масс-старт на 50 км классическим стилем на Спартакиаде 2024 г. в Тюмени (рис. 8).

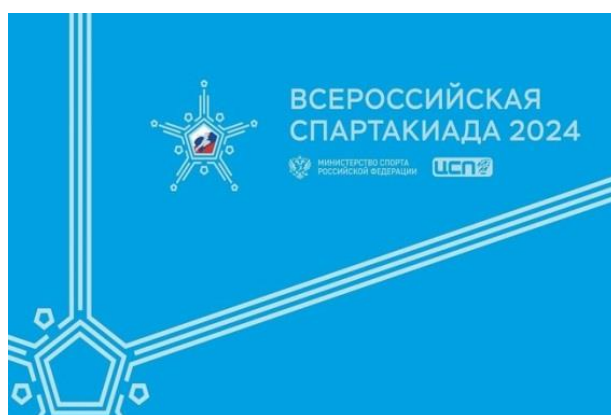


Рис. 6. Спартакиада – главный старт в лыжах



Рис. 7. Трехкратный олимпийский чемпион Александр Большунов



Рис. 8. Евгения Крупицкая – победитель масс-старта на 50 км классическим стилем



Рис. 9. «Малиновка» готовится принять чемпионат России по лыжным гонкам 2024

4. Кубок России. Календарь Кубка России 2023/2024 по лыжным гонкам включал в себя семь этапов. Турнир стартовал первым этапом в Вершине Тёи (Республика Хакасия) 23 ноября 2023 г., а финальный этап проходил в Кировске (Мурманская область) 3–7 апреля 2024 г.

5. Чемпионат России 2024 г. по лыжным гонкам проходил с 16 по 24 марта в Центре лыжного спорта «Малиновка» (д. Кононовская, Архангельская область). В рамках программы чемпионата России 13 апреля (Апатиты) и 14 апреля (Мончегорск) были разыграны медали соответственно на дистанциях 50 км (женщины) и 70 км (мужчины) классическим стилем (рис. 9).

В эти дни в Малиновке (Архангельская область) прошли соревнования «Чемпионские высоты», которые являются альтернативой проходящему в словенской Планице чемпионату мира.

Ориентация на внутренний рынок. После отмены ряда этапов Кубка мира российские лыжники активно готовятся к Олимпиаде путем увеличения тренировочной нагрузки и участия в национальных соревнованиях. Они также проводят тренировочные сборы, улучшают технику и тактику лыжного спорта, работают над физической подготовкой. Важной ча-

стью подготовки является психологическая работа и ментальная поддержка спортсменов, чтобы они были готовы к высоким требованиям Олимпийских игр.

В условиях санкций участие России в лыжном спорте становится особенно важным для поддержания высокого уровня спортивной деятельности и духа спортивного соперничества. Несмотря на сложности и ограничения, российские спортсмены продолжают достойно представлять страну на международных соревнованиях и показывать высокие результаты. Участие в лыжном спорте способствует не только пропаганде здорового образа жизни, но и укреплению международных спортивных связей и дипломатических отношений. Российские лыжники продолжают участвовать в турнирах и чемпионатах, демонстрируя профессионализм, мастерство и спортивную дисциплину [9, 10].

Таким образом, участие России в лыжном спорте в условиях санкций играет важную роль в поддержании спортивной славы страны и продвижении спортивных ценностей. Российские спортсмены продолжают бороться за медали и победы, несмотря на трудности, и продолжают вдохновлять миллионы людей по всему миру.

Список источников

1. Янсен П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость. Мурманск: Тулома, 2018. 160 с.
2. Тюличева А.Ю. Технология совершенствования двигательных действий лыжника-гонщика: методические секреты. СПб.: СИНЭЛ, 2021. 65 с.
3. Браун Н. Подготовка лыж. Мурманск: Тулома, 2005. 168 с.
4. Хок Г., Ричардсон Е.Ц. Лыжи и их применение к спорту / пер. с нем. М.Д. Рамма, М.В. Пампеля. М.: Старая книга, 2009. 211 с.
5. Мелентьева Н.Н., Румянцева Н.В. Лыжный спорт. Методика обучения спускам со склонов и торможениям на лыжах. СПб.: Лань, 2022. 76 с.
6. Хеммерсбах А., Франке С. Лыжные гонки: экипировка, подготовка лыж, техника, тренировки. Мурманск: Тулома, 2010. 172 с.
7. Шестаков М.П., Мякинченко Е.Б., Фомиченко Т.Г. Лыжный спорт – все книги по дисциплине. СПб.: Лань, 2023. 167 с.

8. Демченко Д. Лыжные гонки. Электронная издательская система: Ridero, 2023. 112 с.
9. Махов С.Ю. Комплексный контроль в управлении тренировочным процессом // Наука–2020. 2020. № 6 (42). С. 124–133. Режим доступа: <http://nauka-2020.ru/Arhiv.html> (дата обращения: 20.02.2024).
10. Раменская Т.И. Юный лыжник: учебно-популярная книга о многолетней тренировке лыжников-гонщиков. М.: СпортАкадемПресс, 2004. 204 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Малыхин Анатолий Васильевич,

к.т.н.,
доцент кафедры физической культуры,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
malyxin18@list.ru

Anatoly V. Malykhin,

Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor, Physical Culture Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., 664074 Irkutsk,
Russian Federation
malyxin18@list.ru

Корчагин Вячеслав Петрович,

студент,
институт экономики, управления и права
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
slavenche.petr@mail.ru

Vyacheslav P. Korchagin,

Student,
Institute of Economics, Management and Law
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
slavenche.petr@mail.ru

Международный опыт в области правового регулирования создания и использования искусственного интеллекта и смежных технологий

© Т.В. Шахов, Д.А. Андреев, К.Р. Боровченко, И.А. Гусева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Данная статья представляет обзор международного опыта в области правового регулирования создания и использования искусственного интеллекта и смежных технологий. В статье затрагивается вопрос отсутствия целостного подхода к регулированию искусственного интеллекта, несмотря на старания ряда государств и международных организаций сформировать основы правового регулирования в последние десятилетия. Авторы рассматривают стратегии и подходы различных стран и международных организаций к регулированию искусственного интеллекта, таких как Южная Корея, Европейский союз, Китай, Соединенные Штаты Америки, которые впоследствии могут быть интегрированы в национальные правовые системы. Особое внимание уделяется проблемам безопасности, этики, ответственности и прозрачности. Выделяется значимость международного содействия и междисциплинарного подхода к созданию эффективного правового поля для регулирования искусственного интеллекта. Прежде всего, система правового регулирования общественных отношений в сфере искусственного интеллекта должна быть ориентирована на человека, направлена на улучшение качества жизни, иметь высокий уровень безопасности, обеспечивать повышение эффективности экономики и социальной сферы. Основываясь на собранных данных, авторы предлагают рекомендации по разработке правовых рамок для эффективного и сбалансированного регулирования искусственного интеллекта и смежных технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, правовое регулирование, нормативные документы, технологии, международный опыт

International experience in the field of legal regulation of the creation and use of artificial intelligence and related technologies

© Timofey V. Shakhov, Daniil A. Andreev, Kirill R. Borovchenko, Irina A. Guseva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article provides an overview of international experience in the field of legal regulation of the creation and use of artificial intelligence and related technologies. The article addresses the issue of the lack of a holistic approach to the regulation of artificial intelligence, despite the efforts of a number of states and international organizations to form the basis of legal regulation in recent decades. The authors consider the strategies and approaches of various countries and international organizations to regulate artificial intelligence, such as South Korea, the European Union, China, and the United States of America, which can subsequently be integrated into national legal systems. The authors highlight the importance of international assistance and an interdisciplinary approach to creating an effective legal framework for regulating artificial intelligence. First of all, the system of legal regulation of public relations in the field of artificial intelligence should be human-oriented, aimed at improving the quality of life, have a high level of security, and ensure increased efficiency of the economy and social sphere. Based on the collected data, the authors offer recommendations for developing a legal framework for effective and balanced regulation of artificial intelligence and related technologies.

Keywords: artificial intelligence, legal regulation, regulatory documents, technologies, international experience

Введение

В настоящее время целостное и комплексное регулирование отношений искусственного интеллекта отсутствует. Вместе с тем, предшествующее десятилетие было отмечено попытками некоторых участников международных отношений заложить основы такого регулирования. В рамках работы исследованы главные международно-правовые акты в об-

ласти искусственного интеллекта (ИИ), положения из которых, наиболее вероятно, будут имплементированы в национальные правовые системы.

Согласно положениям Национальной стратегии развития искусственного интеллекта, на период 2030 г., утвержденной Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Россий-

ской Федерации»¹, искусственный интеллект признается одной из основных сквозных цифровых технологий.

В мире пока нет комплексных нормативных актов с нормами непосредственного действия, посвященных именно искусственному интеллекту. Здесь существует множество проблем, одна из них самая важная – отсутствие понятийного аппарата, в частности дефиниции «искусственный интеллект». Понятие ИИ является неоднозначным, сложность его определения заключается в его правовой и технической «природе» [1]. Сравнительно близко к созданию подобного рода документов подошли Южная Корея и Европейский союз.

Еще в 2008 г. в Южной Корее был принят закон «О создании и распространении умных роботов» [2], формально посвященный робототехнике, а именно специфичной разновидности – роботам, оснащенным ИИ. В настоящее время, наиболее совершенными с технологической точки зрения являются такие системы искусственного интеллекта, как «Deep Blue» (программа игры в шахматы), «IBM Watson» (программа способная распознавать человеческую речь, воспроизводить поведение и мыслительные процессы как у человека) и «MYCIN» (система диагностирования болезней).

Возвращаясь к проблеме отсутствия надлежащего регулирования отношений в области ИИ, укажем, что лишь некоторые государства, такие как, Германия (Стратегия «KI made in Germany»), США («U.S. LEADERSHIP IN AI» План федерального участия в разработке технических стандартов искусственного интеллекта и связанных с ними инструментов), Китай (новые правила в области искусственного интеллекта в Китае) [3], а также страны Европейского союза обстоятельно подошли к решению отдельных проблем, стоящих перед законодателем «здесь и сейчас» – наибольшее внимание уделяется регулированию использования беспилотных автомобилей [4]. Отмечается, что осуществляемая на данный

момент деятельность лишена целостности и понимания единого подхода.

Обзор и анализ документов

Три главных правила. В основе европейского законодательства о робототехнике и использовании ИИ лежат, сформулированные еще в 1942 г. А. Азимовым, «три закона робототехники» [5], а именно:

1. Робот не может своим действием или бездействием причинить вред человеку.

2. Робот должен повиноваться всем приказам человека, если эти приказы не противоречат первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности, если это не противоречит первому или второму законам.

Указанные правила закладывают аксиологический фундамент, определяющий универсальные основы поведения систем с искусственным интеллектом. «Законы» позволяют подчеркнуть роль ИИ как помощника человека, а не конкурента [6]. Примечательно, что во введении к Резолюции Европейского парламента от 16.02.2017 г.² отмечается необходимость учитывать три закона робототехники А. Азимова для разработчиков, производителей и операторов самообучающихся роботов. Это, прежде всего, подтверждает междисциплинарный характер регулирования в области искусственного интеллекта.

Первый в истории глобальный стандарт по этике искусственного интеллекта. 25 ноября 2021 г. генеральный директор Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) Одри Азуле представила Рекомендацию об этических аспектах искусственного интеллекта³, принятую государствами-членами ЮНЕСКО на Генеральной конференции. Эта Рекомендация представляет собой документ, который рассматривает этические вопросы, связанные с использованием искусственного интеллекта.

¹ Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»). Собрание законодательства Российской Федерации. 2019. № 41. Ст. 5700.

² European Parliament resolution of 16 February 2017 with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015/2103(INL)). Режим доступа: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_EN.html (дата обращения: 16.02.2024).

³ Рекомендации об этических аспектах искусственного интеллекта // UNESDOC. Режим доступа: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455_rus (дата обращения: 16.02.2024).

Рекомендация направлена на осознание пользы, которую искусственный интеллект приносит обществу, и снижение рисков, связанных с его использованием. Она предлагает, чтобы цифровые трансформации способствовали защите прав человека и обеспечивали достижение устойчивого развития, решая вопросы прозрачности, отчетности и конфиденциальности. Для этого необходимо разработать конкретные направления политики управления данными образования, культуры, труда, здравоохранения и экономики.

Рекомендация также предоставляет основу для создания инструментов, которые помогут в ее осуществлении. Оценка этического влияния призвана помочь странам и компаниям, которые занимаются разработкой и внедрением систем искусственного интеллекта, оценить воздействие этих систем на индивидах, обществе и окружающей среде.

В рекомендации подчеркивается необходимость выбора субъектами искусственного интеллекта методов, которые сэкономят энергию и ресурсы. Это поможет сделать ИИ более эффективным инструментом в борьбе с изменением климата и решением экологических проблем.

Важно отметить некоторые институты международных организаций, которые специализируются на проблемах искусственного интеллекта: Комитет по политике в области цифровой экономики (Совет по искусственному интеллекту) в рамках Организации экономического сотрудничества и развития; группа экспертов по искусственному интеллекту Европейской комиссии, которая разработала «Руководящие принципы создания надежного и этичного искусственного интеллекта»; Специальная комиссия Европейской комиссии по искусственному интеллекту (СКИИ); Экспертная сеть Организации экономического сотрудничества и развития по искусственному интеллекту (СЭО-ИИ) и Рабочая группа Лиги арабских государств по искусственному интеллекту [7].

Резолюция Европейского парламента «Нормы гражданского права о робототехнике». Данный акт представляет собой систему норм и принципов, которые регулируют использование искусственного интеллекта в гражданском праве. Резолюция призывает к созданию единой системы правовых стандар-

тов, которая бы устанавливала ответственность за негативные последствия при использовании ИИ и обеспечивала защиту прав и свобод граждан. Она также подчеркивает необходимость прозрачности и объективности алгоритмов, используемых в системах искусственного интеллекта, чтобы избежать дискриминации и неправомерного вмешательства в личную жизнь людей, робототехники. Резолюция, представленная 16 февраля 2017 г., под номером 2015/2013 (INL), имеет характер рекомендации.

Резолюция предлагает разумное правило, которое гласит о том, что уровень ответственности лиц должен соответствовать степени автономности системы искусственного интеллекта и инструкциям, по которым она функционировала. Следовательно, человек, который обучал робота в течение длительного времени, должен нести большую ответственность. Регуляторы признают, что на данный момент ответственность должна быть на плечах человека.

Советы в данной рекомендации основываются на тех же принципах, что и в рекомендации об этических аспектах искусственного интеллекта, которые гласят, что искусственный интеллект – это инструмент, который может быть оперативно регулируем. Важно придерживаться принципов прозрачности, надежности и контролируемости автономных устройств, чтобы обеспечить безопасность систем, оснащенных искусственным интеллектом, на протяжении всего времени их использования. Кроме того, необходимо постоянно находить и оценивать потенциальные риски.

План развития технологий искусственного интеллекта нового поколения в Китае. Это многосторонний документ, призванный сделать Китай лидером в разработках технологий искусственного интеллекта. В основе данной стратегии лежат основные принципы социалистической системы: коллективное владение средствами производства, равенство возможностей и социальная справедливость.

Основные принципы, предусмотренные в нем:

– исследование стратегии размещения исследовательских разработок в мировом масштабе, изучение организаций, важных территорий на границе, предоставление продолжительной помощи (для этого, необходимо пол-

ностью раскрыть первоначальный потенциал для инноваций в области искусственного интеллекта, ускорить разработку первопроходных преимуществ и достижение передовых высококачественных проектов);

- взаимодействие с научно-техническим прогрессом и обеспечение стабильного развития экономики;

- развитие рынка, соблюдение его правил, акцент на практическом применении ИИ, при этом эффективно использовать возможности правительства в планировании, поддержке политики, обеспечении безопасности, регулировании рынка и охраны окружающей среды.

План развития технологий искусственного интеллекта, несмотря на его значимость, все можно назвать, декларативным документом, так как он не содержит перечня конкретных шагов для реализации стратегии в области развития ИИ [8].

Согласно официальным документам, разработки в сфере искусственного интеллекта включают в себя несколько отраслей:

- создание андроидов (разумные роботы наподобие человека);

- создание модернизированных средств доставки с использованием ИИ;

- модернизация интеллектуальных терминалов, способных обрабатывать и распознавать все языки мира, распознавать и обрабатывать образы живых существ и прочие их функции;

- виртуальная реальность, а также дополненная реальность;

- взаимодействие человека с компьютером.

Важно подчеркнуть, что уже давно развивается тенденция умных городов в Китае и она включает в себя все перечисленные отрасли развития ИИ. На данный момент можно насчитать до 500 городов, включающих в себя все возможные отрасли ИИ. Это говорит о высоком развитии этой тенденции.

Стратегия развития сферы ИИ в Китае соотносится и со стратегией научно-технологического развития РФ, приоритетные направления которой заключаются в переходе к «цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам кон-

струирования, создания систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» [9].

GDPR и искусственный интеллект. Общий регламент по защите данных (GDPR)⁴ – это документ Европейского союза, определяющий порядок обработки и защиты персональных данных граждан Европейского союза.

Основные правовые аспекты GDPR:

1. Право об информировании пользователя об использовании данных (пользователь имеет право на получение данных об использовании данных).

2. Право на исправление неточных данных (пользователь имеет право исправлять или обновлять свои данные).

3. Право доступа к своим персональным данным (пользователи имеют право доступа к персональным данным и возможность их изменять).

4. Право на удаление (данное постановление дает право пользователям удалить их персональные данные).

5. Право на передачу данных (пользователь имеет право использовать свои данные в личных целях).

6. Право на ограничение обработки данных (пользователь имеет право на ограничение своих персональных данных).

7. Право на возражение (субъект данных имеет право возражать против настоящей политики конфиденциальности).

Данные аспекты направлены на защиту персональных данных пользователей и обеспечение обработки данных, связанных с искусственным интеллектом, прозрачным, справедливым и законным способом.

Регламент содержит большое количество оценочных категорий и норм-принципов, предполагающих их последующее развитие и конкретизацию в национальном регулировании, правоприменительной практике надзорных органов и судов [10].

Заключение

В ходе проведенного анализа международных документов и стратегий в области ИИ была выявлена острая нехватка единых международных стандартов в области регулиро-

⁴ Общий регламент Европейского союза по защите данных – «GDPR». Режим доступа: <https://gdpr-text.com/ru/> (дата обращения: 16.02.2024).

вания общественных отношений в контексте развития технологий искусственного интеллекта, т. к. в основном речь идет о разрозненном наборе правил, в основном этического характера. В данный период активного развития информационного общества, необходимо создать благоприятные правовые и организационные условия для развития технологий ИИ, формировать и развивать единый рынок безопасных систем ИИ, содействовать развитию доступных экосистем ИИ с цифровой инфра-

структурой, современными технологиями и механизмами для обмена данными и знаниями. Вследствие чего, предлагаем разработать модельный закон «Об искусственном интеллекте» для выработки единых подходов к системе правового регулирования общественных отношений, возникающих с использованием технологий ИИ и создать международную комиссию, которая будет следить за соблюдением норм и правил, установленных в сфере искусственного интеллекта.

