МОЛОДЁЖНЫЙ ВЕСТНИК ИрГТУ

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

Том 14 № 4 2024

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

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 4 2024

2024

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 4 2024

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

Сетевое издание основано в 2011 году
Периодичность издания – ежеквартально

Сведения о сетевом издании можно найти на сайте: http://мвестник.рф/

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

© ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», 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 геоинформационных 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)

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 4 2024

Уважаемые читатели!

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

«Молодежный вестник ИрГТУ» – это сетевое издание (выходит ежеквартально), 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 № 4 2024

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Клыпин В.А., Закирзянов И.С., Гогия Д.Е., Гриценко Г.Е., Стрельников А.Н., Простакова Л.В. Стенд для испытаний фильтрующего материала на разрыв **502**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Волотовский К.Т., Дорофеев А.С. Комплексный подход к оценке трудозатрат и качества процессов, возникающих в ходе работы государственной экзаменационной комиссии **507**

Гомзяков Я.В., Шаевич А.А. Классификация рукописного текста (на примере русского алфавита) на основе нейросетевого подхода с использованием сверточных нейронных сетей **514**

Григорьев А.А., Родивилин И.П. Актуальность применения метода мел-частотных кепстральных коэффициентов для распознавания эмоций на основе нейросетевого подхода **520**

Журавлёв Г.Д., Богданов М.В., Никишина О.В. Сравнительный анализ функциональных возможностей информационных систем Renga и Revit **526**

Ильков К.А., Григорьев С.В. Применение алгоритма сэмплирования для уточнения диагноза по данным флюорографии **531**

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Репинский О.Д., Тимофеева А.С. Текущие тренды и вызовы в топливно-энергетическом комплексе России **537**

Шабалин А.А., Петрушенко И.К. Квантово-химическое исследование сорбции молекулярного водорода в наноконтейнерах на основе фуллерена C60 **542**

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Дорофеева Н.Л., Горбунова А.П. Сравнительный анализ загрязнений атмосферного воздуха в городах Иркутской области в 2021–2023 гг. **550**

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Новиков М.Ю., Ананин К.Ю., Тарануха Н.Л. Антенно-мачтовые сооружения сотовой связи: типы опор и основные принципы проектирования металлоконструкций **555**

Толмачев М.Д., Зеньков Е.В., Ященко В.П. Применение комбинированных технологий BIM+GIS для решения строительных и градостроительных задач **561**

Чупрова А.В., Абрамова О.А., Захарчук М.Г. Цвет в формировании креативной среды Дома детского творчества **568**

Шобоева В.А., Добышева Т.В. Анализ влияния санкций на отрасль строительства Российской Федерации в период 2014–2023 гг. **574**

ФИЛОЛОГИЯ

Бабкинова Л.В., Юринский А.Ю. Диалектизмы Восточного Забайкалья **580**

Бородачёв А.Н., Сивцева Н.Г. Особенности перевода коммерческой документации с английского на русский язык *(англ.)* **584**

Фетисова С.А., Дзёган Е.О. Особенности перевода интернет-сленга с китайского языка на русский **589**

ЭКОНОМИКА

Вологжина О.А., Дедюхина Е.С. Анализ методов формирования фондов капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области **594**

Степанов Д.М., Корепина Н.А. Лингвокоучинг как инновационная технология в развитии и совершенствовании функционирования бизнес-единиц *(англ.)* **601**

ПСИХОЛОГИЯ

Кузнецова Ю.В. Экспериментальный анализ эффекта профессионального выгорания в деятельности преподавателей французского языка **607**

ПЕДАГОГИКА

Малыхин А.В., Глухов С.Д. Париж-2024: XXXIII летние Олимпийские игры **613**

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГОРНЫЕ НАУКИ

Перелыгин И.В., Лысков В.М. Влияние параметров буровзрывных работ на основные показатели при ведении проходческих работ **620**

Шонходоев З.Ч., Васильева Л.Г., Максимова Е.Л., Цыбенов Б.Б. Оценка применения флокулянтов для сгущения продуктов обогащения руды с высоким содержанием глины **626**

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Галеев В.Г., Небогин С.А., Иванов Н.А. Синтез полых углеродных наносфер на темплатах наносилики рукавной пыли кремниевого производства **632**

Горячева А.К., Сысоев И.А. Разработка технологической схемы и расчет оборудования для извлечения золота из руды с повышенным содержанием меди **639**