Список источников

1. Додонова В.С., Куржумов Д.В., Гусева И.А. История возникновения искусственного интеллекта в России и перспективы его развития // Молодежный вестник ИрГТУ. 2023. Т. 13. № 4. С. 692–698. Режим доступа: <http://xn--b1agjig1ai.xn--p1ai/archive> (дата обращения: 19.02.2024).
2. Волощак В.И., Козлов Л.Е., Валитова Д.В., Сарбаш Д.В. Цифровая экономика и искусственный интеллект в Республике Корея: практика политико-правового воздействия // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2022. Т. 24. № 4. С. 35–48. <https://doi.org/10.24866/1813-3274/2022-4/35-48>.
3. Незнамов А.В. Регулирование искусственного интеллекта в мировой практике // Сумма технологий. Режим доступа: https://ethics.cdto.center/3_8 (дата обращения 17.02.2024).
4. Филипова И.А. Правовое регулирование искусственного интеллекта: регулирование в России, иностранные исследования и практика // Государство и право. 2018. № 9. С. 79–88. <https://doi.org/10.31857/S013207690001517-0>.
5. Азимов И.И. Robot. СПб.: Антология, 2016. 320 с.
6. Никитенко С.В. Международно-правовое регулирование искусственного интеллекта: анализ текущего состояния и перспективы развития // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2021. Т. 1. № 2 (98). С. 151–163.
7. Щербаков М.Г. Проблемы правового регулирования трансформации правового статуса искусственного интеллекта: постановка проблемы // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Юридические науки. 2019. Т. 5. № 3. С. 73–81.
8. Савельев А.М., Журенков Д.А. Национальные стратегии развития систем искусственного интеллекта: опыт стран-лидеров и ситуация в России // Научный вестник ОПК России. 2019. № 3. С. 74–81.
9. Струкова П.Э. Искусственный интеллект в Китае: современное состояние отрасли и тенденции развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Востоковедение и африканистика. Т. 12. № 4. С. 588–606.
10. Бородин Д. GDPR: принципиальные нововведения // Адвокатская газета. Режим доступа: <https://www.advgazeta.ru/mneniya/gdpr-printsipialnye-novovvedeniya/> (дата обращения: 17.02.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Шахов Тимофей Владимирович,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
timofeyshahov9@gmail.com

Timofey V. Shakhov,
Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
timofeyshahov9@gmail.com

Андреев Даниил Андреевич,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
andreev_daniil_a2@mail.ru

Daniil A. Andreev,
Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
andreev_daniil_a2@mail.ru

Боровченко Кирилл Романович,

студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
zirof.krl@gmail.com

Kirill R. Borovchenko,

Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
zirof.krl@gmail.com

Гусева Ирина Александровна,

к.и.н.,
доцент кафедры теории права, конституционного
и административного права,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
mif-leg@mail.ru

Irina A. Guseva,

Cand. Sci. (History),
Associate Professor, Department of Theory of Law,
Constitutional and Administrative Law,
Institute of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
mif-leg@mail.ru

Исследование прочностных свойств бетонной шахтной крепи при растеплении массива горных пород

© И.В. Перелыгин, А.Ю. Болотнев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Научная работа посвящена оценке влияния растепления на бетонную шахтную крепь. В связи с тем, что большинство горнодобывающих предприятий на сегодняшний день осуществляют переход с рельсового на самоходный транспорт, оснащенный силовыми дизельными агрегатами, в горных выработках закрытого типа могут наблюдаться колебания температур. При этом, за счет резких колебаний оказывается непосредственное влияние на прочностные свойства бетонных конструкций, например, креплений подземных горных выработок. Помимо этого, влияние на температурный режим в шахте могут оказывать такие факторы: глубина заложения выработки, срок ее существования, геотермические ступени, а также теплофизические свойства пород. Понижение прочности бетонной крепи может сопровождаться разрушением отдельных ее участков, что неблагоприятно сказывается на безопасности ведения горных работ под землей. Целью данной работы является получение наиболее устойчивого к перепадам температур материала. В статье описываются методы исследования физико-механических свойств бетона при растеплении массива горных пород, путем создания бетонных образцов марки М400 и бетонных образцов марки М600, проведения циклов морозостойкости на полученных образцах, дальнейшей проверки и сравнении прочностных свойств бетонных образцов. На основании результатов исследований были сделаны выводы.

Ключевые слова: М600, М400, бетон, растепление массива, образцы

Investigation of the strength properties of concrete shaft supports during the thawing of an array of rocks

© Ivan V. Perelygin, Aleksandr Yu. Bolotnev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The scientific work is devoted to the assessment of the effect of thawing on concrete shaft supports. Due to the fact that most mining enterprises today carry out the transition from rail to self-propelled vehicles equipped with power diesel units, temperature fluctuations can be observed in closed-type mine workings. At the same time, due to sharp fluctuations, the strength properties of concrete structures, for example, fasteners of underground mine workings, are directly affected. In addition, the following factors can influence the temperature regime in the mine: the depth of the mine, its lifetime, geothermal stages, as well as the thermophysical properties of rocks. A decrease in the strength of concrete supports may be accompanied by the destruction of individual sections of it, which adversely affects the safety of mining operations underground. The purpose of this work is to obtain the most temperature-resistant material. The article describes methods for studying the physical and mechanical properties of concrete during the melting of an array of rocks, by creating concrete samples of the M400 brand and concrete samples of the M600 brand, conducting frost resistance cycles on the obtained samples, further checking and comparing the strength properties of concrete samples. Based on the research results, conclusions were drawn.

Keywords: M600, M400, concrete, solid melting, samples

Введение

Горнодобывающие предприятия, ведущие добычу полезного ископаемого подземным способом разработки, все чаще осуществляют переход с рельсового на самоходный транспорт (погрузочно-доставочные машины, самоходные буровые установки, автосамосвалы и т. д.). Такой переход обоснован наиболее высокой производительностью и маневренностью самоходного транспорта, по срав-

нению с рельсовым. При этом повышение количества единиц дизельной техники в шахте оказывает существенное влияние не только на загрязнение рудничной атмосферы выхлопными газами, но и на показатели средней температуры в закрытых выработках. При работе стационарной дизельной установки на эксплуатационном режиме температура отработавших газов, поступающих в атмосферу, достигает 400 °С. Помимо этого, характер и

интенсивность теплообмена между рудничным воздухом и окружающим выработку горным массивом зависят от глубины заложения выработки, продолжительности ее существования, геотермической ступени (увеличение глубины ведения горных работ ведет к естественному повышению температуры породного массива) [1], количества и параметров проходящего воздуха, теплофизических свойств пород [2, 3]. Все эти факторы влекут за собой существенные перепады температур в закрытых горных выработках, что может неблагоприятно сказаться на бетонной крепи и приведет к небезопасному ведению подземных горных работ [4, 5].

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- изучение прочностных свойств бетонов марок М400 и М600;
- проведение циклов морозостойкости на полученных бетонных образцах, для имитации растепления бетонной крепи в шахте;
- анализ полученных результатов;
- подведение итогов исследования.

Методика испытаний

Прочность бетона непосредственно зависит от соотношения компонентов. Оптимальное соединение цемента, воды и заполнителей в правильных пропорциях напрямую влия-

ет на прочностные характеристики бетона, [6, 7] для изготовления одного образца использовались следующие пропорции [8]:

- цемент М400 – 414 г;
- песок – 621 г;
- щебень – 1035 г;
- вода – 207 мл.

Далее было изготовлено 12 бетонных образцов размерами 100×100×100 мм, марки М400 и столько же образцов марки М600 того же размера. Для изготовления одного образца бетона марки М600 были взяты следующие пропорции [9]:

- цемент М600 – 528 г;
- песок – 456 г;
- щебень – 1152 г;
- вода – 265 мл.

После заливки для достижения максимальной прочности образцы настаивались в течение 28 суток. По истечению нужного времени для шести образцов марки М400 и шести образцов марки М600 были проведены циклы морозостойкости в соответствии с ГОСТ 10060-2012. Методы определения морозостойкости. После проведения 50 циклов были проведены испытания прочности на сжатие. Для проверки прочности использовался испытательный пресс марки ИП-500М. В табл. 1–4 представлены значения размеров, нагрузки и напряжения/давления в бетонных образцах.

Таблица 1. Характеристики образцов бетона марки М400

Номер опыта	<i>a</i> (длина, см)	<i>b</i> (ширина, см)	<i>h</i> (высота, см)	α (масштабный коэффициент)	<i>F</i> (нагрузка, КН)	σ (давление, МПа)
1	10	10	10	0,95	130,388	12,39
2	10	10	10	0,95	102,388	9,72
3	10	10	10	0,95	138,762	13,18
4	10	10	10	0,95	209,163	19,87
5	10	10	10	0,95	151,484	14,39
6	10	10	10	0,95	120,516	11,44

Таблица 2. Характеристики образцов бетона марки М400 после проведения циклов морозостойкости

Номер опыта	<i>a</i> (длина, см)	<i>b</i> (ширина, см)	<i>h</i> (высота, см)	α (масштабный коэффициент)	<i>F</i> (нагрузка, КН)	σ (давление, МПа)
1	10	10	10	0,95	82,208	7,81
2	10	10	10	0,95	104,601	9,94
3	10	10	10	0,95	80,472	7,64
4	10	10	10	0,95	84,325	8,01
5	10	10	10	0,95	91,470	8,69
6	10	10	10	0,95	98,611	9,37

Таблица 3. Характеристики образцов бетона марки М600

Номер опыта	<i>a</i> (длина, см)	<i>b</i> (ширина, см)	<i>h</i> (высота, см)	α (масштабный коэффициент)	<i>F</i> (нагрузка, КН)	σ (давление, МПа)
1	10	10	10	0,95	276,131	26,23
2	10	10	10	0,95	251,455	23,89
3	10	10	10	0,95	196,918	18,71
4	10	10	10	0,95	232,719	22,11
5	10	10	10	0,95	255,303	24,25
6	10	10	10	0,95	284,485	27,03

Таблица 4. Характеристики образцов бетона марки М600 после проведения циклов морозостойкости

Номер опыта	<i>a</i> (длина, см)	<i>b</i> (ширина, см)	<i>h</i> (высота, см)	α (масштабный коэффициент)	<i>F</i> (нагрузка, КН)	σ (давление, МПа)
1	10	10	10	0,95	215,209	20,44
2	10	10	10	0,95	203,098	19,29
3	10	10	10	0,95	164,988	15,67
4	10	10	10	0,95	173,342	16,47
5	10	10	10	0,95	130,579	12,41
6	10	10	10	0,95	170,825	16,23

Значение напряжений рассчитано в соответствии с ГОСТ 10180-2012 Бетоны, методы определения прочности – по контрольным образцам [10].

Результаты исследований

По итогам сравнения прочности двух марок бетона, наиболее прочным оказался бетон марки М600, образцы этой марки выдержали среднюю нагрузку равную 299,5 КН, при этом среднее напряжение в образцах составляет 23,7 МПа. Средняя нагрузка на образцы бетона марки М400, составляет 146,3 КН, усредненное значение напряжения, действующего на образцы равно 13,5 МПа. Также бетон марки М600 оказался наиболее морозостойким по сравнению с бетоном марки М400. После проведения циклов морозостойкости, средняя нагрузка на бетонные образцы этой марки составила 219,5 КН, а средний показатель давления составил 16,75 МПа, по сравнению с эталонными образцами прочность упала на 27 %. Средняя нагрузка на бетонные образцы марки М400 после проведения циклов морозостойкости составила 90,28 КН, средний показатель давления – 8,58 МПа, при

этом показатель после испытаний на морозостойкость упал почти на 39 %.

Заключение

В результате проведенных испытаний установлено, что прочность бетонных образцов напрямую зависит от соотношения цемента, бетона, песка и воды в растворе бетона. В данном эксперименте прочность бетона на сжатие в несколько раз ниже заявленной. Помимо этого, прочность бетонных образцов существенно упала при проведении на них циклов морозостойкости, так после проведения 50 циклов морозостойкости прочность бетонных образцов марки М400 упала на 39 %, а прочность бетонных образцов марки М600 упала на 27 %, из этих исследований можно сделать вывод, что перепады температур воздуха в подземных горных выработках, негативным образом влияют на состояние бетонной шахтной крепи. В дальнейшем планируется повторить эксперимент по изучению прочностных свойств бетона различных марок с использованием других пропорций, а также с добавлением различных добавок, повышающих морозостойкость бетонов.

Список источников

1. Зайцев А.В., Бородавкин Д.А., Бублик С.А., Агеева К.М. Исследование температуры массива горных пород безрезовского рудника ОАО "Беларуськалий" // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 7. С. 76–85.

2. Казаков Б.П., Зайцев А.В. Исследование процессов формирования теплового режима глубоких рудников // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2014. Т. 13. № 10. С. 91–97.
3. Бублик С.А., Семин М.А., Левин Л.Ю. Исследование прочности монолитной бетонной крепи шахтного ствола в условиях переменных тепловых нагрузок // Вычислительная механика сплошных сред. 2021. Т. 14. № 2. С. 220–232. <https://doi.org/10.7242/1999-6691/2021.14.2.19>.
4. Воронов Е.Т., Бондарь И.А. Влияние температурного фактора на безопасность и эффективность ведения подземных горных работ в криолитозоне // Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 5 (62). С. 85–93.
5. Меликулов А.Д., Акбаров Т.Г., Имаилов А.С., Бакиров Г.Х., Мухитдинов Ш.Р. Факторы обеспечения длительной устойчивости и безопасности подземных горных выработок шахт и рудников в условиях проявления тектонических процессов // Вопросы науки и образования. 2019. №19 (66). С. 7–17. Режим доступа: <https://scientificpublication.ru/h/arkhiv-zhurnala-voprosy-nauki-i-obrazovaniya.html> (дата обращения: 19.05.2024).
6. Гурбанов Ы., Сапаргулыева Г., Худайназаров А. Основные характеристики бетонных смесей и способы их формирования // Вестник науки. 2024. Т. 5. № 3 (72). С. 575–578. Режим доступа: <https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--r1ai/volume/journal-3-72-5> (дата обращения: 19.05.2024).
7. Мнацаканян С.С. Анализ снижения прочности бетона под влиянием отрицательных и постоянных перепадов температур // Научный журнал. 2018. №6 (29). С. 29–30.
8. Луценко Е.В. Автоматизированный системнокогнитивный анализ влияния состава бетона на его физикомеханические свойства и стоимость // Научный журнал КубГАУ. 2023. № 191. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/archivevak.asp?n=191> (дата обращения: 20.06.2024).
9. Калашников В.И. Эволюция развития составов и изменение прочности бетонов. Бетоны настоящего и будущего. Часть 1. Изменение составов и прочности бетонов // Строительные материалы. 2016. № 1–2. С. 96–103.
10. Баранова А.А., Гасс Ю.А., Лоншаков И.В. Определение масштабных и поправочных коэффициентов для образцов мелкозернистого бетона // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019; Т. 9. № 3 (30). С. 502–509. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-502-509>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Перельгин Иван Викторович,
студент,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
perelygin31102008@mail.ru

Ivan V. Perelygin,
Student,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
perelygin31102008@mail.ru

Болотнев Александр Юрьевич,
к.т.н., доцент,
доцент кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
abolotnev@mail.ru

Aleksandr Yu. Bolotnev,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Mineral Deposits Development,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
abolotnev@mail.ru

Оборудование «сухой» очистки газов алюминиевого производства

© С.С. Бельский, А.Н. Крюков

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Аллюминиевая промышленность постоянно развивается, с каждым годом совершенствуется и наращивает объемы производства. Современное производство первичного алюминия осуществляется электролизом криолит-глиноземного расплава с использованием электролизеров как с самообжигающимися, так и с предварительно обожженными анодами. Электролизеры с самообжигающимися анодами оснащены «мокрой» системой газоочистки, использование которой ведет к образованию большого объема растворов и мелкодисперсных техногенных отходов. Кроме того, она имеет невысокую эффективность. Благодаря конструкции электролизеров с обожженными анодами, процесс улавливания отходящих газов, образующихся при электролизе, происходит достаточно эффективно с использованием системы «сухой» очистки газов, в основе которой лежит процесс адсорбции отходящих газов глиноземом, который возвращается обратно в процесс электролиза алюминия. Немаловажным остается вопрос, связанный с применяемым при этом оборудованием, его эффективностью и правильной компоновкой в корпусах предприятия. В статье даны характеристики и описание самого современного и высокотехнологичного оборудования, которое используется на сегодняшний день для «сухой» очистки газов алюминиевых электролизеров с обожженными анодами.

Ключевые слова: производство алюминия, электролизер с обожженными анодами, технологические газы, газоочистные установки, глинозем

Dry gas cleaning equipment for aluminum production

© Sergei S. Belskii, Andrey N. Kryukov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The aluminum industry is constantly developing, improving and increasing production volumes every year. Modern production of primary aluminum is carried out by electrolysis of cryolite-alumina melt using electrolyzers with both self-baked and pre-baked anodes. Electrolyzers with self-baked anodes are equipped with a wet gas cleaning system, the use of which leads to the formation of a large volume of solutions and finely dispersed man-made waste. In addition, it has low efficiency. Thanks to the design of electrolyzers with baked anodes, the process of capturing waste gases generated during electrolysis is quite efficient using a dry gas cleaning system, which is based on the process of adsorption of waste gases by alumina, which is returned back to the aluminum electrolysis process. An important issue is related to the equipment used in this case, its efficiency and the correct layout in the buildings of the enterprise. The article provides characteristics and descriptions of the most modern and high-tech equipment that is used today for dry gas cleaning of aluminum electrolyzers with baked anodes.

Keywords: aluminum production, electrolyzer with prebaked anodes, process gases, gas treatment plants, alumina

Введение

Алюминиевая промышленность занимает лидирующие позиции при производстве цветных металлов во всем мире [1–4]. Алюминий традиционно получают электролизом криолит-глиноземных расплавов. Несмотря на множество достоинств, данная технология имеет ряд недостатков, один из которых связан с образованием техногенных отходов, образующихся в процессе электролиза [5–9]. На сегодняшний день вопрос экологии в Российской Федерации стоит очень остро, а законо-

дательство предъявляет крупным предприятиям и холдингам жесткие условия соблюдения критериев по выбросам и отходам. Несоблюдение этих условий ведет к загрязнению экологии и огромным штрафам, поэтому производители алюминия разворачивают на своих заводах активную экологическую политику, направленную на разработку мероприятий по решению экологических проблем [10–13]. Ведутся разработки и модернизация газоочистных установок, строительство заводов с самыми современными «сухими» газоочист-

ными установками (СГОУ). Такие СГОУ способны с высокой эффективностью (99,8 %) улавливать вредные вещества и возвращать ценные компоненты обратно в производство алюминия [14, 15].

Внедрение СГОУ впервые было произведено на 6-й серии Богословского алюминиевого завода. Так, авторами работы [16] были проведены исследования аэродинамических параметров и эффективности данной установки, поскольку до этого электролизные газы удалялись через дымовые трубы вентиляторами ОВ-2600 без очистки.

Исследования показали недостатки данной модернизации, связанные с низкой герметичностью в системе газопроводов, которая оказывает влияние на разряжение, повышенный шум и вибрацию, которые ведут к усталостным разрушениям.

Авторы работы [17] предлагают усовершенствовать процесс «сухой» газоочистки за счет изменения рабочей технологической схемы, разработанной открытым акционерным обществом (ОАО) «СибВАМИ», а именно транспорт подачи свежего глинозема выполнить в виде аэрожелоба для создания псевдооживления, увеличивающего текучесть сыпучего материала. Такой же аэрожелоб предлагается выполнить от бункера фторированного глинозема в центральную систему раздачи к электролизам.

Еще одно усовершенствование в системе «сухой» газоочистки представлено в работе [18]. Здесь предлагается внести два и более устройств распределения «грязного» газа с возможностью отключения одной и более секций второй ступени и перераспределению потока на другие секции, находящиеся в работе, что облегчает замену фильтровальных элементов без потерь производительности.

Газоочистная установка

Одну линию электролиза обслуживают две газоочистные установки (ГОУ), которые улавливают загрязняющие вещества, выделяющиеся в процессе электролиза.

Каждая из двух газоочистных установок состоит из двадцати модулей очистки газа (скрубберов). Каждый модуль содержит десять фильтровальных элементов, которые чистятся индивидуально.

Основной целью ГОУ является улавливание пыли и фтористого водорода (HF), выделяемого электролизерами, связанными с этой ГОУ. Это достигается путем продувания каждого электролизера с помощью системы газопроводов с тщательно сбалансированным потоком на модули скрубберов. Шесть расположенных далее вытяжных вентиляторов создают давление вытяжки. Каждый модуль скруббера имеет расположенный впереди реактор Вентури, где газ очищается с помощью реагента (свежий глинозем). Фтористый водород адсорбируется, а пыль и реагент остаются в модуле скруббера. Часть использованного реагента вновь подается в реактор в автоматическом режиме, а часть его удаляется. Удаляемый реагент считается «обогащенным» и транспортируется с помощью аэрожелобов и эрлифтов в силосы электролизеров для нормальной обработки в электролизных ваннах. Очищенный газ от электролизеров выпускается в атмосферу через трубу.

Система также содержит подсистемы обработки свежего и обогащенного глинозема. Сюда включены два силоса (каждый из которых весит по 500 т), используемых для промежуточного накопления свежего глинозема для подачи на ГОУ и обогащенного глинозема при приеме от ГОУ. Свежий глинозем подается самотеком по аэрожелобам в центральную распределительную камеру глинозема, откуда он распределяется на модули фильтрации. Обогащенный глинозем транспортируется с помощью аэрожелобов и эрлифтов от ГОУ в бункер обогащенного глинозема. Эти подсистемы способны доставлять заданное количество свежего глинозема к каждому реактору Вентури для подачи и транспортировать обогащенный глинозем к электролизерам для обработки.

Основное оборудование и его характеристики. Оборудование ГОУ включает в себя:

1. Блок плоских фильтров (эффективная общая поверхность фильтра 700 м²).
2. Бункерная часть блока фильтра с аэроднищем и двумя переливными трубами (количество глинозема в бункерной части – 10 т).
3. Вибрационный грохот (скорость – 1500 об/мин; мощность двигателя – 1,5 кВт. Размер ячеей верхней сетки – 5×5 мм; размер ячеей нижней сетки – 0,8×2 мм).

4. Промежуточный бункер «свежего» глинозема (общий вес глинозема в бункере – 500 т).

5. Бункер «фторированного» глинозема (общий вес «фторированного» глинозема в бункере – 500 т);

6. Вальцовый питатель «свежего» глинозема (количество глинозема, проходящего через заслонку – до 50 т/ч);

7. Аэрожелоб «свежего» глинозема (пропускная способность 50 т/ч; угол наклона 3°);

8. Распределительная коробка «свежего» глинозема (объем – 5 т);

9. Главный центробежный вентилятор (скорость вращения – 985 об/мин; мощность двигателя – 1500 кВт; производительность – 448 988 н.м³/ч);

10. Аэрожелоб «фторированного» глинозема (количество глинозема, транспортируемого системой – 50 т/ч; угол наклона 3°);

11. Аэролифт фторированного глинозема (количество транспортируемого глинозема – 80 т/ч);

12. Вентилятор аэрожелобов и бункеров (скорость вращения – 2980 об/мин; мощность двигателя – 90 кВт; производительность – 16200 н.м³/ч);

13. Бустерный вентилятор (скорость вращения – 1500 об/мин; мощность двигателя – 90 кВт; производительность – 63000 м³/ч);

14. Воздуходувка для аэролифта фторированного глинозема (скорость вращения – 2660 об/мин; мощность двигателя – 75 кВт; производительность – до 3340 н.м³/ч);

15. Воздуходувка для аэролифта «свежего» глинозема (скорость вращения – 1480 об/мин; мощность двигателя – 160 кВт; производительность – 84 м³/ч);

16. Аэролифт «свежего» глинозема (количество транспортируемого глинозема – 80 т/ч);

17. Вибрационный грохот фторированного глинозема (скорость – 1500 об/мин; мощность двигателя – 1,5 кВт; размер ячеей верхней сетки – 5×5 мм; размер ячеей нижней сетки – 0,8×2 мм).

Установка работает в автоматическом режиме. Для обеспечения бесперебойной работы установки необходимо осуществлять контроль наполнения бункера первичного глинозема, обеспечить беспрепятственную по-

дачу фторированного глинозема в систему централизованной раздачи глинозема и своевременно устранять неисправности по сообщениям программы автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП СГОУ).

Газовый контур. Сеть сбора газа. Перед ГОУ каждая надстройка электролизера подключается к главному коллектору. Электролизная серия оборудуется восьмью главными ответвлениями. К каждой ветви подключается 22 электролизера.

Соединение между втяжкой электролизера и коллектором осуществляется через изоляционную трубку, чтобы изолировать от электрического потенциала труб. Соответствующий расход у каждого электролизера достигается с помощью измерительной диафрагмы, установленной на газовом выходе каждого электролизера рядом с изоляционной трубкой. Эти главные входные патрубки включают устройства для измерения расхода и температуры.

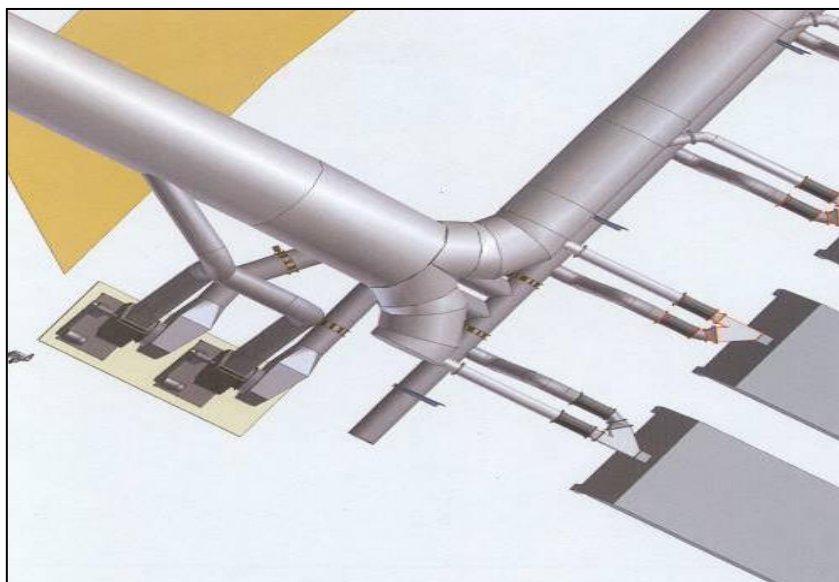
Главный коллектор подает неочищенный газ во входную камеру, из которой коллектор пропускает газ под фильтры. В этой камере поток разделяется между реакторами Вентури, через которые вводится глинозем. Затем, газ всасывается через рукавные фильтры до головки фильтра. К каждой головке фильтра подключается выходная камера и пропускает чистый газ к вытяжным вентиляторам, выход которых соединяется с дымовой трубой. Труба оборудована промежуточной платформой, где можно взять пробы газа, выбрасываемого в атмосферу. Если необходимо, устанавливаются гибкие компенсационные соединения, выдерживающие максимальные температуры.

В табл. 1 приведен состав электролизного газа, поступающего на очистку в «сухую» газоочистную установку (СГОУ).

Система всасывания с двойной вентиляционной трубой. Система всасывания с двойной трубой, представленная на рисунке, предназначена для значительного снижения эмиссии в электролизном цехе, когда электролизеры открыты для технического обслуживания и во время операций смены анодов. Эта система вносит значительный вклад в улучшение рабочих условий.

Таблица 1. Состав электролизного газа, поступающего на очистку

Наименование показателя	Величина, не более
Фторидов газообразных (в пересчете на фтор) F газ на входе в СГОУ1/СГОУ2, мг/нм ³	200–300/236–354
Фторидов твердых $F_{тв}$ на входе в СГОУ1/СГОУ2, мг/нм ³	40–70/47–83
Общее количество твердых частиц и аэрозолей, мг/нм ³	870–1026
Диоксид серы (SO_2), на входе в СГОУ1/СГОУ2, мг/нм ³	280/330



Система всасывания с двойной вентиляционной трубой

Отводная заслонка позволяет изолировать основную трубу и передавать весь газовый поток от одного электролизера во вторичную трубу, установленную параллельно главной трубе.

Таким способом лучше всего контролировать двойной отбор для одного электролизера и минимизировать эффект снижения потока в соседних электролизерах.

Следовательно, выход каждого электролизера соединяется с вторичной системой труб постоянного диаметра. Эта система предназначена для того, чтобы удвоить нормальный поток газа в электролизере, в котором активизируется система. Каждая ГОУ может поддерживать шесть открытых электролизеров одновременно. Когда электролизер будет готов к технологическим операциям (замена анодов, очистка электролизера или сифонирование металла), оператор подает команду увеличения потока газа с пульта управления оператора. По этой команде изменяется положение отводной заслонки, что приводит к повышению потока для данного электролизера. Каждая заслонка оборудуется бес-

контактными переключателями, которые обеспечивают в режиме двойного всасывания работу не более двух электролизеров в группе из 44 электролизеров, с ограничением 6 электролизеров на всю установку ГОУ. Эти бесконтактные переключатели подключают к пульта управления оператора.

Вспомогательные вентиляторы необходимы, потому что перепад давления в трубе двойного отбора выше перепада давления в главном газовом коллекторе и нужно выполнять дополнительное всасывание на выходе электролизера. Всего требуется четыре вспомогательных вентилятора: по одному на две ветви из 22 электролизеров. Каждый вспомогательный вентилятор может поддерживать два открытых электролизера одновременно с ограничением в шесть электролизеров на всю ГОУ. Каждый вспомогательный вентилятор будет обеспечивать нагнетание в основную трубу для сбора газа только после тройникового соединения двух основных ветвей. Перепуск позволяет переключиться на вспомогательный вентилятор, который обслуживает следующие 44 электролизера в случае неис-

правности специального рабочего вентилятора. Однако в такой ситуации в режиме двойного всасывания может работать только четыре электролизера.

Процесс сухой очистки газа.

Адсорбция фтора

Газы, выбрасываемые электролизерами, содержат фтор и пыль. Для сбора газа используется процесс сухой очистки газа.

Хемосорбция фтористого водорода реализуется в реакторе Вентури, где газы контактируют с глиноземом. Турбулентность, наведенная в горловине реактора Вентури, распространяется по всей длине устройства и усиливает хемосорбцию фтористого водорода. В результате образуется соединение, которое остается устойчивым при возвращении фторированного глинозема в электролизеры. Некоторое количество фтора также поглощается покрытием глинозема, которое откладывается на поверхности рукавных фильтров, усиливая, таким образом, эффект удаления. Реактор Вентури имеет очень простую конструкцию и у него высокий КПД. Низкая скорость газа, достигаемая в верхней части реактора (низкоскоростной реактор) снижает эффект трения глинозема и образование окалина.

Рециркулированный глинозем также вводится извне под действием силы тяжести через горловину реактора без какого-либо механического устройства. Таким образом, предотвращается образование окалина и влияние трения. В результате рециркуляции глинозема между газом и глиноземом формируется большая поверхность контакта, обеспечивающая максимальную эффективность очистки. Повышенный контакт между газом и глиноземом позволяет работать при низкой скорости рециркуляции при сохранении минимальной эмиссии на выходе в атмосферу. Каждый реактор оборудуется смотровым люком для контроля ввода глинозема. Запорные заслонки, расположенные в горловине реакторов, позволяют изолировать фильтры для технического обслуживания. Каждая запорная заслонка состоит из двух скользящих полупластин и оборудуется бесконтактным выключателем.

Каждая система газоочистки состоит из нескольких модулей, которые можно изолиро-

вать для технического обслуживания без отключения. Каждый модуль состоит из реактора и фильтра. Система распределения глинозема предназначена для 100 % поддержания ввода глинозема в рабочие реакторы в случае изоляции одного модуля для технического обслуживания.

Существует два способа, которые позволяют обеспечить равномерное распределение газа между модулями:

- коническая распределительная камера под фильтрами;
- ручная настройка, выполняемая во время пуска с помощью разгрузочной заслонки.

Это позволяет достаточно равномерно распределять поток газа между фильтрами. Таким образом, сохраняется постоянная эмиссия, даже если один модуль останавливается для технического обслуживания или замены мешков.

Покинув реактор, насыщенные пылью газы входят в фильтры. Глинозем и другие частицы отделяются от потока газа в два этапа:

- по двум коленам под углом 90° газы входят во входную камеру и загрузочный бункер, в результате чего большая часть плотного материала выпадает из потока газа до достижения рукавных фильтров;
- во время фильтрации газов глинозем и другие частицы собираются на наружной поверхности рукавных фильтров.

Конструкция рукавного фильтра постоянно совершенствуется, благодаря множеству испытаний в лабораториях и на объектах. Фильтр приведен в соответствие с конкретными условиями газоочистных установок. Вследствие этому он обеспечивает: пониженную турбулентность во входной камере; равномерное распределение с глиноземом между десятью фильтрующими элементами; равномерное распределение газов в рукавных фильтрах без повышения локальной скорости; возможность фильтровать газы с высоким содержанием глинозема (до 300 г/м³) и пониженное влияние окалина в фильтре.

Эти характеристики приводят к снижению истирания и повышают срок службы рукавных фильтров. Наружная поверхность рукавных фильтров защищается воздухопроницаемым покрытием из глинозема, который наращива-

ется во время фильтрации. Стандартная длина рукавных фильтров обеспечивает покрытие постоянной толщины по всей поверхности мешков. Щадящая система очистки противотоком воздуха низкого давления позволяет не удалять это защитное покрытие. Такое покрытие также повышает адсорбцию фтористого водорода в фильтре.

Фильтровальные блоки. Фильтровальный блок состоит из 12 фильтровальных войлочных мешков выполненных из полиэстера плотностью 400 г/м². Каждый рукавный фильтр делится на 32 независимых фильтровальных канала. Эти мешки подвешиваются и не требуют более низкого крепления, чем простое горизонтальное крепление, которое обеспечивает постоянное и автоматическое натяжение под действием силы тяжести. Такое постоянное натяжение в сочетании с формой и конфигурацией, получаемыми с помощью внутренних опор, снижает их выпячивание, которое может привести к местному истиранию фильтрующей среды.

Рукавный фильтр, характеристики которого приведены в табл. 2, проектируется и оснащается таким образом, чтобы можно было обеспечить:

- отдельную разборку каждого мешка;
- общий демонтаж каждого элемента за одну быструю операцию (30 мин);
- плановое техническое обслуживание, т. к. имеется возможность заранее подготовить фильтровальный блок.

В случае течей или повреждений любой из 32 фильтровальных каналов мешка можно перекрыть отдельно с помощью пробки из минеральной ваты или пенополиуретана. Оставшиеся каналы могут обслуживаться и рабо-

тать в режиме фильтрации. Эта операция очень простая и ее можно выполнять очень быстро с чистой стороны рукавных фильтров.

При достижении максимальной температуры (145 °С) на протяжении 30 сек происходит остановка работы вытяжных вентиляторов при помощи АСУТП ГОУ. Автоматическая очистка рукавных фильтров обеспечивается системой противотока воздуха. Благодаря отрицательному давлению, создаваемому вытяжными вентиляторами, для создания противотока воздуха теперь не нужны противоточные вентиляторы. Это усовершенствование было успешно внедрено на данные установки. Очищаемый фильтрующий элемент подвергается противотоку чистого воздуха, подаваемого в ГОУ из окружающей среды. Каждый фильтрующий элемент чистится отдельно. С этой целью фильтрующий элемент оборудуется запорным клапаном. Когда клапан находится в нижнем положении, фильтрующий элемент изолируется, и его мешки больше не находятся в режиме фильтрования. Затем мешки в фильтрующем элементе очищаются в течение нескольких секунд противотоком воздуха низкого давления, подаваемым изнутри. Этот поток идет в направлении, противоположном направлению процесса нормальной фильтрации, а воздух низкого давления обеспечивает операцию очистки при низких механических напряжениях. Такая система очистки обеспечивает более длительный срок службы рукавного фильтра и всегда сохраняет низкий перепад давления.

Когда запорный клапан поднимается в верхнее положение, фильтрующий элемент возвращается в режим фильтрации с закрытой диафрагмой для воздуха противотока.

Таблица 2. Характеристики фильтра

Характеристика	Величина
Материал фильтров, тип	Полиэстер
Высота плоского фильтра, м	2,3
Количество фильтрующих элементов в модуле, шт.	120
Общее количество модулей на ГОУ, шт.	20
Количество ячеек в модуле, шт.	10
Количество рукавов в ячейке, шт.	12
Количество фильтровальных каналов в фильтре, шт.	32
Термостойкость ткани фильтров, °С:	
– длительная термостойкость	135
– максимальная термостойкость	145
Общая площадь фильтрации одного модуля фильтра, м ²	2035

При очистке фильтра необходимо сохранять постоянный перепад давления на фильтровальных фильтрах. Регулирование цикла очистки контролируется перепадом давления на фильтре. Это позволяет в любой момент выполнять автоматическую чистку в зависимости от ситуации: старение и состояние мешков; замена мешков в одном фильтровальном блоке и т. д.

Для контроля перепада давления на каждом фильтровальном модуле и инициирования процесса очистки одного ряда мешков, когда перепад достигает заданного значения, используется дифференциальный преобразователь давления.

При нормальном рабочем объемном расходе перепад давлений на ткани фильтра в первый месяц работы составляет 1600 Па.

Однако, при выборе размера вентилятора принимают более высокий перепад давлений, равный 2500 Па, поскольку как показывает опыт, после начального периода стабилизации перепад давлений на фильтре медленно повышается.

На ГОУ устанавливается шесть вытяжных вентиляторов. Они помещаются на выходе каждой установки ГОУ и позиционируются по оси межкорпусного двора, где наблюдается самое низкое магнитное поле от высокоточных электролизеров. Они рассчитаны таким образом, что могут обеспечивать 100 % потока газа при остановке одного вентилятора для технического обслуживания.

Эти вентиляторы работают от электродвигателей, относятся к центробежному типу и характеризуются загнутыми назад лопатками.

Регулирование потока осуществляется при помощи регулируемой радиальной заслонки,

положение которой отображается на дисплее пункта управления благодаря наличию конечных выключателей.