Матвеенко И.Д., Кузьмина М.Ю. Получение защитных покрытий на поверхности серебра химическим способом **646**

Петренко В.В., Немчинова Н.В. Модернизация подвесного транспортного конвейера анодно-монтажного отделения алюминиевого завода **655**

Смирнов В.А., Тютрин А.А. Оценка эффективности применения алюмокремниевой лигатуры для производства силуминов **664**

УДК 621.03

Стенд для испытаний фильтрующего материала на разрыв

© В.А. Клыпин, И.С. Закирзянов, Д.Е. Гогия, Г.Е. Гриценко,
А.Н. Стрельников, Л.В. Простакова

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

Аннотация. В современном автомобильном производстве качество и надежность каждой детали играют важную роль. Одной из таких деталей является масляный фильтр, который выполняет важную функцию – очищает моторное масло от загрязнений и гарантирует безупречную работу двигателя. Чтобы убедиться в надежности фильтрующего материала из которого изготавливаются масляные фильтры, проводятся испытания на разрыв. Для этой цели используется специальный стенд, который позволяет определить прочность материала и его способность выдерживать большие нагрузки. Стенд для проведения испытаний на разрыв фильтрующего материала масляных фильтров представляет собой специализированное оборудование, разработанное для измерения и анализа прочностных характеристик материала. В процессе испытаний на стенде проверяются параметры пределов прочности фильтрующего материала. Использование стенда для проведения испытаний на разрыв фильтрующего материала масляных фильтров является неотъемлемой частью процесса контроля качества автомобильных компонентов. Благодаря этому оборудованию возможно точно оценить характеристики материала и выбрать наилучшую технологическую схему его производства. Таким образом, использование стенда значительно повышает надежность и долговечность масляных фильтров, что в свою очередь положительно сказывается на работе двигателя автомобилей и продолжительности его службы.

Ключевые слова: масляный фильтр, фильтрующий материал, стенд на разрыв, прочность

Filter media tensile test bench

© Viktor A. Klypin, Ilya S. Zakirzyanov, Danil E. Gogia, Grigory E. Gritsenko,
Alexander N. Strelnikov, Lyudmila V. Prostakova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. In modern automobile production, the quality and reliability of each part play an important role. One of these parts is the oil filter, which performs an important function - it cleans the engine oil from contaminants and ensures flawless engine operation. To ensure the reliability of the filter material from which oil filters are made, tensile tests are carried out. For this purpose, a special stand is used, which allows determining the strength of the material and its ability to withstand heavy loads. The stand for conducting tensile tests of filter material of oil filters is specialized equipment designed to measure and analyze the strength characteristics of the material. During the testing process, the parameters of the filter material strength limits are checked on the stand. Using the stand to conduct tensile tests of the filter material of oil filters is an integral part of the quality control process of automobile components. Thanks to this equipment, it is possible to accurately assess the characteristics of the material and select the best technological scheme for its production. Thus, using the stand significantly increases the reliability and durability of oil filters, which in turn has a positive effect on the operation of the car engine and its service life.

Keywords: oil filter, filter material, tensile test stand, strength

Масляные фильтры играют важную роль в автомобиле – обеспечивают очистку масла от частиц и загрязнений, чтобы предотвратить повреждение двигателя. Центральным элементом масляного фильтра является фильтрующий материал, который эффективно задерживает мелкие и твердые частицы, тем самым сохраняя чистоту масла. Однако фильтрующий материал должен быть достаточно прочным и выдерживать высокие нагрузки во время работы автомобиля.

Неотъемлемой частью процесса разработки и контроля качества фильтров являются стенды для проведения испытаний на разрыв фильтрующего материала масляных фильтров (рис. 1). Основной целью проведения испытаний на разрыв является определение прочностных характеристик материала и его способности выдерживать нагрузки в процессе эксплуатации.