Можно также использовать ручную заслонку для изоляции каждого вентилятора от основной выходной трубы во время технического обслуживания.

Вентиляторы имеют гибкие соединения труб и на стороне входа и на стороне нагнетания. Они имеют такие размеры, которые позволяют перемещать максимальный объемный поток газа, очищаемый каждым фильтром.

Каждый вентилятор оборудуется:

- датчиком температуры;
- датчиком вибраций;
- устройством, которое предотвращает вращение колеса при выключении вентилятора.

Для технического обслуживания электродвигателей вентиляторов используют мостовой кран.

Заключение

На сегодняшний день вопросы, связанные с очисткой отходящих от электролизеров газов, являются важными и актуальными, поскольку в Российской Федерации законодательство предъявляет крупным предприятиям и холдингам жесткие условия соблюдения экологических критериев по выбросам и отходам. Предприятия оснащаются все более современным и высокотехнологичным оборудованием, способным обеспечить высокую степень эффективности очистки газов, образующихся в процессе электролиза криолит-глиноземных расплавов с использованием методов «сухой» газоочистки.

Список источников

1. Grjotheim K., Welch B.J. Aluminium Smelter Technology. Düsseldorf: Aluminium-Verlag, 1988. 327 p.
2. Prasad S. Studies on the Hall-Heroult Aluminum Electrowinning Process // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2000. Vol. 11. № 3. P. 245–251. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532000000300008>.
3. Alamdari H. Aluminium Production Process: Challenges and Opportunities // Metals. 2017. Vol. 7. № 7 (4). P. 133. <https://doi.org/10.3390/met7040133>.
4. Dudin M.N., Voykova N.A., Frolova E.E., Artemieva J.A., Rusakova E.P., Abashidze A.H. Modern trends and challenges of development of global aluminum industry // Metalurgija. 2017. Vol. 56. № 1–2. P. 255–258.
5. Козлов С.И., Немчинова Н.В., Федотова Д.А. Виды основных техногенных отходов производства алюминия на электролизерах с обожженными анодами // Молодежный вестник ИРГТУ. 2022. Т. 12. № 3. С. 668–673. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2022/03/articles/35> (дата обращения: 15.01.2024).
6. Шарифов А.Р., Муродиён А.Ш., Умаров М.К., Акрамов А.А. Классификация твердофазных отходов производства алюминия для их эффективного использования // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2006. Т. 49. № 4. С. 344–347.

7. Зенкин Е.Ю., Гавриленко А.А., Немчинова Н.В. О переработке отходов производства первичного алюминия ОАО «РУСАЛ Братск» // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 3. С. 123–132. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2017-3-123-132>.
8. Бурдонов А. Е., Зелинская Е. В., Гавриленко Л. В., Гавриленко А. А. Изучение вещественного состава глиноземсодержащего материала алюминиевых электролизеров для использования в технологии первичного алюминия // Цветные металлы. 2018. № 3. С. 32–38. <https://doi.org/10.17580/tsm.2018.03.05>.
9. Куликов Б.П., Истомин С.П. Переработка отходов алюминиевого производства. Красноярск: Классик-Центр, 2004. 480 с.
10. Виноградов А.М., Пинаев А.А., Виноградов Д.А., Пузин А.В., Шадрин В.Г., Зорько Н.В. и др. Повышение эффективности укрытия электролизеров Содерберга // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2017. № 1. С. 19–30. <https://doi.org/10.17073/0021-3438-2017-1-19-30>.
11. Сторожев Ю.И., Поляков П.В., Дектерев А.А., Казанцев Я.В. К вопросу очистки анодных газов электролизера с анодом Содерберга // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 11. С. 15–19. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-11-15-19>.
12. Buzunov V., Mann V., Chichuk E., Frizorger V., Pinaev A., Nikitin E. The first results of the industrial application of the EcoSoderberg technology at the Krasnoyarsk aluminium smelter // The minerals, metals & materials series. 2016. P. 573–576. <https://doi.org/10.1002/9781118663189.ch98>.
13. Mann V., Buzunov V., Pingin V., Zherdev A., Grigoriev V., Environmental Aspects of UC RUSAL's Aluminum Smelters Sustainable Development // The minerals, metals & materials series. 2019. P. 553–563. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05864-7_70.
14. Белых Л.И., Максимова М.А. Эколого-технологическая модернизация Иркутского алюминиевого завода и ее влияние на канцерогенную опасность для города Шелехова // Экология и промышленность России. 2018 Т. 22. № 9. С. 8–13. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-9-8-13>.
15. Дрягин Д.В., Сокольников Ю.В. Внедрение системы «сухой» газоочистки при производстве алюминия // Молодежный вестник ИрГТУ. 2021. Т. 11. № 4. С.25–32. Режим доступа: <http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2021/04/articles/04> (дата обращения: 15.01.2024).
16. Ржечицкий Э.П., Иванов Н.Н., Иванчик Н.Н. Методы исследования аэродинамических параметров и эффективности «сухой» газоочистки // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 68–75.
17. Пат. № 2494175, Российская Федерация, C25C 3/22. Технологическая линия очистки отходящих газов электролитического производства алюминия в электролизерах, оснащенных системой автоматической подачи сырьевых сыпучих материалов / В.Г. Григорьев, С.В. Тепикин, А.В. Ермаков, Д.В. Высотский, А.С. Жердев, М.Е. Казанцев; заявитель и патентообладатель ООО ОК «РУСАЛ Инженерно-технологический центр». Заявл. 05.04.2012; опубл. 27.09.2013. Бюл. № 27.
18. Пат. № 2749421, Российская Федерация, МПК C25C3/22. Двухступенчатый газоочистной модуль для очистки электролизных газов / В.Г. Григорьев, С.В. Тепикин, А.Д. Шемет, А.А. Кузаков, А.С. Жердев, Ю.В. Богданов, С.Ю. Павлов; заявитель и патентообладатель ООО ОК «РУСАЛ Инженерно-технологический центр». Заявл. 14.07.2020; опубл. 09.06.2021. Бюл. № 16.

Информация об авторах / Information about the Authors

Бельский Сергей Сергеевич,

к.т.н., доцент,
доцент кафедры металлургии цветных металлов,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
bss@istu.edu

Sergei S. Belskii,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor, Non-Ferrous Metals
Metallurgy Department,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
bss@istu.edu

Крюков Андрей Николаевич,

студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Kruykov.85@mail.ru

Andrey N. Kryukov,

Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Kruykov.85@mail.ru

Разработка программы ЭВМ для химиков-аналитиков: новый уровень эффективности

© М.А. Иванова, О.В. Белозерова, А.А. Подкорытов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс создания программы для химиков-аналитиков по классификации нефти в период изучения нормативной документации или внедрение в работу для действующих специалистов соответствующей промышленности. Особое внимание уделено этапам создания программы, от идеи до реализации проекта, включающим в себя: формирование базы данных на основании документации, выбор реализации программы, написание кода на языке Python, создание графического интерфейса и тестирование программы. Рассмотрены перспективные направления для развития данного проекта. Программы на основе нормативной документации для химиков-аналитиков играют важную роль в различных отраслях промышленности, таких как нефтепереработка, пищевая, металлургия. Химики-аналитики, работающие в этих сферах, должны иметь глубокие знания нормативной базы, которая регламентирует процессы производства, контроль качества продукции и безопасность технологических процессов. Специалисты используют в своей работе большое количество различных документов, поэтому целью данного проекта является разработать программу для химиков-аналитиков по классификации нефти для эффективной работы с документацией. В работе были использованы такие методы, как систематизация данных, статистическая обработка информации и непосредственно программирование. В результате выполнения всех этапов по созданию программы – разработана ПК-версия приложения по классификации нефти по классам, типам, группам и видам для нефтеперерабатывающей промышленности. Рассмотрена перспектива для реализации аналогичных программ для таких активно развивающихся промышленности как пищевая и металлургия.

Ключевые слова: программа, графический интерфейс, классификация нефти, химики-аналитики

Developing a computer programme for analytical chemists: a new level of efficiency

© Maria A. Ivanova, Olga V. Belozerova, Alexey A. Podkorytov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article outlines the development of a program for analytical chemists to classify oil during regulatory documentation review or for new industry professionals. The creation of a programme is a multi-stage process, from idea to project implementation. This includes forming a database based on documentation, selecting a programme implementation, writing Python code, creating a graphical interface, and testing the programme. The project's potential development directions are also taken into account. Analytical chemists working in industries such as oil refining, food, and metallurgy play a crucial role in ensuring compliance with regulatory frameworks governing production processes, product quality control, and process safety. The aim of this project is to develop a programme for analytical chemists working with oil classification documents. The programme will facilitate their work by using methods such as data systematisation, statistical processing, and programming. A PC version of an application for classifying oil by classes, types, groups, and kinds for the oil refining industry has been developed. The possibility of implementing similar programs for other rapidly developing industries, such as metallurgy and food, is being considered. The application includes a graphical interface and is designed for use by analytical chemists.

Keywords: program, graphical interface, oil classification, analytical chemists

Программы по нормативной документации для химиков-аналитиков играют важную роль в различных отраслях промышленности: нефтепереработка, пищевая, металлургия и др. Химики-аналитики, работающие в этих сферах, должны иметь глубокие знания нормативной базы, которая регламентирует процессы

производства, контроль качества продукции и безопасность технологических процессов.

В нефтеперерабатывающей промышленности программы по нормативной документации играют ключевую роль в обеспечении эффективного контроля за процессами переработки сырья, предоставляют высокое каче-

ство нефтепродуктов и соблюдение экологических стандартов. Химики-аналитики, обладающие соответствующими знаниями и навыками работы с нормативными документами, способны повысить производственную эффективность и создать безопасность производственных процессов.

В пищевой промышленности программы по нормативной документации необходимы для контроля за качеством и сохранностью пищевой продукции. Химики-аналитики в этой области должны быть внимательны к деталям и уметь интерпретировать результаты, чтобы обеспечить соответствие продукции стандартам безопасности и качества.

В металлургической промышленности программы по нормативной документации помогают контролировать процессы обработки металлов, анализировать состав сплавов и создают соответствие технологий требованиям стандартов [1]. Химики-аналитики в металлургии участвуют в обеспечении качества металлической продукции и соблюдении технологических нормативов.

Последнее время химическая, пищевая, нефтеперерабатывающая и металлургическая промышленности все более активно внедряют программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ) на основе нормативной документации по ряду причин:

1. Соблюдение нормативных требований. Для многих отраслей промышленности существует жесткая нормативная база, регулирующая процессы производства, качество продукции, экологические стандарты и безопасность труда. Использование программ для ЭВМ на основе нормативной документации позволяет предприятиям автоматизировать расчеты, контроль и отчетность в соответствии с этими нормами.

2. Улучшение качества продукции. Современные программные решения позволяют контролировать и оптимизировать производственные процессы, что способствует повышению качества выпускаемой продукции. Нормативная документация определяет требования к составу, свойствам и обработке материалов, а программы для ЭВМ помогают следить за их соответствием.

3. Оптимизация процессов. Использование программ для расчетов с учетом нормативов позволяет выявлять эффективные способы уменьшения затрат материалов, энергии, времени и трудозатрат на производство. Это важно для улучшения экономической эффективности предприятий [2].

4. Сокращение ошибок. Автоматизация процессов, с помощью программ для ЭВМ на основе нормативной документации снижает вероятность человеческих ошибок и повышает точность расчетов, что способствует минимизации рисков при принятии решений на предприятии.

Таким образом, внедрение программ для ЭВМ на основе нормативной документации становится важным шагом для современных производственных предприятий, помогая им повысить эффективность бизнеса, сократить издержки, обеспечить соответствие требованиям законодательства и повысить качество выпускаемой продукции.

Программы по нормативной документации для химиков-аналитиков являются необходимым инструментом в работе специалистов в нефтеперерабатывающей, пищевой и металлургической промышленности, способствуют повышению эффективности производства, обеспечению безопасности и качества продукции [3].

Лаборанты химического анализа, химики-инженеры руководствуются в своей профессиональной деятельности технической нормативной документацией, в т. ч. государственными стандартами. Для нефтеперерабатывающей промышленности одним из основных документов является ГОСТ Р 51858-2020 «Нефть. Общие технические условия»¹, который классифицирует нефти на классы, типы, группы и виды. Данный документ используется для составления условного обозначения (паспорта) нефти, и он един для всех специалистов, работающих в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

Нами впервые осуществлено создание программы для составления паспорта нефти, чтобы ускорить работу заполнения документов и минимизировать ошибки, т. к. в государственном стандарте существуют примечания,

¹ ГОСТ Р 51858-2020 Нефть. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2020. 11 с.

которые играют решающую роль для выбора того или иного класса, типа, группы, вида. Также преимущество данной программы в том, что, заполняя ее из раза в раз, специалист запомнит значения параметров и это еще больше облегчит работу и усилит компетенцию работника.

Целью данной статьи было разработать программу для химиков-аналитиков по классификации нефти для эффективной работы с документацией.

Данная цель определила ряд основных задач работы:

1. Собрать необходимую информацию для разработки ПО.
2. Разработать базу данных.
3. Разработать графический интерфейс программы.
4. Реализовать работу ПО.

В работе были использованы следующие методы исследования: систематизация, методы статистической обработки информации, программирование.

Было решено после формирования идеи создать прототип – первую версию приложения, далее написание кода и тестирование готовой программы на достоверность результатов.

Первым этапом работы было формирование базы данных на основании ГОСТ Р 51858-2020 «Нефть. Общие технические условия». Для создания базы данных использовано программное обеспечение «DB Browser for SQLite» данное ПО представляет из себя высококачественный визуальный инструмент с открытым исходным кодом, предназначенный для создания, проектирования и редактирования файлов баз данных, консистентных с SQLite.

Классы, типы, группы, виды представлены отдельными таблицами с параметрами, по которым характеризуют нефть (рис. 1).

Данные из нормативного документа вносились в базу данных соответствующим образом (рис. 2). В результате чего разработаны таблицы по типам, группам и видам.

Следующим этапом выполнено формирование вывода данных. Обработка запросов к созданной базе данных и формирование ответов реализовано с помощью алгоритмов на языке программирования Python [4].

Исходя из введенных данных, реализованный алгоритм анализирует и выводит результат на экран графического интерфейса в качестве номера класса, типа, группы, вида нефти, в зависимости от параметров (рис. 3).

Класс нефти	Наименование	Массовая доля серы, %	Метод испытания
1	Малосернистая	До 0,60 включ.	По ГОСТ Р 51947, ГОСТ 32139*
2	Сернистая	Св. 0,60 до 1,80 включ.	
3	Высокосернистая	Св. 1,80 до 3,50 включ.	
4	Особо высокосернистая	Св. 3,50	

Рис. 1. Классификация нефти в зависимости от содержания серы

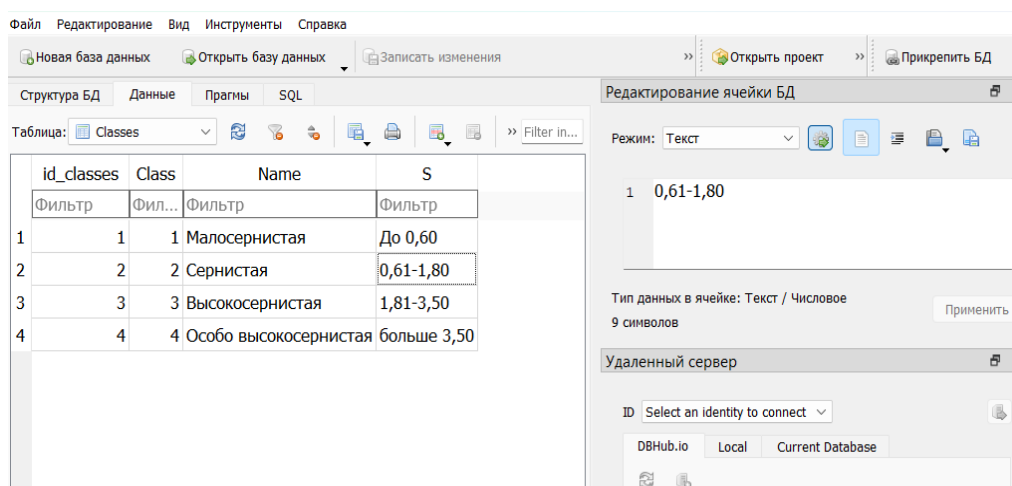


Рис. 2. Таблица «класса нефти» из базы данных

```
def result_fr1(self, event):
    try:
        percent_sulfur = float(self.w1.get().replace(',', '.'))
        if 0 <= percent_sulfur <= 0.6:
            self.Label5.configure(text="1")
            self.Label7.configure(text='Малосернистая')
        elif 0.6 < percent_sulfur <= 1.8:
            self.Label5.configure(text="2")
            self.Label7.configure(text='Сернистая')
        elif 1.8 < percent_sulfur <= 3.5:
            self.Label5.configure(text="3")
            self.Label7.configure(text='Высокосернистая')
        elif 3.5 < percent_sulfur <= 100:
            self.Label5.configure(text="4")
            self.Label7.configure(text='Особо высокосернистая')
        else:
            self.Label3.configure(text='Введены не корректные данные')
    except ValueError:
        self.Label3.configure(text='Введены не корректные данные')
```

Рис. 3. Обработка запроса к базе данных

В данном случае, код прописан с четкими значениями диапазонов. Поэтому, если будет введено значение отличное на 0,01 от крайнего числа, то результат более достоверен, и отнесет данное значение к следующему классу, что выполняет условия примечаний в государственном стандарте.

Важно было учесть, что если, например, классификация по типам характеризуется двумя параметрами, то если нефть по одному из показателей относится к типу с меньшим номером, а по-другому – к типу с большим номером, то нефть считают соответствующей типу с большим номером.

Именно поэтому разработан код для типа, группы и вида диапазоном с циклическими функциями, чтобы соблюсти примечание, которое имеет очень важную роль в достоверности результата [5].

Как только был разработан код, встал вопрос создания графического дизайна приложения (прототипа). Поскольку в классификации присутствует разделение на классы,

типы, группы и виды, в которые входят несколько характеристик, то было принято решение не объединять все параметры в одно окно, а разделить на четыре отдельных вкладки. В качестве графического интерфейса свое предпочтение отдали библиотеке Tkinter – это кроссплатформенный графический интерфейс Python, позволяющий работать с библиотекой Tk. Он содержит элементы графического интерфейса пользователя, с помощью которых можно создавать различные приложения [6]. Также можно сказать, что Tkinter – графическая библиотека языка Python, которая позволяет создать программы с оконным интерфейсом (рис. 4).

Каждая вкладка создана отдельно с полем для ввода данных, кнопкой и выводом результата (рис. 5). Использовались функции Text, Label, Button.

Следующим важным этапом являлось обращение к графическому интерфейсу с помощью кода для связи и вывода результатов (рис. 6)².

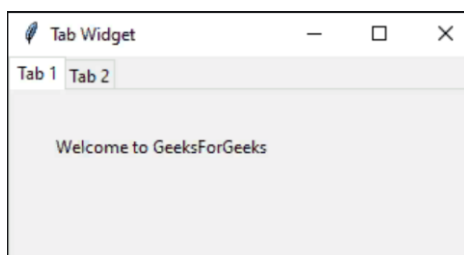


Рис. 4. Создание оконного интерфейса

² Курс по Tkinter с примерами. Режим доступа: <https://python-scripts.com/tkinter> (дата обращения: 21.02.2024).