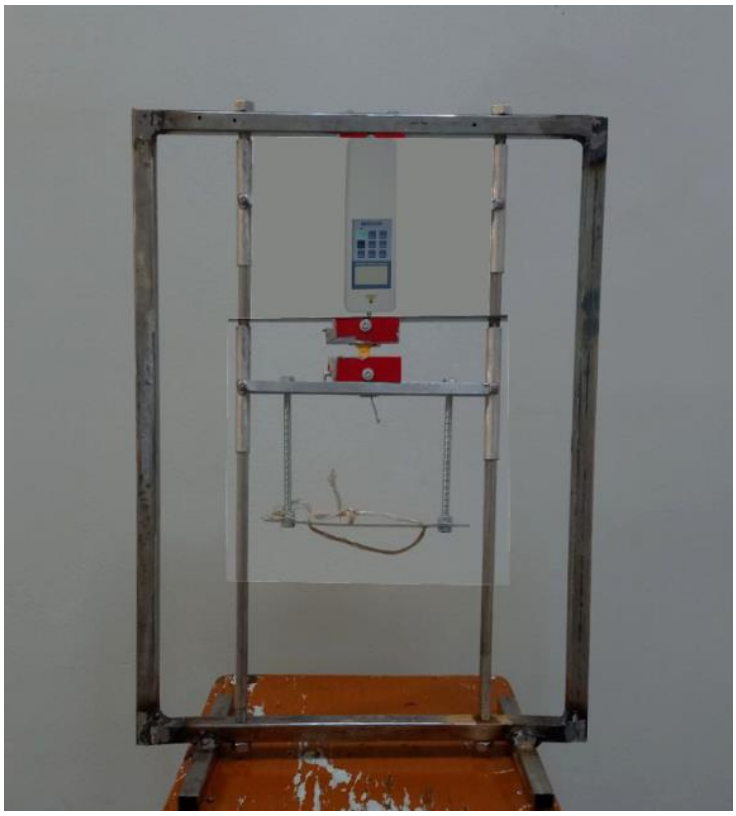


Рис. 1. Стенд для испытаний фильтрующего материала на разрыв

Стенды для испытаний на растяжение обладают рядом важных характеристик, которые обеспечивают получение точных и надежных результатов. Он позволяет отслеживать и регулировать нагрузку, которой подвергается материал. Это важно при проведении испытаний при различных уровнях нагрузки для определения оптимальных параметров фильтрации в конкретных условиях эксплуатации. Стенды для испытаний на разрыв могут также иметь автоматическую систему сбора данных, которая позволяет анализировать результаты и строить графики характеристик материала. Особенности испытаний на разрыв фильтрующего материала важны для определения прочности и долговечности при работе в масляных фильтрах.

Стенду для проведения испытаний на разрыв фильтрующего материала необходимо обладать некими особенностями. Он должен иметь возможность точного и контролируемого регулирования силы, с которой материал будет разрываться. Это позволяет проводить тесты с оптимальными показателями для конкретного типа материала.

Стенд для испытаний – это специальное устройство, предназначенное для измерения прочностных характеристик фильтрующего материала. Конструкция стенда состоит из рамы, изготовленной из профиля 20×20 мм, размерами 450×650 мм, поперек рамы расположены два профиля для устойчивости конструкции, чтобы она не опрокидывалась во время испытания. Внутри рамы расположены две вертикальные направляющие из алюминиевых стержней диаметром 12 мм по которым будет перемещаться платформа, состоящая из перекладины, которая представляет собой алюминиевый швеллер шириной 20 мм, высотой 10 мм и длиной 250 мм. С помощью болтового соединения на швеллер будут крепиться нижние зажимы, а верхние будут крепиться болтами в центре верхней части рамы также с помощью болтового соединения. К алюминиевому швеллеру приварены трубки с внутренним диаметром 13 мм и длиной 120 мм. Платформа крепится болтами М6 и состоит из алюминиевой пластины, закрепленной между алюминиевым швеллером и пластиной.

Испытание на растяжение фильтрующей бумаги (материала) масляного фильтра необходимо для проверки прочности и долговечности. С помощью данного стенда можно опре-

делить максимальную нагрузку фильтрующего материала, который может выдержать без разрыва. Это позволяет производителям понять, как оптимизировать производственный процесс и выбрать лучшее качество фильтрующей бумаги.

Также испытания могут использоваться для оценки влияния различных факторов, таких как температура и влажность. Это важно для обеспечения надежности и работоспособности масляных фильтров в различных климатических условиях. Принцип работы стенда заключается в том, что фильтрующий материал (бумага) вставляется в верхние и нижние зажимы. Под действием определенной массой грузов (рис. 2) создается разрывное усилие. Грузы размещаются или подвешиваются на платформе. Планка к которой крепится зажим нагружается и вес планки с грузом прикладывает усилие к фильтрующему материалу. Добавляя небольшие грузы, можно определить прочность материала.

Главное, что нужно для проведения испытания на стенде – это заготовленные образцы фильтрующего материла с требованиями стандартов и технических условий. Чтобы подготовить образцы, необходимо приобрести масляные фильтры. Они могут быть как с металлическим корпусом, так и без металлического корпуса, которые называются сменными фильтрующими элементами.

Достать фильтрующий материал из масляного фильтра с металлическим корпусом – не совсем простая задача, для этого необходимо произвести действия, с помощью режущего диска на угловой шлифовальной машине. Требуется срезать у основания корпуса металл, после чего достать из корпуса фильтрующий материал и подготовить его к испытанию на разрыв.

Если приобрели сменный фильтрующий элемент, то с ним сложностей гораздо меньше, т. к. у него нет металлического корпуса и всех операций, как с предыдущим масляным фильтром повторять не требуется. Его сразу можно подготовить к испытанию на разрыв.

Для проведения испытания стенда на разрыв фильтрующего материала, нужно расположить стенд в более подходящем месте. На поверхность, которая неподвижна и не имеет уклона. Это может быть стол с регулируемыми ножками, металлическая конструкция, прикрепленная к стене, или же ровный пол, созданный из необходимого материала (бетон, металл, дерево).

Для проведения испытаний на растяжение мы приобрели масляные фильтры производителей Mann и Bosch. Подробная характеристика фильтров приведена в таблице. В нашем исследовании мы планировали узнать какой из фильтров выдержит максимальную нагрузку на разрыв. При проведении эксперимента температура в помещении была около 20 ˚С, а относительная влажность 40 %.

Мы вырезали абсолютно одинаковые куски фильтрующей бумаги равные 30×30 мм. Для более точного результата мы проверяли растяжение одного фильтра два раза вдоль и поперек сечений волокон.

Рис. 2. Грузы

Характеристика масляных фильтров

Бренд	Mann Filter	Bosch
Страна	Германия	Германия
Тип фильтра	Масляный фильтр	Масляный фильтр
Высота	79 мм	77,5 мм
Наружный диаметр	76 мм	89 мм
Внутренний диаметр	62 мм	64 мм
Наружный диметр 2	71 мм	74 мм

После установки фильтрующей бумаги на стенд необходимо убедиться в том, что материал устойчиво и равномерно закреплен. Для точного результата мы замерили ровность верхней рамы специальным инструментом – уровнем. И только после выше перечисленных действий мы можем приступить к нашему эксперименту. Начиная с одного килограмма, мы постепенно увеличиваем и устанавливаем грузики на специальную нижнюю площадку. Прибавляем грузы с шагом в 200 г. После того как устанавливается очередной утяжелитель мы выдерживаем паузу примерно 6–8 сек, чтобы точно определить нагрузку, которая была приложена в случае разрыва. В конечном итоге максимальная нагрузка, которую выдержал фильтр Mann – 5 кг 550 г. Это был первый результат, который выдержал фильтр по продольному сечению. После этого мы фиксируем еще один образец фильтра, только теперь поперечным сечением. Фильтрующая бумага выдержала только 3 кг 150 г. Следующий на очереди был фильтр бренда Bosch. Мы снова убеждаемся в правильности установки фильтрующей бумаги, принимаем все меры предосторожности в соответствии с техникой безопасности и начинаем устанавливать утяжелители. Максимальная нагрузка при разрыве у данного фильтра была 4 кг 950 г – это разрыв по продольному сечению. Затем следовал эксперимент на разрыв по поперечному сечению. Результатом мы получили растяжение при нагрузке 3 кг.

В ходе нашего эксперимента мы проверили два наиболее популярных на рынке фильтра. Фильтр Mann оказался более устойчивым к нагрузкам по продольной и поперечной оси, чем фильтр бренда Bosch.