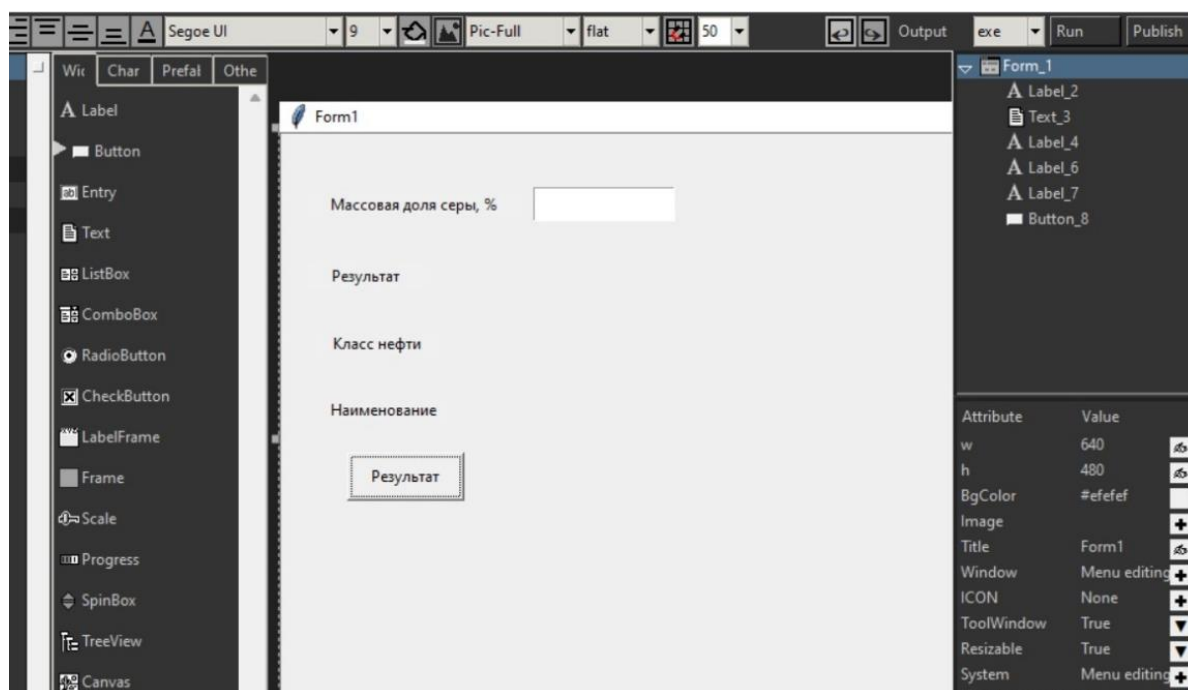


Рис. 5. Графическая интерпретация приложения

```
import tkinter as tk
from tkinter import ttk

root = tk.Tk()
root.title("Tab Widget")
tabControl = ttk.Notebook(root)

tab1 = ttk.Frame(tabControl)
tab2 = ttk.Frame(tabControl)

tabControl.add(tab1, text='Tab 1')
tabControl.add(tab2, text='Tab 2')
tabControl.pack(expand=1, fill="both")

ttk.Label(tab1,
          text="Welcome to \
          GeeksForGeeks").grid(column=0,
                                row=0,
                                padx=30,
                                pady=30)

ttk.Label(tab2,
          text="Lets dive into the\
          world of computers").grid(column=0,
                                    row=0,
                                    padx=30,
                                    pady=30)

root.mainloop()
```

Рис. 6. Листинг программы 1 и 2

Когда собраны концепция, дизайн и технология, получается версия, которая почти готова к выпуску. Но перед релизом приложения необходимо провести тесты и проверить – все ли работает так, как было запланировано.

Поэтому завершающим этапом стало тестирование созданной программы и соответствие требованиям по достоверности. В ко-

нечном варианте разработанный прототип выглядел следующим образом (рис. 7).

Анализ разработанной программы по классификации нефти показал, что данная работа действительно является актуальной для использования химиками-аналитиками в период обучения для запоминания основных нормативных документов, а также для уже

Рис. 7. Работа готовой программы по классификации нефти

действующих работников с целью минимизации ошибок при составлении паспорта нефти. Программа демонстрирует достоверные результаты в соответствии с ГОСТ Р 51558-2020 «Нефть. Общие технические условия», который классифицирует нефти на классы, типы, группы и виды. В результате выполнения ряда поставленных задач, цель данной работы была достигнута.

Нами не использовалась уже разработанная база данных, следовательно, для данной программы просматривается перспектива. Есть идея внедрить ее, как хранилище полученных данных для удобства связи «запрос-данные» [7]. При вводе значения, данные будут сохраняться в базе данных и в дальнейшем могут использоваться повторно.

Также возможно разработать подобные программы не только для химической промышленности, но и для металлургии, которая активно развивается и расширяет спектр работ. Взяв за основу ГОСТ Р 53372-2009 «Золото. Методы анализа»³, есть возможность реализовать схожую программу, которая позволит определить элемент исходя из массовых долей, определяемых различными методами. Например, атомно-эмиссионным или атомно-абсорбционным. На основе технической документации, с которой работают спе-

циалисты, также можно создать программу для расчетов массовых долей определяемого элемента, запрограммировав формулы для расчета и формировать базу данных с уже исследованными элементами. Данные программы могут облегчить работу обработки результатов экспериментов [8].

Создание программ для ЭВМ в промышленности играет ключевую роль в автоматизации и оптимизации производственных процессов. Сегодня во многих отраслях промышленности наблюдается стремительное развитие цифровых технологий, что приводит к увеличению потребности в специализированных программных продуктах для эффективного управления и анализа данных [9].

Автоматизация процессов расчета данных обеспечивает повышение скорости и точности выполнения задач, сокращение временных затрат на обработку информации, снижение риска человеческих ошибок и увеличение производительности труда. Создание специализированных программ позволяет улучшить контроль за производственными процессами, снизить издержки и повысить качество продукции [10].

Кроме того, программы для ЭВМ могут быть настроены для решения конкретных задач в различных отраслях промышленности – от

³ ГОСТ Р 53372-2009. Золото. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2009. 36 с.

проектирования и контроля качества до планирования производства и управления логистикой. Это позволяет предприятиям быстро реагировать на изменяющиеся рыночные условия и повышать конкурентоспособность на рынке.

Таким образом, создание программ для ЭВМ в промышленности играет важную роль в современном бизнесе, обеспечивая компаниям возможность эффективно управлять данными, повышать производительность и быть более конкурентоспособными на рынке.

Список источников

1. Долгих М.Н., Немчинова Н.В. Разработка в MS EXCEL алгоритма расчета материального баланса процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов в электролизерах с обожженными анодами: сб. тр. XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 22–23 апреля 2021г.). Иркутск, 2021. С. 17–20.
2. Мэттиз Э. Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. СПб.: Питер, 2020. 512 с.
3. Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2021667132, Российская Федерация. Расчет состава шихты для получения силумина с добавкой шлака кремниевого производства / Н.В. Немчинова, В.В. Хоанг, А.А. Тютрин. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ИрННТУ». Заявка № 2021665813. Заявл. 12.10.2021; опубл. 25.10.2021.
4. Лутц М. Изучаем Python / пер. с англ. А. Киселева. СПб.: Символ-Плюс, 2011. 1280 с.
5. Резько И. Самое полное руководство по разработке на Python в примерах от сообщества Stack Overflow. М.: АСТ, 2024. 672 с.
6. Доусон М. Программируем на Python. СПб.: Питер, 2014. 416 с.
7. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2022619785, Российская Федерация. Программа для расчета содержания кальцийсодержащих флюсов при переработке шлаков кремниевого производства / В.В. Хоанг, Н.В. Немчинова, А.А. Тютрин. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ИрННТУ». Заявка № 2022618272. Заявл. 06.05.2022; опубл. 26.05.2022.
8. Хоанг В.В., Немчинова Н.В., Тютрин А.А., Плакущий А.В. Разработка в PASCALABC.NET программы расчета состава шихты для переработки шлаков кремниевого производства: сб. тр. XXII Междунар. науч.-практ. конф. в 2-х ч. (г. Новокузнецк, 10–11 ноября 2021 г.). Новокузнецк, 2021. Ч. 1. С. 141–146.
9. Бараускас А.Э., Немчинова Н.В., Тютрин А.А., Будько Т.В. Математическое моделирование процесса выщелачивания фтора из отработанной футеровки алюминиевых электролизеров: сб. тр. Междунар. науч. конф., посвященной 80-летию С.С. Набойченко (г. Екатеринбург, 24 марта 2022 г.). Екатеринбург, 2022. С. 257–263.
10. Гэддис Т. Начинаем программировать на Python. СПб.: БХВ-Петербург, 2022. 880 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Иванова Мария Александровна,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
masha.iv1209@mail.ru

Maria A. Ivanova,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
masha.iv1209@mail.ru

Белозерова Ольга Викторовна,
к.х.н.,
доцент кафедры химической технологии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ovbelozerovalist.ru

Olga V. Belozerovalist.ru,
Cand. Sci. (Chemistry),
Associate Professor of the Department of Chemical Technology,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ovbelozerovalist.ru

Подкорытов Алексей Александрович,
ассистент кафедры автоматизации и управления,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
podkorytovalist.ru

Alexey A. Podkorytovalist.ru,
Assistant of Automation and Control Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
podkorytovalist.ru

Основные компоненты электролитов алюминиевой ванны

© О.В. Кокова, М.Ю. Кузьмина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Предприятия компании «Русский алюминий» применяют различные методы исследования химического состава исходного сырья, используемого при производстве алюминия. В настоящее время не существует единого метода определения полного химического состава глинозема, содержащего большое количество разнообразных примесей. В связи с этим становится актуальной разработка методики, позволяющей определять большинство элементов, содержащихся в исходном сырье алюминиевого производства. Целью данной статьи является обзор свойств и строения основных компонентов электролитов, а также изучение возможности совершенствования методик химического анализа глиноземсодержащих продуктов алюминиевого производства. Изучены требования к материалам, применяемым в процессе производства алюминия. Проанализированы предписания к качеству промышленных глиноземов. Рассмотрены сортность, гранулометрический состав и физико-химические свойства типичных глиноземов. Показаны основные диаграммы состояния двойных и тройных систем ($\text{NaF}-\text{AlF}_3$; $\text{Na}_3\text{AlF}_6-\text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{Na}_3\text{AlF}_6-\text{AlF}_3-\text{Al}_2\text{O}_3$). Представлен ряд методик химического анализа глиноземсодержащих продуктов и рассмотрены возможные пути их совершенствования.

Ключевые слова: алюминий, глинозем, физико-химические свойства, диаграммы состояния, химический анализ глиноземсодержащих продуктов

The main components of the electrolytes of the aluminum bath

© Olga V. Kokova, Marina Yu. Kuzmina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. RUSAL enterprises use various methods to study the chemical composition of the feedstock used in the production of aluminum. Currently, there is no single method for determining the complete chemical composition of alumina containing a large number of various impurities. In this regard, it becomes relevant to develop a methodology that allows determining most of the elements contained in the raw materials of aluminum production. The purpose of this article is to review the properties and structure of the main components of electrolytes, as well as to study the possibility of improving the methods of chemical analysis of clay-containing aluminum products. The article examines the requirements for materials used in the aluminum production process. The article analyzes the requirements for the quality of industrial alumina and examines the grade, particle size distribution and physicochemical properties of typical alumina. The article shows the main phase diagrams of binary and ternary systems ($\text{NaF}-\text{AlF}_3$; $\text{Na}_3\text{AlF}_6-\text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{Na}_3\text{AlF}_6-\text{AlF}_3-\text{Al}_2\text{O}_3$) and presents a number of methods for the chemical analysis of alumina-containing products and discusses possible ways to improve them.

Keywords: aluminum, alumina, physico-chemical properties, state diagrams, chemical analysis of alumina-containing products

Алюминий является важнейшим цветным металлом, по объему производства намного опережающим другие цветные металлы, а среди конструкционных материалов уступающим только стали [1, 2]. Стабильно высокий спрос на алюминий и, соответственно, высокие темпы прироста производства обусловлены его уникальными физико-химическими свойствами. Благодаря своим свойствам алюминий нашел широкое применение в электротехнике, авиа- и автостроении, транспорте, производстве бытовой техники, строительстве, упаковке пищевых продуктов, химической промышленности и других отраслях [3, 4].

Алюминиевая промышленность России занимает доминирующее положение в производстве цветных металлов в стране и по выпуску первичного алюминия находится в группе мировых лидеров [2, 5–11]. В настоящее время единственным способом производства алюминия является электролиз диоксида алюминия в расплаве криолита [1, 2, 5, 6].

Основными компонентами электролита являются криолит (Na_3AlF_6), фторид алюминия (AlF_3) и глинозем (Al_2O_3). В первом приближении, электролиты по своему составу соответствуют расплавам тройной системы ($\text{Na}_3\text{AlF}_6-\text{AlF}_3-\text{Al}_2\text{O}_3$). В действительности,

состав электролита более сложен^{1,2}. В нем всегда присутствует 2–3 % (масс.) фторида кальция, поступающего в электролизер как примесь в исходных материалах (в глиноземе, криолите, фториде алюминия, анодах). Кроме того, CaF_2 иногда специально вводят в ванну для понижения температуры плавления электролита и уменьшения потерь алюминия. Для этих же целей, кроме фторида кальция, применяются добавки фторида магния. В электролит алюминиевых электролизеров также иногда вводят хлорид натрия и фторид лития (или литиевый криолит), который снижает удельное электросопротивление. Суммарное количество добавок, как правило, не превышает 10 % (масс). Помимо основных компонентов, в электролите всегда присутствуют примеси (Fe_2O_3 , SiO_2 , CuO , P_2O_5 , V_2O_5), которые поступают в электролизер с исходными материалами [1]. Эти примеси удаляются из электролита различными путями (разряд на электродах, извлечение с «пенной»). В связи с этим содержание их в электролите составляет десятки или сотые доли процента.

Качество промышленных глинозёмов

При производстве алюминия глинозем выполняет несколько важных функций [12]:

- является основным сырьем для получения металла;
- выполняет функции теплоизолятора и может использоваться для уменьшения потерь тепла через верх и поддержания температуры процесса;
- укрывает обожженные аноды, предотвращая их выгорание;
- применяется как сорбент при очисткеходящих газов.

Не все алюминиевые заводы используют глинозем согласно вышеуказанным функциям [13–17].

Каждая из этих функций зависит от различных физико-химических свойств, которые у глинозема не являются постоянными. Характеристиками, используемыми на алюми-

евых предприятиях, являются сортность глинозема, насыпной вес и пикнометрическая плотность, гранулометрический состав, угол естественного откоса, удельная поверхность, потери при прокаливании и фазовый состав. Для современных электролизеров с обожженными анодами становится необходимым обеспечить в глиноземе низкое содержание α -фазы, минимизировать содержание в глиноземе фракции крупностью менее 40 мкм, а величину удельной поверхности довести до более чем 50 м²/г [18].

Сортность глинозема

Согласно ГОСТ 30558-2017, глинозем представляет собой кристаллический гигроскопичный порошок, состоящий из различных модификаций оксида алюминия и предназначенный преимущественно для производства алюминия электролитическим методом³. Сортность глинозема оказывает первостепенное влияние на качество производимого металла и работу электролизера. Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что основной примесью в глиноземе является оксид натрия. В глиноземе присутствуют также оксиды кальция, кремния, железа и титана. Натрий и кальций осаждаются совместно. При этом их содержание зависит от условий процесса производства глинозема. Повышенные концентрации фтора, натрия и кальция способствуют образованию в процессе кальцинации модификации $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и выступают в качестве минерализаторов. Наличие примесей натрия увеличивает в процессе электролиза расход фторида алюминия, т. к. эти примеси взаимодействуют с AlF_3 с образованием криолита. С другой стороны, концентрация кальция в электролите доходит до стационарного состояния и может достигать высоких значений. Поскольку железо, фосфор, ванадий и кремний могут отрицательно влиять как на выход по току, так и на качество металла, важно получать глинозем с минимальным их содержанием. Типичные максимальные величины присутствия примесей на современных заводах приведены в табл. 1.

¹ Галевский Г.В. Металлургия алюминия: справочник по технологическим и конструктивным измерениям и расчетам. М.: Теплотехник, 2013. 234 с.

² Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация. М.: Теплотехник, 2007. 529 с.

³ ГОСТ 30558-2017 Глинозем металлургический. М.: Стандартинформ, 2018.

Таблица 1. Физические свойства типичных глиноземов

Свойства	Ед. измер.	Боксит Вейпа	Боксит Гоув	Боксит из Суринама	Прочие (пределы)	Требования производителей алюминия
Fe ₂ O ₃	Масс. %	0,013	0,01	0,015	0,006–0,030	< 0,030
SiO ₂	Масс. %	0,013	0,015	0,015	–	< 0,030
TiO ₂	Масс. %	0,002	0,004	0,003	0,001–0,006	< 0,006
P ₂ O ₅	Масс. %	0,001	0,001	0,001	–	< 0,001
Na ₂ O	Масс. %	0,55	0,29	0,45	0,25–0,60	< 0,650
CaO	Масс. %	0,015	0,03	–	0,01–0,10	< 0,060
ППП	Масс. %	1,00	0,6	0,77	0,01–3,50	< 1,000
Удельная поверхность	м ² /г	75	45	30	5–180	25,0
Насыпная плотность	кг/дм ³	1,07	0,95	1,00	0,90–1,157	0,95–1,05
Пикнометрическая плотность	кг/дм ³	3,55	3,60	3,40	3,45–3,60	–
Процент мелочи менее 44 меш		8	12	8	4–35	< 15
Процент крупных более 150 меш		3	3	3	–	< 3
Содержание α -фазы	Масс. %	21	–	8	5–80	–
Угол естественного откоса	Град.	44	33	35	30–40	32

Гранулометрический состав

Согласно ГОСТ 30558-2017 гранулометрический состав, массовую долю альфа-оксида алюминия (α -Al₂O₃), угол естественного откоса, удельную поверхность, насыпную плотность устанавливают по согласованию потребителя с изготовителем. Основным фактором, определяющим конечный гранулометрический состав глинозема, является крупность кристалла α -тригидрата алюминия, образующегося во время осаждения. На практике дегидратация происходит в процессе кальцинации, причем она проходит более интенсивно в печах кипящего слоя или взвешенного состояния. Разрушение кристаллов происходит из-за роста внутреннего давления (при испарении воды), теплового удара и трения зерен. Адсорбированные на поверхности примеси могут способствовать разрушению, воздействуя на процесс кристаллизации тригидрата. Если кальцинация проводится в присутствии минерализаторов, некоторый рост частиц происходит за счет их слипания и агломерации на последующих стадиях. Наличие крупных частиц в глиноземе нежелательно, по-

скольку они обладают низкой текучестью (мучнистый глинозем)^{4,5}.

Требования к глинозему ограничивают долю крупных частиц (более 100 мкм), поскольку они плохо растворяются в электролите. Повышенное содержание мелочи также считается нежелательным из-за проблем пыления и транспорта. Доля фракции менее 44 мкм редко допускается более, чем 15 % (масс.). Это ограничение становится более актуальным из-за расширения применения глинозема в системах сухой газоочистки алюминиевых заводов. Гранулометрический состав глинозема может влиять на усредненные свойства, являющиеся результатом кальцинации из-за существования параллельных механизмов в ходе дегидратации и демонстрирует важность управления качеством на стадии осаждения.

Физико-химические свойства

Пределы допустимых отклонений свойств типичных глиноземов приведены в табл. 1. Многие из этих характеристик взаимосвязаны, и это приводит к конфликтам из-за различной важности некоторых из них. При расширении использования глинозема в качестве сор-

⁴ Васюнина И.П. Электролиты в алюминиевой промышленности. Красноярск: КГАЦМиЗ, 2001. 58 с.

⁵ Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Мировое и отечественное производство: оценка, тенденции, прогнозы. М.: Флинта. Наука. 2004. 278 с.

бента газообразных фторидов возрастает необходимость в увеличении его удельной поверхности. Эта величина зависит от конструкции системы газоочистки и природоохранных требований [19]. Для заводов, которые контролируют удельную поверхность, ее значение должно быть порядка 40 м²/г. Из-за процесса кальцинации удельная поверхность зависит от размера частиц. Величины в табл. 1 отражают среднее значение удельной поверхности глиноземов различных производителей, а сравнение этих величин демонстрирует их значительное расхождение.

Потеря массы при прокаливании (ППП) также является важным параметром, отражающим качество глинозема, он косвенно связывается со степенью прокалики и, следовательно, с насыпным весом, удельной поверхностью и фазовым составом. ППП можно определить тремя способами:

- как общие потери при 1000 °С или 1200 °С;
- как потери при нагревании до температур в пределах 170–300 °С;
- как потери при нагревании между двумя вышеуказанными интервалами температур (обычно 300–1000 °С).

Последние два метода дают расхождение между содержанием свободной и химически связанной влагой. В идеале ППП должны быть низкими, поскольку при попадании влаги в электролит происходит увеличение выбросов вследствие его гидролиза. Теплоизолирующие свойства глинозема улучшаются при его малом насыпном весе и более пористой структуре. Пятидесятипроцентное снижение теплопередачи может быть достигнуто при увеличении пористости на 20 %. Высокопрокаленные глиноземы являются лучшими теплоизоляторами и имеют большой угол естественного откоса. Эти две характеристики имеют преимущества для электролизеров с низкой энергетической плотностью, где желательно сохранение тепла с помощью укрытия

верха. Истинная, или пикнометрическая плотность влияет на загрузку глинозема, образование осадков в электролизерах, и поэтому этот параметр также является важным с точки зрения управления качеством.

Мучнистый и песчаный глиноземы

Относительно недавно для характеристик качества глинозема начали применяться термины «мучнистый» и «песчаный». Исторически, они берут свое начало из использования специфических условий процесса производства глинозема по способу Байера. Для моногидратных бокситов необходимым является применение концентрированных каустических растворов, что способствует формированию мелких кристаллов с включениями соды. Кальцинируется такой материал труднее, и в итоге образуется продукт с повышенным содержанием α -фазы, малой удельной поверхностью и большим содержанием цементирующих частиц. Данный материал включает повышенное количество трещин вследствие расслоения при закрытии пор. Результатом является образование глинозема с плохой текучестью, называемого «мучнистым». Заводы, перерабатывающие тригидратный боксит способом Байера, традиционно имеют упрощенные условия экстракции, включая использование менее концентрированных каустических растворов. Это способствует образованию крупнокристаллических осадков. Обычно такой материал кальцинируется менее интенсивно, он имеет более ровную поверхность. Такой глинозем называется «песчаным» [20, 21]. Мучнистый глинозем имеет низкие величины удельной поверхности и ППП, а песчаный наоборот. В табл. 2 представлены характерные значения свойств для песчаного и мучнистого глиноземов.

Поскольку основным исходным сырьем для производства алюминия является глинозем, то к нему предъявляются жесткие требования по качеству [12]. В электролизе применяют

Таблица 2. Свойства песчаного и мучнистого глиноземов

Тип глинозема	α -Al ₂ O ₃ , масс. %	Удельная поверхность, м ² /г	Угол естественного откоса, град.	ППП, %	-42 мкм, %
Мучнистый *	75–90	< 5	40	0,2	20–30
Песчаный **	5–25	30–80	30–34	0,8–3	4–20

Примечание. * Мучнистый глинозем – глубоко прокаленный, в основном α -Al₂O₃. ** Песчаный глинозем – слабопрокаленный, ограниченное содержание α -Al₂O₃.

высшие сорта глинозема Г00–Г4, содержащие SiO_2 0,02–0,20 % (масс.) и Fe_2O_3 0,03–0,08 % (масс.)³.

Из известных модификаций глинозема для электролиза имеют значение лишь α - и γ -модификации. Модификация α - Al_2O_3 (корунд) является химически стойкой, негигроскопичной и плохо растворимой в криолите. Модификация γ - Al_2O_3 является химически активной, сильно гигроскопичной и хорошо растворимой в расплавленном криолите^{1,2}.

Основываясь на этих свойствах Al_2O_3 , для электролиза применяют глинозем, содержащий до 30 % (масс.) корунда, а остальное – γ -модификация [20]. Такой глинозем достаточно быстро растворяется в электролите и не содержит слишком большого количества поглощенной влаги [20, 21].

Криолит – Na_3AlF_6 (или $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$) представляет собой комплексную соль из фторидов натрия и алюминия. Криолит плавится при температуре 1009 °С [20, 21]. В ряде исследований предлагалось заменить криолит другими расплавленными средами и найти другие растворители для глинозема, т. к. криолитовые расплавы имеют ряд существенных недостатков^{6–8}.

– расплавленные криолитовые электролиты очень агрессивны и в них устойчивы лишь графит и другие углеродистые материалы;

– электролиз этих электролитов сопровождается выделением из ванны газообразного фтористого водорода, который является одним из наиболее сильных промышленных ядов, а также фторсодержащей пыли;

– криолит и фтористые соли являются достаточно дорогими и дефицитными материалами, что соответственно сказывается на себестоимости алюминия.

Однако попытки заменить криолит не привели к положительным результатам и он до настоящего времени является единственным растворителем глинозема в электрометаллургии алюминия.

Криолито-глиноземные расплавы как электролиты для электролитического получения алюминия найдены в основном опытным путем и представляют, не учитывая добавок и

примесей, тройную систему Na_3AlF_6 – AlF_3 – Al_2O_3 .

Диаграммы плавкости солевых систем

Диаграмма состояния – это графическое изображение состояния любого расплава изучаемой системы в зависимости от температуры и концентрации его компонентов. Диаграмма позволяет определить температуру начала кристаллизации, температуру полного затвердевания, количество и состав твердой фазы, выпадающей из расплава данного состава при любой температуре, промежуточной между ликвидусом и солидусом. Из двойных систем наибольший интерес представляют системы NaF – AlF_3 и Na_3AlF_6 – Al_2O_3 [22–24].

Система NaF – AlF_3

Диаграмма состояния системы NaF – AlF_3 , представленная на рис. 1, была впервые изучена Федотьевым и Ильинским и в дальнейшем уточнена некоторыми другими авторами [23, 24].

В данной системе имеется одно конгруэнтно плавящееся соединение – Na_3AlF_6 и два инконгруэнтно плавящихся соединения – $5\text{NaF} \cdot 3\text{AlF}_3$ (или $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$) и NaAlF_4 . Тетрафторалюминат натрия (NaAlF_4) существует в узком интервале температур (680–710 °С). При температуре 680 °С происходит его распад по реакции:



При температуре 710 °С тетрафторалюминат натрия (NaAlF_4) плавится с разложением, образуя кристаллы AlF_3 и расплав, содержащий 47 % (мол.) AlF_3 .

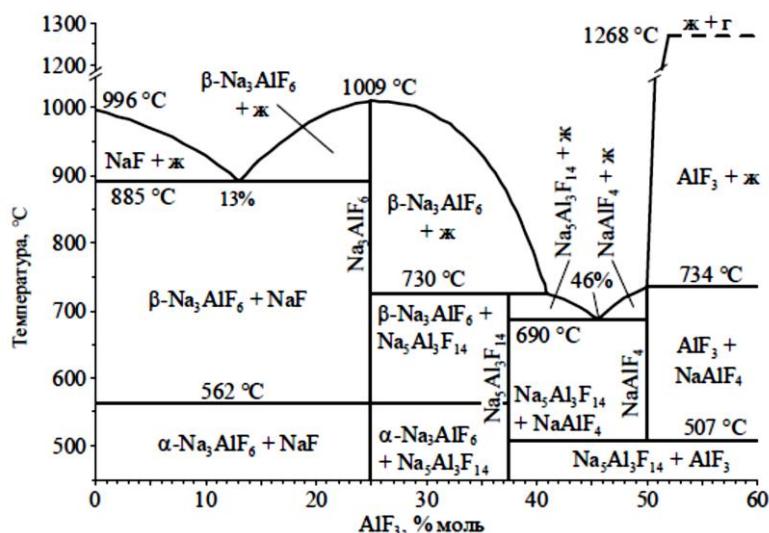
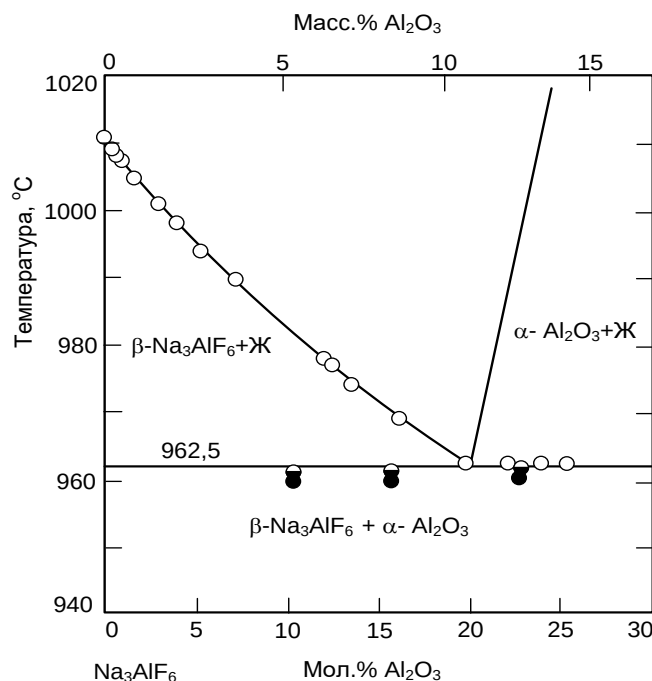
Система Na_3AlF_6 – Al_2O_3

Данная система имеет большое практическое и теоретическое значение. Первые исследования системы Na_3AlF_6 – Al_2O_3 показали наличие твердых растворов глинозема в криолите [22]. Позднее был установлен простой эвтектический характер диаграммы⁴. Значительные расхождения по абсолютным величинам температур начала кристаллизации связаны с тем, что система Na_3AlF_6 – Al_2O_3 склонна к переохлаждению из-за повышенной вязкости расплава. Жидкая фаза затвердевает не сразу во всем объеме, а в результате возникновения и роста зародышей кристаллов. Наиболее достоверной считается диаграмма, полученная в работе [22] (рис. 2).

⁶ Жуховицкий А.А. Физическая химия. М.: Металлургия, 2001. 688 с.

⁷ Диаграммы состояния систем на основе алюминия и магния. М.: Наука, 1977. 228 с.

⁸ Морачевский А.Г. Термодинамика расплавленных металлических и солевых систем. М.: Металлургия, 1987. 240 с.

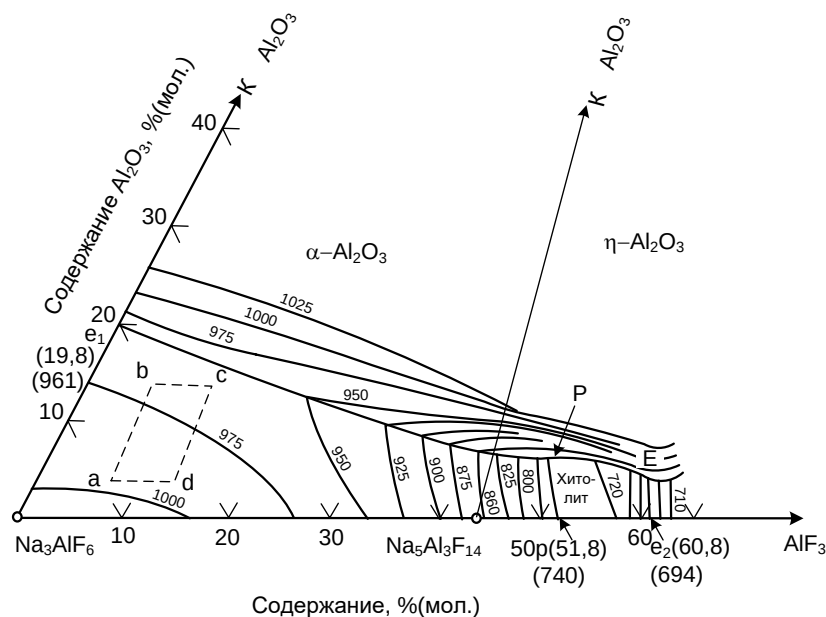
Рис. 1. Диаграмма состояния системы NaF-AlF₃Рис. 2. Диаграмма состояния системы Na₃AlF₆-Al₂O₃

При построении диаграммы были приняты меры против переохлаждения расплава. В исследованиях применялось медленное охлаждение, использование кристаллов криолита в качестве затравки и постоянное перемешивание расплава. В работе установлено, что диаграмма состояния системы Na₃AlF₆-Al₂O₃ имеет простой эвтектический характер с температурой плавления эвтектики 962,5 °C и концентрацией глинозема 19,7 % (мол.) (или 10,6 % (масс.)) [22]. При равновесной кристаллизации в доэвтектической области первично кристаллизуются зерна криолита кубической модификации, затем по границам зерен эвтек-

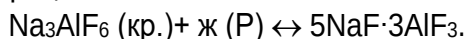
тическая смесь криолита и α-глинозема, а в заэвтектической – α-глинозем. Рентгеноструктурный анализ образцов сплавов, закаленных из жидкого состояния, не обнаруживает в них глинозема. После выдержки образцов при температуре немного ниже эвтектики и последующей закалки в них обнаруживается глинозем. Это указывает на взаимодействие криолита и глинозема в жидком состоянии и распад образующихся соединений при охлаждении.

Система Na₃AlF₆-AlF₃-Al₂O₃

Тройная система Na₃AlF₆-AlF₃-Al₂O₃ (рис. 3) охватывает область электролитов, используемых в промышленности.

Рис. 3. Диаграмма состояния системы $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{--AlF}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$

В системе $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{--AlF}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$ можно выделить четыре поля первичной кристаллизации (криолита, глинозема, хиолита и фторида алюминия), а также две тройные невариантные точки (тройная эвтектическая точка Е и тройная перитектическая точка Р). В работах [20, 21] установлено, что поле хиолита не совпадает с точкой состава этого соединения. Из этого следует, что хиолит $5\text{NaF}\cdot 3\text{AlF}_3$ ($\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$) является инконгруэнтным соединением с полем первичной кристаллизации. По составу твердых фаз система разбивается на две области, разделенные линией хиолит – глинозем. Сплавы, лежащие слева от этой линии, окончательно затвердевают в тройной перитектической точке Р. Сплавы второго участка, лежащие справа от линии хиолит – глинозем, заканчивают кристаллизацию в тройной эвтектической точке Е. На линии моновариантного равновесия $e_1\text{P}$ происходит совместная кристаллизация криолита и глинозема. На линии rP происходит перитектический процесс:



Данный процесс представляет собой взаимодействие кристаллов криолита и жидкости

состава Р с образованием кристаллов хиолита. По другим линиям моновариантных равновесий протекают процессы совместной эвтектической кристаллизации соответствующих компонентов. В тройной точке Р происходит невариантный перитектический процесс: $\text{Na}_3\text{AlF}_6 (\text{кр.}) + \text{ж} (\text{P}) \leftrightarrow 5\text{NaF} \cdot 3\text{AlF}_3 (\text{кр.}) + \text{Al}_2\text{O}_3$.

Точка Е является тройной эвтектической точкой, в которой кристаллизуются хиолит, глинозем и фторид алюминия (табл. 3).

На рис. 3 пунктирными линиями ограничена область электролитов с криолитовым отношением 2,6–2,8 и концентрацией глинозема 2–8 % (масс.). Температура плавления электролита в этой области составляет 965–985 °С. Электролиты промышленных электролизеров имеют более низкую температуру плавления, т. к. содержат до 10–12 % (масс.) различных добавок. При изменении содержания компонентов в электролите изменяются и его свойства.

Изменение состава электролита принято оценивать криолитовым отношением (К.О.). Криолитовым отношением называется молярное отношение NaF к AlF_3 (NaF/AlF_3). На практике величина К.О. служит основной характе-

Таблица 3. Точки невариантных равновесий системы $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{--AlF}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$

Точки	Температура кристаллизации, °С	Na_3AlF_6	AlF_3	Al_2O_3	Na_3AlF_6	AlF_3	Al_2O_3
Перитектическая Р	723	45,7	48,1	6,2	67,3	28,3	4,4
Эвтектическая Е	684	37,4	58,5	4,1	59,5	37,3	3,2

ристикой состава электролита. Электролиты, К.О. которых равно трем, называются *нейтральными*. Электролиты, содержащие избыток AlF_3 относительно криолита и имеющие К.О. <3 , называются *кислыми*. При К.О. >3 электролиты называются *щелочными*. Промышленные электролиты имеют небольшой избыток фторида алюминия по сравнению с его содержанием в формуле Na_3AlF_6 (или $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$). Таким образом, электролиты промышленных алюминиевых ванн являются кислыми электролитами. Если молярное отношение NaF/AlF_3 в криолите равно 3, то в электролите промышленных ванн оно находится обычно в пределах 2,6–2,8.

Способы выражения

криолитового отношения

В отечественной алюминиевой промышленности принято оценивать состав электролита по молярному отношению NaF/AlF_3 . За рубежом используются также другие способы оценки состава электролита алюминиевой ванны [20, 21]:

- криолитовое отношение – молярное отношение NaF к AlF_3 ;
- массовое криолитовое отношение ($\text{КО}^{\text{м}}$) – массовое отношение NaF к AlF_3 ;
- избыток AlF_3 – концентрация избыточного фторида алюминия (массовые или молярные проценты) в электролите по отношению к составу криолита.

В зарубежных научных изданиях используются обозначения:

- молярное криолитовое отношение – CR (cryolite ratio);

- массовое криолитовое отношение ($\text{КО}^{\text{м}}$) – BR (bath ratio);
- массовое содержание AlF_3 в криолите – Q;
- молярное содержание AlF_3 в криолите – M;
- избыточное массовое содержание AlF_3 в электролите – X;
- избыточное молярное содержание AlF_3 в электролите – Y.

В табл. 3 [2] приведен перевод выражений концентраций NaF и AlF_3 при использовании различных формул.