Список источников

1. Емцов В.А., Рузикулов Э.Ф., Зайков В.Д., Николаев С.К., Стрельников А.Н., Кокоуров Д.В. Изучение свойств фильтрующих материалов, применяемых в масляных фильтрах // Молодежный вестник. 2023. Т. 14. № 3. С. 405–409. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2023/03/ (дата обращения: 20.05.2024).
2. Федосов Е.С. Исследование гидравлических сопротивлений масляных фильтров ДВС // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2021. № 12. С. 55–61.
3. Мышкин Н.К., Свиреденок А.И., Ткачук Д.В. Новые тенденции в трибологии и их связь с творческим наследием И.В. Крагельского // Трение и износ. 2008. Т. 29. № 4. С. 338–347.
4. Курапов П.А. Усталостное разрушение поверхности деталей пар качения в условиях воздействия активной смазочной среды // Трение и износ. 2008. Т. 29. № 4. С. 387–390.
5. Sivalnev D.V. The purification method of the engine oil in the internal combustion engine by using centrifugal oil filter // Мир науки без границ: сб. тр. VIII Всерос. науч.-практ. конф. Молодых ученых с междунар. участием (г. Тамбов, 12 февраля 2021 г.). Тамбов, 2021. С. 63–65.
6. Васечкин У.А., Андреев И.А., Котельников С.Н., Стрельников А.Н., Кокоуров Д.В. Исследование смазывающих свойств пластичных смазок // Молодежный вестник. 2023. Т. 13. № 1. С. 6–19. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2023/01/ (дата обращения: 20.05.2024).
7. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. М.: Академия, 2003. 483 с.
8. Котельников С.Н., Васечкин У.А., Покацкий А.С., Стрельников А.Н., Кокоуров Д.В. Исследование смазывающих способностей масел способом стекания по вертикальной стенке цилиндра // Молодежный вестник. 2022. Т. 12. № 2. С. 240–244. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2022/02/ (дата обращения: 20.05.2024).
9. Манг Т. Смазки. Производство, применение, свойства / пер. с англ. В.М. Школьникова. СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. 944 с.
10. Чеканов Н.А., Носырев Д.Я. Стенд испытания масляных фильтров // Наука и образование транспорту. 2013. № 1. С. 57–59. Режим доступа: https://www.samgups.ru/science/uchenomu/konferentsii-i-granty/ (дата обращения: 20.05.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Клыпин Виктор Алексеевич,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
viktorklypin@gmail.com

Viktor A. Klypin,
Student,
Construction Road Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
viktorklypin@gmail.com

Закирзянов Илья Сергеевич,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
zakirzyanov.ilya@mail.ru

Ilya S. Zakirzyanov,
Student,
Construction Road Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
zakirzyanov.ilya@mail.ru

Гогия Данил Евгеньевич,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
gogiyadanil664@gmail.com

Danil E. Gogia,
Student,
Construction Road Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
gogiyadanil664@gmail.com

Гриценко Григорий Евгеньевич,
студент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
gricenkogrigorj@gmail.com

Grigory E. Gritsenko,
Student,
Construction Road Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
gricenkogrigorj@gmail.com

Стрельников Александр Николаевич,
доцент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
strelnikov077@rambler.ru

Alexander N. Strelnikov,
Assistant Professor,
Construction Road Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
strelnikov077@rambler.ru

Простакова Людмила Владимировна,
доцент,
кафедра строительных дорожных машин
и гидравлических систем,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
prostalv@istu.edu

Lyudmila V. Prostakova,
Assistant Professor,
Construction Road Machinery
and Hydraulic Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
prostalv@istu.edu

УДК 004.051:378.1

Комплексный подход к оценке трудозатрат и качества процессов, возникающих в ходе работы государственной экзаменационной комиссии

© К.Т. Волотовский, А.С. Дорофеев

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

Аннотация. Проблема разработки методических средств для оценки трудозатрат и качества процессов, возникающих в ходе организации и работы государственной экзаменационной комиссии, является важной задачей, решение которой способствует повышению эффективности и совершенствованию одного из ключевых этапов образовательного процесса. В данной работе предложен подход к объективной оценке временных и трудовых ресурсов, необходимых для проведения государственной итоговой аттестации вручную, а также с применением автоматизированной системы. В результате расчета трудозатрат были сделаны выводы о применимости данной системы для уменьшения общих трудозатрат при проведении государственной итоговой аттестации. Особое внимание было уделено разработке методики квалиметрической оценки качества процессов, возникающих в рамках деятельности государственной экзаменационной комиссии. Данная методика основана на определении единичных и комплексных показателей качества, что позволяет всесторонне анализировать и совершенствовать процедуру проведения государственной итоговой аттестации выпускников. Предложенные методические подходы будут полезны специалистам, ответственным за организацию и проведение государственной аттестации, для оптимизации использования ресурсов и повышения качества этого важного этапа образовательного процесса, от которого во многом и зависит оценка готовности будущих специалистов к практической деятельности.