В табл. 4 представлена связь между различными способами выражения концентраций в системе $\text{NaF}-\text{AlF}_3$.

Добавки CaF_2 , MgF_2 , LiF

Кроме основных компонентов (Al_2O_3 , Na_3AlF_6 и AlF_3) на производстве в электролит вводят специально или в него попадают как примеси ряд компонентов, таких как CaF_2 , MgF_2 , LiF , иногда NaCl . Температура плавления электролита определяет границу существования гомогенной жидкой фазы солевого расплава. На предприятиях алюминиевой промышленности стремятся работать с максимально низкими температурами. Понижение температуры способствует улучшению условий труда работников, снижению скорости протекания побочных вредных реакций, ухудшающих технико-экономические показатели электролиза, снижению коррозионных процессов технологического оборудования. Знание температур плавления различных систем помогает выбрать нужные соотношения компонентов электролитов. По форме линии ликвидуса

Таблица 4. Связь между различными способами выражениями концентраций в системе $\text{NaF}-\text{AlF}_3$

К.О.	$\text{КО}^{\text{м}}$	Содержание AlF_3 в криолите, %		Избыток AlF_3 в электролите, %	
		массовое	молярное	массовое	молярное
CR	BR	Q	M	X	Y
3	1,50	40	25	0	0
2,85	1,43	41,20	25,94	2	4,85
2,72	1,36	42,40	26,90	4	9,43
2,59	1,29	43,60	27,88	6	13,76
2,49	1,25	44,50	28,62	7,50	16,85
2,46	1,23	44,80	28,87	8	17,86
2,43	1,22	45,10	29,12	8,50	18,85
2,41	1,20	45,40	29,37	9	19,82
2,38	1,19	45,70	29,62	9,50	20,79
2,32	1,16	46,30	30,12	10,50	22,68
2,24	1,12	47,20	30,89	12	25,42
2,18	1,09	47,80	31,41	13	27,20
2,11	1,05	48,70	32,19	14,50	29,77

можно предвидеть изменения ряда физико-химических свойств расплавов в зависимости от изменения состава системы. Превращения ниже ликвидуса позволяют судить о строении расплавов, т. к. последние вблизи точки плавления сохраняют в определенной степени структуру твердого вещества.

Добавки CaF_2 , MgF_2 , LiF вводят главным образом для снижения температуры плавления электролита, причем сумма этих добавок не должна превышать 10 %, т. к. под их влиянием уменьшается растворимость и скорость растворения глинозема в криолите. Это необходимо учитывать при загрузке глинозема в промышленные алюминиевые ванны. Поэтому на практике, чтобы не допустить образования на подине (на катоде) ванн больших глиноземистых осадков, стремятся иметь содержание Al_2O_3 в электролите около 3–5, но не более 8 %⁹. Температура начала кристаллизации (плавления) промышленного электролита, содержащего 8 % Al_2O_3 , 4–6 % CaF_2 при К.О. = 2,6–2,8, составляет 940–945 °С. Процесс электролиза проводится при температуре 950–965 °С. Электролит промышленных электролизеров обычно перегрет по сравнению с температурой начала кристаллизации примерно на 15–20 °С.

Химический анализ глиноземсодержащих продуктов

В связи с тем, что качество глинозема напрямую влияет на эффективность и экономичность всего процесса алюминиевого производства, приобретают очень важное значение точность и надежность методов химического анализа глиноземсодержащих продуктов [19].

Химический анализ глиноземсодержащих продуктов включает в себя определение содержания оксида алюминия, а также других компонентов, таких как кремний, железо, титан. Основные методы анализа – это гравиметрический, титриметрический, спектрофотометрический, электролитический и ряд других¹⁰. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения по точности, чувствительности, времени анализа и стоимости.

Рассмотрим возможности совершенствования представленных методов анализа.

1. Спектрофотометрический метод, использующийся для определения глинозема, включает в себя реакцию образования окрашенного комплекса алюминия с органическим реагентом, интенсивность цвета которого измеряется спектрофотометром.

Для совершенствования можно предложить использование нового органического реагента с высокой чувствительностью и специфичностью к ионам алюминия, что позволяет уменьшить влияние примесей на результаты анализа. Кроме того, внедрение автоматизированной системы подачи проб и обработки данных сокращает время анализа и минимизирует риск человеческой ошибки.

2. Гравиметрический метод определения глинозема в алюминиевом производстве основан на выделении осадка, содержащего алюминий, с его последующим прокаливанием и взвешиванием. Основная проблема этого метода заключается в длительности процесса и возможности осаждения примесей, что может привести к ошибкам в определении содержания глинозема.

Для улучшения методики предлагается использовать модифицированный реагент для более специфичного осаждения алюминия, который позволит свести к минимуму осаждение примесей. Введение автоматизированного процесса фильтрации и прокаливания осадка позволит сократить время анализа и повысить точность определения глинозема за счет более строгого контроля температуры и времени прокаливания. Существует еще несколько направлений для совершенствования гравиметрического метода анализа глинозема:

- повышение точности взвешивания образцов за счет использования более точных и чувствительных весов, а также разработки автоматических систем взвешивания и контроля веса (рис. 4);

- улучшение методики процесса отбора и предварительной подготовки образцов;

- разработка и применение новых методов приготовления образцов, включающая в себя

⁹ Иванова М.А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. М.: Риор, 2006. 544 с.

¹⁰ Лакиза Н.В. Основы химических методов анализа. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2021. 184 с.



Рис. 4. Навеска пробы глинозема на весах CAS XE-3000

оптимизацию процедуры выщелачивания, процесса конгруэнтного растворения или любых других этапов подготовки образцов;

- использование современных инструментальных методов анализа в поддержку гравиметрических измерений;
- автоматизация процесса анализа;
- оптимизация процессов калибровки и контроля качества.

Внедрение вышеперечисленных мероприятий может помочь повысить надежность, скорость и точность гравиметрического анализа глинозема в алюминиевой промышленности

и, как следствие, улучшить качество производства алюминия.

3. Титриметрический метод для определения глинозема включает в себя реакцию алюминия с титрантом и последующее определение точки эквивалентности, обычно с использованием индикатора. Ограничения метода связаны с трудностью точного определения конечной точки титрования в присутствии различных примесей, что может приводить к неточностям в измерениях.

Предложение по совершенствованию включает в себя использование нового, более чувствительного и специфичного к алюминию индикатора, что улучшит точность определения конечной точки титрования. Кроме того, применение автоматизированных титраторов с электрохимическим определением конечной точки титрования позволит минимизировать влияние человеческого фактора и повысить воспроизводимость результатов.

4. Электролитический метод определения глинозема основан на электролизе раствора, содержащего ионы алюминия, при котором алюминий осаждается на катоде. Затем осадок взвешивают для определения количества алюминия. Этот метод требует точного контроля условий электролиза и может быть подвержен влиянию примесей в растворе, что влияет на чистоту и массу осадка алюминия.

Список источников

1. Книжник А.В., Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Пьянкин А.П., Кузаков А.А., Высотский Д.В., [и др.]. Оптимизация некоторых элементов технологии производства алюминия // Цветные металлы и минералы – 2018: сб. докл. X Междунар. конгр. (г. Красноярск, 10–14 сентября 2018г.). Красноярск, 2018. С. 541–545.
2. Кузьмин М.П., Шестаков С.С., Кузьмина М.Ю., Журавлёва А.С. Инновационное развитие металлургического комплекса Иркутской области // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 5 (100). С. 236–240.
3. Кондратенко А.П., Кузьмина М.Ю. Печи, применяемые на участке литья цветных металлов литейного цеха металлургического производства авиастроительного предприятия // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 19–20 апреля 2023г.). Иркутск, 2023. С. 21–24.
4. Кондратенко А.П., Кузьмина М.Ю., Крючков А.Г. Современные литейные алюминиевые сплавы для авиастроения и методы их плавки // Инновационные технологии и автоматизация переработки минерального и техногенного сырья: сб. науч. тр. Иркутск: ИРНИТУ, 2023. С. 16–21.
5. Сизяков В.М., Власов А.А., Бажин В.Ю. Стратегические задачи металлургического комплекса России // Цветные металлы. 2016. № 1 (877). С. 32–37.
6. Бричкин В.Н., Куртенов Р.В., Элдиг А.Б., Бормотов И.С. Состояние и пути развития сырьевой базы алюминия небокситных регионов // Обогащение руд. 2019. № 4. С. 31–37.
7. Kuz'min M.P., Kuz'mina M.Yu., Kuz'min P.B. Production of primary silumins ingots modified with strontium // Solid State Phenomena. 2021. Vol. 316. P. 490–495.
8. Kuz'min M.P., Larionov L.M., Kuz'mina M.Y., Kondratiev V.V., Kuz'mina A.S., Paul K. Chu., [et al.]. New methods of obtaining Al–Si alloys using amorphous microsilica // International Journal of Metalcasting. 2020. Vol. 14. № 1. P. 207–217.

9. Геройменко А.В., Кузьмина М.Ю. Анодно-монтажное отделение Тайшетского алюминиевого завода // Инновационные технологии и автоматизация переработки минерального и техногенного сырья: сб. науч. тр. Иркутск: ИРНТУ, 2023. С. 149–154.
10. Кузьмина М.Ю., Кузьмин П.Б., Николаенко Р.А. Флюсы, используемые в металлургии алюминия // Переработка природного и техногенного сырья. Научные труды студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий (2022): сб. науч. тр. Иркутск: ИРНТУ, 2022. С. 26–31.
11. Николаенко Р.А., Кузьмина М.Ю. Переработка отходов производства алюминия // Переработка природного и техногенного сырья. Научные труды студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий: сб. науч. тр. Иркутск: ИРНТУ, 2022. С. 51–56.
12. Тельнов А.С., Кузьмина М.Ю. Исследование свойств глинозема марки Г-00 и Г-00 К // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 20–21 апреля 2022 г.). Иркутск, 2022. С. 65–68.
13. Shoppert A., Valeev D., Loginova I. Novel method of bauxite treatment using electroreductive Bayer process // Metals. 2023. Vol. 13. № 9. P. 1502.
14. Dubovikov O.A., Brichkin V.N., Ris A.D., Sundurov A.V. Thermochemical activation of hydrated aluminosilicates and its importance for alumina production // Non-ferrous Metals. 2018. Vol. 45. № 2. P. 11–16.
15. Логинова И.В., Шопперт А.А., Крючков Е.Ю. Изучение кинетики и нахождение оптимальных параметров извлечения глинозема при выщелачивании бокситов Среднего Тимана // Цветные Металлы. 2018. № 1 (901). С. 63–68.
16. Александров А.В., Немчинова Н.В. Влияние модульных характеристик спека на извлечение глинозема при переработке нефелиновых руд // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2022. Т. 22. № 4. С. 21–30.
17. Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Немчинова Н.В., Новиков Ю.В. Переработка глиноземсодержащего смета для использования в производстве первичного алюминия // Цветные металлы. 2022. № 8. С. 15–22.
18. Исаева Л.А., Михалев Ю.Г., Поляков П.В. Глинозем и его поведение в алюминиевых электролизерах. Красноярск: СФУ, 2020. 231 с.
19. Saevarsdottir G., Kvande H., Welch B. J. Aluminum Production in the Times of Climate Change: The Global Challenge to Reduce the Carbon Footprint and Prevent Carbon Leakage // Journal of The Minerals, Metals & Materials Society. 2020. № 72 (1). P. 296–308.
20. Grjothrim K., Kvande H. Introduction to Aluminium Electrolysis. Dusseldorf: Aluminium Verlag, 1993. 260 p.
21. Grjothrim K., Kvande H. Understanding the Hall-Heroult Process for Productions of Aluminium. Dusseldorf: Aluminium Verlag, 1986. 164 p.
22. Brynsted J., Grjotheim K., Holm J.L., Urnes S. Cryolite + Alumina Phase Diagram and the Constitution of Melt in this System // Discussions of the Faraday Society. 1961. Vol. 32. № 11. P. 90–96.
23. Мондельфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов / пер. с англ. Ф.И. Квасова, Г.Б. Строганова, И.Н. Фридляндера. М.: Металлургия, 1979. 640 с.
24. Кокова О.В., Кузьмина М.Ю. Разработка методики химического анализа глиноземсодержащих продуктов алюминиевого производств // Инновационные технологии и автоматизация переработки минерального и техногенного сырья: сб. науч. тр. Иркутск: ИРНТУ, 2023. С. 21–25.

Информация об авторах / Information about the Authors

Кокова Ольга Вячеславовна,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
fiil1335@gmail.com

Olga V. Kokova,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
fiil1335@gmail.com

Кузьмина Марина Юрьевна,
к.х.н., доцент,
доцент кафедры металлургии цветных металлов,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
kuzmina.my@yandex.ru

Marina Yu. Kuzmina,
Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Associate Professor Metallurgy of Nonferrous
Metals Department,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
kuzmina.my@yandex.ru

Технологический процесс выплавки технического кремния

© Н.В. Немчинова¹, Н.Н. Зобнин², А.А. Тютрин¹, А.А. Ильин²,
К.И. Жидков¹, Г.А. Ломтиков¹

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

²Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Республика Казахстан

Аннотация. В работе рассмотрены технологические аспекты производства металлургического (технического) кремния на примере предприятий ТОО «Tau-Ken Temir» (г. Караганда, Республика Казахстан) и АО «Кремний» (г. Шелехов, Иркутская область, Россия). Кремний металлургических марок используется в качестве легирующей добавки для получения сплавов с железом, алюминием и другими металлами, а также в качестве сырья в химической и полупроводниковой отраслях промышленности. Технологическая схема производства технического кремния включает несколько стадий: подготовку сырья, рудовосстановительную плавку, выпуск расплава из печи, рафинирование и разливку, дробление и сортировку. В качестве рудного сырья используют кварциты, а в качестве восстановителей – смесь различных углеродистых материалов: нефтяной кокс, каменные угли различных месторождений, древесный уголь. Выплавка кремния осуществляется в рудовосстановительных электродуговых печах и основана на взаимодействии кремнезема с углеродом восстановителей при нагреве их до температуры 1800–2400 °С. Выпуск кремния из рудотермических печей производится периодически через леточное отверстие в ковш, в котором происходит операция рафинирования путем барботирования газовой смеси через расплав для достижения высокой степени чистоты выплавляемого кремния. Расплав кремния разливается в изложницы и после полного затвердевания кремний дробится в щековой дробилке на куски различной крупности (по требованию заказчиков) и далее после грохочения отправляется потребителям.

Ключевые слова: пирометаллургия кремния, электродуговая рудотермическая печь, плавка, рафинирование, разливка, дробление

Technological process of technical silicon smelting

© Nina V. Nemchinova¹, Nikolay N. Zobnin², Andrey A. Tyutrin¹, Alexander A. Ilyin²,
Konstantin I. Zhidkov¹, Gleb A. Lomtikov¹

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

²Karaganda Industrial University, Temirtau, Republic of Kazakhstan

Abstract. The article examines the technological aspects of the production of metallurgical (technical) silicon in the case of the enterprises Tau-Ken Temir LLP (Karaganda, Republic of Kazakhstan) and Kremniy JSC (Shelekhov, Irkutsk region, Russia). Silicon of metallurgical grades is used as an alloying additive to produce alloys with iron, aluminum and other metals, and also as a raw material in the chemical and semiconductor industries. The technological scheme for the production of technical silicon includes several stages: preparation of raw materials, ore reduction smelting, release of the melt from the furnace, refining and pouring of silicon. Quartzite is used as ore raw materials, and a mixture of various carbonaceous materials is used as reducing agents: petroleum coke, bituminous coals from various deposits, charcoal. Silicon smelting is carried out in ore reduction electric arc furnaces and is based on the interaction of silica with carbon of reducing agents when heated to a temperature of 1800–2400 °C. The release of silicon from the ore-thermal furnaces is carried out periodically through the tap hole into the ladle, in which the refining operation takes place by bubbling a gas-air mixture through the melt to achieve a high degree of purity of the melted silicon. The silicon melt is poured into molds and after complete solidification, the silicon is crushed in a jaw crusher into pieces of various sizes (at the request of customers) and then, after screening, it is sent to consumers.

Keywords: silicon pyrometallurgy, electric arc ore furnace, smelting, refining, casting, screening

Введение

Кремний является одним из востребованных элементов во многих отраслях промышленности. Основные области применения кремния: для раскисления и легирования стали и

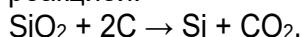
чугуна (преимущественно ферросилиция); легирование других металлов, по большей части алюминия с получением силуминов; как сырье в химической промышленности для получения силиконов, кремнийорганических соеди-

нений и т. п.; как сырье для полупроводниковой промышленности (электронные устройства и фотоэлектрические элементы) [1–4].

Выплавка кремния металлургических марок (технического) осуществляется в рудовосстановительных (рудотермических) электродуговых печах (РТП) [2, 4]; основана на взаимодействии кремнезема с углеродом восстановителей при нагреве их до температуры 1800–2400 °С. В качестве рудного сырья используют кварциты с содержанием кремнезема не ниже 98 %, а в роли углеродсодержащих восстановителей применяют смесь различных материалов: нефтяной кокс, каменные угли различных месторождений, древесный уголь.

Процесс протекает с большим поглощением тепла: для получения 1 кг кремния необходимо затратить ~ 25,14·10³ кДж.

Процесс получения кремния можно описать общей реакцией:



При восстановлении кремнезема происходит образование ряда промежуточных соединений: карбида кремния SiC, газообразного и сконденсированного монооксида кремния SiO [3–5].

Лидером по производству кремния металлургических марок в последние годы является Китай, где крупнейшим производителем является компания Hoshine Silicon Industry с годовой мощностью 1,2 млн т.

В Республике Казахстан до недавнего времени осуществляло свою деятельность ТОО «Tau-Ken Temir» (г. Караганда, Республика Казахстан), АО «Национальная горнорудная компания «Tau-Ken Samruk», производящая кремний технический. Рудным сырьем служило месторождение высококачественного кварцевого сырья (с содержанием в среднем 99,5 % SiO₂) Актасс, расположенное в Центральном Казахстане [6]. Руда включает вредные примеси в виде Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, TiO₂, которые отделяются при обогащении на дробильно-промывочно-сортировочном комплексе. Древесный уголь, спецкокс, нефтекокс, кокс каменноугольный использовали при плавке как углеродистые восстановители.

В России работают два производителя кремния металлургических марок, входящие в объединенную компанию «Русский алюминий» (ОК «РУСАЛ»): крупнейшее предприятие

АО «Кремний» (г. Шелехов, Иркутская область) и ООО «РУСАЛ Кремний Урал» (г. Каменск-Уральский, Свердловская обл.). Рудной базой для производства технического кремния служит кварцит Черемшанского месторождения [7], а также кварциты Урда-Гарган, залежи которого расположены в Тункинской долине (оба рудника расположены на территории Республики Бурятия); как восстановители для выплавки кремния из кремнезема используют нефтекокс, каменный уголь, технографит, древесный уголь [2, 3, 8, 9].

На рис. 1 представлена принципиальная технологическая схема производства технического кремния в рудотермических печах [4].

Подготовка сырья, материалов для выплавки технического кремния, дозирование шихтовых материалов

Сырьевые материалы должны разгружаться на складе сырья и хранятся отдельно. На этом этапе осуществляется входной контроль качества сырья.