Ключевые слова: расчет трудозатрат, государственная итоговая аттестация, государственная экзаменационная комиссия, оценка качества процесса

An integrated approach to the assessment of man-hours and the quality of processes arising during the work of the state examining committee

© Konstantin T. Volotovsky, Andrey S. Dorofeev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The problem of developing methodological tools for assessing man-hours and the quality of processes that arise during the organization and work of the state examining committee is an important task, the solution of which contributes to improving the efficiency and improvement of one of the key stages of the educational process. The article proposes an approach to an objective assessment of time and labour resources necessary for conducting the state final certification manually, as well as using an automated system. Based on the results of the calculation of man-hours, the article concludes about the applicability of this system to reduce overall man-hours during the state final certification. Particular attention is paid to the development of a methodology for qualimetric assessment of the quality of processes arising within the framework of the activities of the state examining committee. This methodology is based on the definition of individual and complex quality indicators, which allows for a comprehensive analysis and improvement of the procedure for conducting state final certification of graduates. The proposed methodological approaches will be useful for specialists responsible for organizing and conducting state certification and for optimizing the use of resources and improving the quality of this important stage of the educational process, on which the assessment of future specialists' readiness for practical work largely depends.

Keywords: calculation of man-hours, state final certification, state examining committee, process quality assessment

Введение

Каждый год десятки тысяч выпускников высших учебных заведений проходят процедуру государственной итоговой аттестации (ГИА), являющейся важной частью их профессиональной подготовки. Центральным элементом этой процедуры является деятельность государственной экзаменационной ко-

миссии (ГЭК), от результатов работы которой во многом и зависит оценка готовности выпускников к практической деятельности.

ГИА проводится государственными экзаменационными комиссиями в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися основных образовательных программ соответствующим требованиям федерального государственного стандарта высшего образования или самостоятельно разработанных образовательных стандартов.

Государственная итоговая аттестация обучающихся проводится в форме:

– государственного экзамена;

– защиты выпускной квалификационной работы (ВКР) (далее вместе – государственные аттестационные испытания)[1].

Вместе с тем, организация функционирования ГЭК сопряжена с рядом сложных процессов, требующих тщательного анализа и оценки. Возникают вопросы рационального распределения трудовых и временных ресурсов, обеспечения высокого качества экзаменационных процедур, совершенствования нормативно-методического сопровождения работы комиссий. Неравномерное распределение трудозатрат, недостаточный учет специфики образовательной организации и формата проведения ГИА могут приводить к перегрузке отдельных специалистов и снижению качества их работы.

Настоящее исследование направлено на разработку комплексного подхода к оценке трудозатрат и качества процессов, возникающих в ходе деятельности государственной экзаменационной комиссии. Полученные результаты могут быть использованы специалистами, ответственными за организацию и проведение государственной аттестации выпускников, для повышения качества данного важного этапа их профессионального становления.

Методика расчета трудозатрат ГЭК

Для определения времени, которое предполагается затратить на выполнение задач, вводятся значения трудозатрат. Трудозатраты – это объем работ или число человек/часов, необходимое для завершения задачи [1].

Методика расчета трудозатрат членов государственной экзаменационной комиссии включает следующие этапы:

1. Расчет трудозатрат на проведение ГИА:

– определение количества аттестуемых (N);

– расчет времени на проведение аттестации одного обучающегося $(t_{\text{атт.}})$;

– определение общего времени на проведение защиты ВКР:

$T_{\text{атт.}} = N \cdot t_{\text{атт.}}$;

– определение общего времени на проведение приема государственного экзамена:

– в письменной форме государственный экзамен проходит для всей учебной группы одновременно, соответственно общее время будет равным:

$T_{\text{атт.}} = t_{\text{атт.}}$;

– в устной форме общее время на проведение государственного экзамена будет равным:

$T_{\text{атт.}} = N \cdot t_{\text{атт.}}$.

2. Расчет времени на обсуждение результатов:

– установление времени на обсуждение и оценивание ответов одного обучающегося $(t_{\text{обс.}})$;

– определение общего времени на обсуждение результатов:

$T_{\text{обс}} = N \cdot t_{\text{обс}}$.