В кварце контролируется фракционный состав, содержание оксидов железа, алюминия, кальция и титана, а в восстановителях – содержание влаги, золы (в золе – оксида железа) и выход летучих, а также фракционный состав. В большинстве случаев все материалы с места хранения подаются в приемный бункер тракта подачи сырьевых материалов фронтальным погрузчиком. На многих предприятиях в технологическом цикле производства технического кремния не предусмотрена предварительная подготовка сырьевых материалов перед подачей в бункера суточного запаса, поэтому особое значение имеет гранулометрический состав сырья и материалов.

При подаче кварца и восстановителей производится удаление металлических предметов с помощью магнитного сепаратора, а посторонних предметов (например, досок) – вручную. В большинстве случаев сырьевые материалы транспортируются фронтальным погрузчиком из склада сырья к загрузочному (приемному) бункеру.

Под бункерами с шихтовыми материалами расположены виброконвейеры и весовые бункера, которые взвешивают сырьевые материалы согласно заданному составу шихты, и готовая шихтовая смесь подается в электродуговую печь.

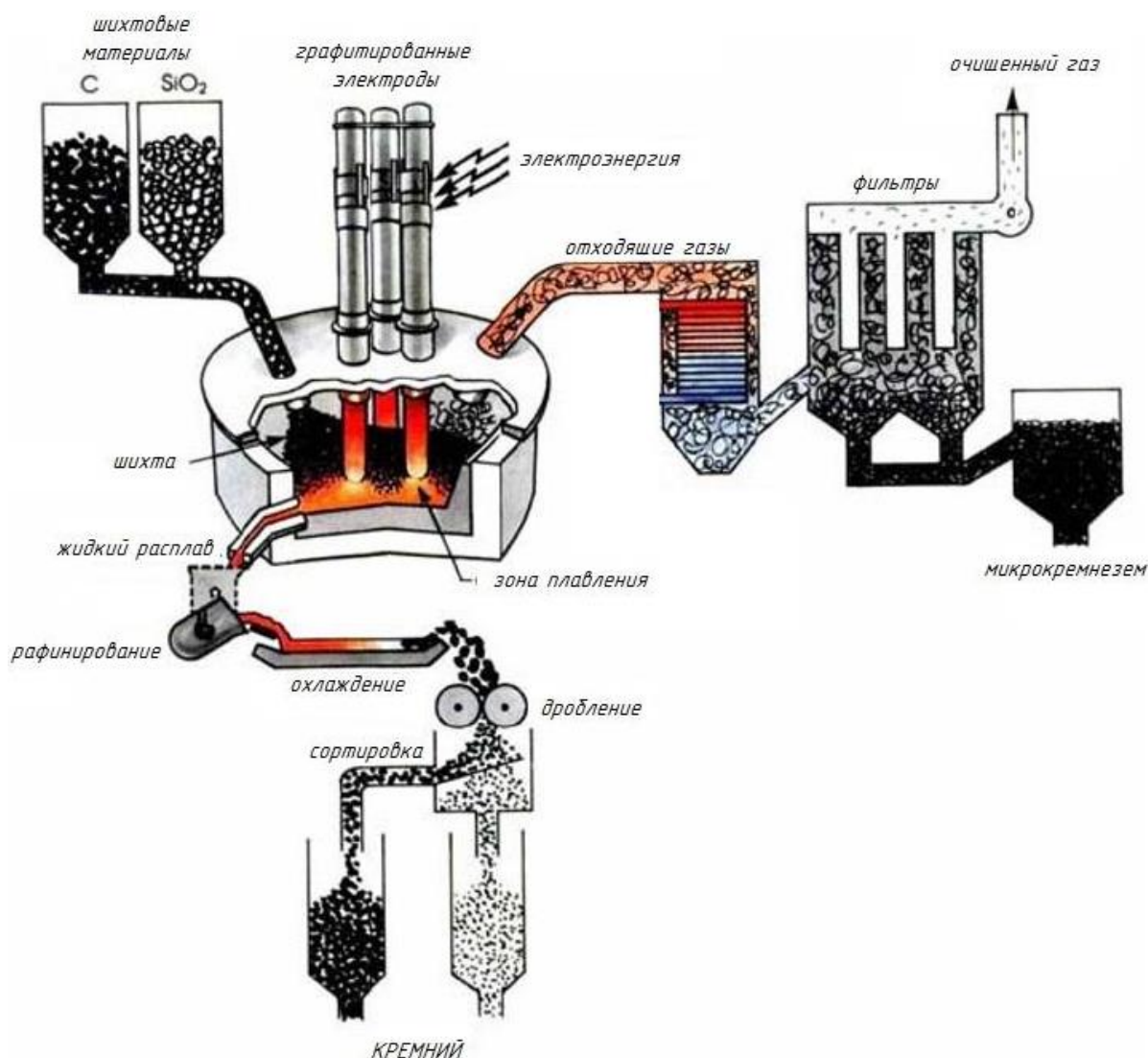


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема производства технического кремния в электродуговых рудотермических печах

Рудовосстановительная плавка

Выплавка технического кремния ведется в РТП переменного тока. Шихта на колошнике печи постоянно перемешивается (рыхлится) специальными машинами для обработки колошника, и по мере схода шихты в зону реакции подается новая порция сырья.

Наиболее важным фактором для стабильной работы печи является необходимость поддержания температурного профиля в слое материала на как можно более постоянном уровне. На рис. 2, а, б представлена колошниковая зона рудотермической печи мощностью 30 МВ·А, выполненная по конструкции «SMS Demag» (Германия) и установленная в ТОО «Таш-Кен Темір»; на рис. 2, в – РТП на 25 МВ·А в АО «Кремний».

Необходимо поддерживать достаточно высокий уровень шихты для того, чтобы в

начале процесса снижения уровня шихты в наличии имела «подогретая» шихта для заполнения образовавшейся пустоты. Уровень загрузки шихты вокруг электродов должен составлять 300–500 мм над кожухом печи и быть слегка пониженным на краю кожуха (с целью предотвращения выпадения шихты из РТП).

Признаком необходимости перемешивания горячей шихты и загрузки шихты в области электродов является появление многочисленных мелких ярко окрашенных зон газовыделения на поверхности шихты или образование большой воронки в поверхности шихты, вызванной быстрым снижением уровня шихты. Данные состояния создаются зоной реакции. Осуществление перемешивания и загрузки шихтовой смеси в РТП необходимо для исчезновения газовыделения на поверхности шихты в печи. Данное газовыделение



а



б



в

Рис. 2. Колошниковая зона: а, б – РТП мощностью 30 МВ·А (ТОО «Таш-Кен Темір»); в – РТП мощностью 25 МВ·А (АО «Кремний»)

вызвано выходом газообразного монооксида кремния. Оно является результатом накопления газа в зоне реакции печи. Как правило, тенденция к выделению газа проявляется вблизи электродов, т. к. газ идет по пути наименьшего сопротивления. Если допустить неконтролируемое выделение газа в печи, то это приведет к следующим недостаткам:

- потери энергии (газообразный SiO имеет температуру 1600–1800 °С);
- потери SiO₂;
- низкая температура выплавляемого кремния;
- нарушение температурного профиля;
- трудности с контролем углеродного баланса;
- образование значительного количества дыма;
- опасность повышения температуры установки обеспыливания;
- опасность повреждения компрессионных колец и контактных щек РТП.

Наиболее эффективным методом борьбы с выделением газа является засыпание нагретой шихты в зону газовыделения под углом и постепенное смещение данной зоны в центральную часть печи. После остановки газовой выделению необходимо покрыть данный участок разогретой шихтой. В качестве другого способа применяется вскрытие зоны газовой выделению; при этом следует с помощью машины для обработки колошника раскрыть отверстие зоны газовой выделению, засыпать данный участок подогретой сырьевой смесью и затем покрыть шихтой, имеющей температуру окружающего воздуха.

С точки зрения работы печи на температурный профиль в слое материала могут влиять:

- избыточные движения электродов;
- слишком интенсивная обработка и перемешивание (перегревание) поверхности шихты машиной для обработки колошника;
- чрезмерно быстрое вращение РТП.

Правильный способ обработки поверхности шихты заключается в простом распределении шихты по поперечному сечению и проталкиванию дополнительной порции шихты на участки, где наблюдается тенденция к образованию свищей.

Выпуск расплава из печи

Выпуск кремния из РТП производится периодически (рис. 3). Для поддержания стабильной работы печи необходимо осуществлять удовлетворительный выпуск, т. е. должен соблюдаться график выпуска кремния из печи. Графиком устанавливается время на выпуск кремния из печи и время выдержки летки в закрытом состоянии между выпусками кремния из печи. Соблюдение графика должно обеспечивать на каждом выпуске примерно одинаковое количество металла при бесперебойной работе печи на заданной мощности. Количество выпусков и интервал между выпусками определяется съемом электроэнергии (а значит и количеством наработанного металла).

Если летка находится в холодном состоянии, в особенности, если необходимо открывать новую летку, сначала должен использоваться аппарат для прожига летки с применением графитированного электрода (диаметром 100 мм). Питание электрического аппарата для вскрытия летки (прожига) осуществляется от одного из электродов.

В случае если не удастся вскрыть летку прожиговым аппаратом, применяется кислородная фурма для вскрытия летки. Выпуск

кремния производится в сухой, хорошо прогретый ковш до температуры 700–1000 °С накрытый крышкой. После вскрытия летки поток металла должен поддерживаться при помощи аппарата прожига. В случае затягивания летки шлаком и частичного или полного блокирования выхода металла из печи, после прогрева аппаратом прожига, летка шуруется сухой деревянной жердью или металлическим прутом, что способствует выводу шлака из печи. Операции прочистки и закрытия летки производятся инструментом через специальное окно теплозащитного экрана, размер которого контролируется передвижной створкой. После завершения каждого выпуска, летка закрывается пробками, изготовленными из огнеупорной глины, смешанной с угольной пылью, коксовой мелочью или дробленой электродной массой. Наличие угля в пробке способствует более легкому вскрытию летки с использованием электрода для выпуска.

Рафинирование и разливка кремния

Для достижения высокой степени чистоты выплавляемого кремния применяется рафинирование с помощью подачи газовоздушной смеси, которая подается от компрессора посредством технологического трубопровода в ковш через продувочные пробки, установленные в днище. Регулирование и контроль количества подаваемого газа осуществляется с помощью запорной арматуры, манометров и расходомеров.



Рис. 3. Выпуск расплава кремния из печи в ковш (ТОО «Tau-Ken Temir»)

Рафинированный кремний из ковша разливается в изложницы, размер которых в ТОО «Tau-Ken Temir» 1,8 м × 1,8 м × 0,2 м, слоем 150–170 мм (рис. 4, а). Эти рамы устанавливаются на разливочных столах. Края рам и поверхность разливочного стола подсыпается кремнием мелкой фракции 0–2 мм или 2–10 мм. Также в место падения струи разливаемого кремния в рамы укладываются куски кремния размером около 250 мм × 250 мм × 250 мм из предыдущих выпусков (рис. 4, б). Расплав из ковша выливается на куски кремния, уложенные в разливочных рамах во избежание размывания подсыпки и материала разливочных столов. В процессе разливки кремния из каждого ковша отбирается проба кремния для проведения анализа. После разливки кремния, ковш транспортируется в горячем состоянии на стенд очистки ковшей, где производится очистка ковша от затвердевших остатков шлака и настывли с помощью соответствующих инструментов и оборудования, таких как машина для чистки ковшей, стержни, ломы и т. д.

Дробление и сортировка кремния

После полного затвердевания кремния рамы мостовым краном транспортируются для остывания. После остывания (около 45 мин) рамы поднимаются с помощью мостового крана. Застывший металл удерживается в конструкции рамы. Затем рама, с находящимся в ней металлом, транспортируется к столу грубого дробления кремния. Здесь рама опускается на колосники стола и гидромолотом производится предварительное (грубое) дробление. После этой операции в саморазгружающийся контейнер попадает кремний фракции 0–300 мм.

Далее контейнер с кремнием транспортируется вилочным погрузчиком в отделение промежуточного хранения продукции, где после приемки и присвоения марки, выгружается в сортовой закром с соответствующей маркой кремния. Из сортовых закромов, кремний фракции 0–300 мм, с помощью фронтального погрузчика, подается в приемный бункер дробильно-сортировочного комплекса. Далее кремний попадает на ленточный конвейер,



Рис. 4. Рафинированный кремний: а – разливка в изложницы (ТОО «Tau-Ken Temir»); б – разливка и слитки кремния из изложниц (АО «Кремний»)

посредством которого подается в щековую дробилку, где дробится на куски размером 0–100 мм. Затем кремний транспортируется ленточным конвейером на грохот, где происходит его рассев на четыре фракции (по требованиям потребителей ТОО «Tau-Ken Temir»): от -100 мм до +60 мм; от -60 мм до +10 мм; от -10 мм до +2 мм; от -2 мм до 0 мм.

Конечной продукцией ТОО «Tau-Ken Temir» являлся кремний различных марок, в том числе и отвечающего требованиям ГОСТ 2169-69 «Кремний» технический» (таблица, рис. 5, а).

АО «Кремний» поставляет потребителям кремний двух фракций – 0–5 мм и 10–100 мм. В АО «Кремний» производят металлургический (технический кремний согласно ГОСТ 2169-69) с содержанием целевого продукта 96–99 % и рафинированный кремний, в котором кремния должно содержаться в диапазоне 98–99,5 % (рис. 5, б) [10].

Из бункеров хранения готовой продукции

посредством системы вибrolотков и ленточных конвейеров кремний требуемой фракции транспортируется на станцию заполнения мешков или на конвейер загрузки контейнеров, тары и автотранспорта. Кремний может быть отгружен потребителю или транспортируется на склад готовой продукции.

Заключение

Кремний является востребованным элементом для производства изделий и продукции различного назначения. Для его получения необходимы сырьевые материалы: высококачественные кварциты и углеродистые восстановители нефтяной кокс, каменные угли различных месторождений, древесный уголь. Выплавку металлургического (технического) кремния осуществляют в рудовосстановительных электродуговых печах при нагреве кремнеземсодержащей шихты при температуре 1800–2400 °С. После выплавки про-

ГОСТ 2169-69 «Кремний технический»

Марка кремния	Массовая доля			
	Si, %, не менее	примеси, %, не более		
		Fe	Al	Ca
2202	99,5	0,20	0,20	0,02
3301	99,0	0,30	0,30	0,01
3303	99,0	0,30	0,30	0,03
331	99,0	0,30	0,30	0,10
4401	99,0	0,40	0,40	0,01
4403	99,0	0,40	0,40	0,03
441	99,0	0,40	0,40	0,10
553	98,5	0,50	0,50	0,30
773	98,0	0,70	0,70	0,30
Кр00	99,0	0,40	0,30	0,40
Кр0	98,8	0,50	0,40	0,40
Кр1	98,0	0,70	0,70	0,60
Кр2	97,0	1,00	1,20	0,80
Кр3	96,0	1,50	1,50	1,50



а



б

Рис. 5. Кремниевая продукция: а – ТОО «Tau-Ken Temir»; б – АО «Кремний»

дится окислительное рафинирование с последующим дроблением кускового кремния для реализации потребителям.

Технология получения технического кремния рассмотрена на примере предприятий

ТОО «Тай-Кен Темір» (г. Караганда, Республика Казахстан), входящего в АО «Национальная горнорудная компания «Тай-Кен Самрук», и АО «Кремний» компании «РУСАЛ» (г. Шелехов, Иркутская область, Россия).

Список источников

1. Гасик М.И., Гасик М.М. Электротермия кремния. Днепропетровск: Национальная металлургическая академия Украины, 2011. 487 с.
2. Попов С.И. Металлургия кремния в трехфазных руднотермических печах. Иркутск: ЗАО «Кремний», 2004. 237 с.
3. Немчинова Н.В. Физикохимия и карботермия кремния. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. 287 с.
4. Schei A., Tuset J.Kr., Tveit H. Production of high silicon alloys. Trondheim: Tapir Academic Press, 1998. 363 p.
5. Ringdalen E., Tangstad M. Reaction mechanisms in carbothermic production of silicon, study of selected reactions // International Smelting Technology Symposium: Incorporating the 6th Advances in Sulfide Smelting Symposium (Orlando (USA), 11–15 March 2012). Orlando, 2012. P. 195–203. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118364765.ch24>.
6. Beiseyev O.B., Zayed A.M. Aktas quartz in Central Kazakhstan is important raw for the production of Hi-Tech products // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 5. С. 13–15.
7. Попов А.А., Немчинова Н.В. Кварцевое сырье для производства кристаллического кремния // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы IX Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). Иркутск, 2019. С. 39–53.
8. Немчинова Н.В., Минеева Т.С., Леонова М.С. Свойства углеродистых восстановителей при производстве кремния // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 24–25 апреля 2012 г.). Иркутск, 2012. С. 63–65.
9. Немчинова Н.В., Плакущий А.В., Коршунов В.С. Современные тенденции применения углеродных материалов в производстве металлургического кремния // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы XIII Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 19–20 апреля 2023 г.). Иркутск, 2023. С. 28–32.
10. Nemchinova N.V., Hoang V.V., Tyutrin A.A. Formation of impurity inclusions in silicon when smelting in ore-thermal furnaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 969. 012038. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/969/1/012038>.

Информация об авторах / Information about the Authors

Немчинова Нина Владимировна,
д.т.н., профессор,
заведующая кафедрой металлургии
цветных металлов,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ninavn@yandex.ru

Nina V. Nemchinova,
Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Head of Non-Ferrous Metals Metallurgy Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ninavn@yandex.ru

Зобнин Николай Николаевич,
к.т.н.,
старший преподаватель кафедры
металлургии и материаловедения,
Карагандинский индустриальный университет,
101400, г. Темиртау, пр. Республики, 30,
Республика Казахстан
zobninnn@mail.ru

Nikolay N. Zobnin,
Cand. Sci. (Eng.),
Senior Lecturer of Metallurgy and Materials
Science Department,
Karaganda Industrial University,
30 Respublika Pr., Temirtau 101400,
Republic of Kazakhstan
zobninnn@mail.ru

Тютрин Андрей Александрович,
к.т.н., доцент,
доцент кафедры металлургии цветных металлов,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
an.tu@inbox.ru

Andrey A. Tyutrin,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor, Non-Ferrous Metals
Metallurgy Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
an.tu@inbox.ru

Ильин Александр Александрович,
научный сотрудник,
Карагандинский индустриальный университет,
101400, г. Темиртау, пр. Республики, 30,
Республика Казахстан
worldilyins@gmail.com

Жидков Константин Игоревич,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
kostyazhidkov@list.ru

Ломтиков Глеб Андреевич,
студент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
lomtikov.lider@gmail.com

Alexander A. Ilin,
Researcher,
Karaganda Industrial University,
30 Respublika Pr., Temirtau 101400,
Republic of Kazakhstan
worldilyins@gmail.com

Konstantin I. Zhidkov,
Postgraduate Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
lomtikov.lider@gmail.com

Gleb A. Lomtikov,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
lomtikov.lider@gmail.com

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 2 2024

Редактор Т.К. Кувайшина
Верстка Ф.А. Посысоевой

Выход в свет 28.06.2024 г.
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83