3. Учет дополнительных видов работ:

– для государственного экзамена:

– расчет времени на подготовку экзаменационных материалов $(T_{\text{подг.}})$.

4. Учет времени на подготовку и оформление документации:

– расчет времени на оформление протокола заседания ГЭК $(T_{\text{прот.}})$ (данный процесс выполняется во время заседания и обсуждения результатов);

– расчет времени на оформление отчета председателя $(T_{\text{отч.}})$.

5. Расчет общих трудозатрат:

$T_{\text{общ}} = T_{\text{атт.}} + T_{\text{обс.}} + T_{\text{подг.}} + T_{\text{прот.}} + T_{\text{отч.}}$.

[1] Методические указания по участию секретарей в организации работы ГЭК и оформлению книг протоколов заседаний государственных экзаменационных комиссий в образовательном учреждении высшего образования. Режим доступа: https://www.rea.ru/ru/org/managements/Centrkoordinacii-i-kontrolja-uchebnogoprocessa/Documents/Метод%20указания%20секретарей%20ГЭК.PDF (дата обращения: 12.06.2024).

Исходя из данной методики, можем примерно рассчитать общие трудозатраты на проведение защиты ВКР для 20 выпускников, взяв за основу данные из положения[2]. Таким образом, получаем:

– количество экзаменуемых (N) = 20 чел.*;*

– время на проведение защиты одного обучающегося ($t_{\text{атт.}}$) = в среднем 30 мин. (10–15 мин. на доклад + чтение отзыва и рецензии + вопросы (максимум 45 мин.));

– время на обсуждение и оценивание ответа ответов защищающегося ($t_{\text{обс.}}$) = 5 мин.;

– время на оформление протокола ($T_{\text{прот.}}$) = 10 мин.;

– время на оформление отчета председателя ($T_{\text{отч.}}$) = 8 ч. (при 8-часовом рабочем дне).

Соответственно:

$T_{\text{атт.}}$ = 20 · 30 мин. = 600 мин. = 10 ч.

$T_{\text{обс.}}$ = 20 · 5 мин. = 100 мин. = 1 ч. 40 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 20 · 10 мин. = 200 мин. = 3 ч. 20 мин.

$T_{\text{общ.}}$ = 10 ч. + 1 ч. 40 мин. + 3 ч. 20 мин. + 8 ч. = 23 ч.

Таким образом, общие трудозатраты членов экзаменационной комиссии при проведении защиты ВКР для 20 обучающихся составляют 23 ч.

А также можем рассчитать общие трудозатраты на проведение приема государственного экзамена, исходя из данных, согласно порядку проведения государственной итоговой аттестации[3]. Получаем:

– количество экзаменуемых (N) = 20 чел.;

– продолжительность государственно экзамена ($t_{\text{атт.}}$);

– в письменной форме = в среднем 2 ч. 15 мин. (максимум 3 академических часа – 4 ч. 30 мин.);

– в устной = в среднем = 20 мин. (в связи с тем, что пока принимают экзамен у одного, остальные подготавливаются к ответу);

– время на обсуждение и оценивание ответа ответов защищающегося ($t_{\text{обс.}}$) = 20 мин;

– время на оформление протокола ($T_{\text{прот.}}$) = 10 мин.;

– время на подготовку экзаменационных материалов ($T_{\text{подг.}}$) = 20 мин.;

– время на оформление отчета председателя ($T_{\text{отч.}}$) = 8 ч..

В результате для проведения государственного экзамена в письменной форме, общие трудозатраты будут равны:

$T_{\text{атт}}$ = 2 ч. 15 мин.

$T_{\text{обс.}}$ = 20 · 20 мин. = 400 мин. = 6 ч. 40 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 20 · 10 мин. = 200 мин. = 3 ч. 20 мин.

$T_{\text{общ.}}$ = 2 ч. 15 мин. + 6 ч. 40 мин. + 3 ч. 20 мин. + 20 мин. + 8 ч. = 20 ч. 35 мин.

А в устной форме:

$T_{\text{атт.}}$ = 20 · 30 мин. = 600 мин. = 10 ч.

$T_{\text{обс.}}$ = 20 · 20 мин. = 400 мин. = 6 ч. 40 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 20 · 10 мин. = 200 мин. = 3 ч. 20 мин.

$T_{\text{общ.}}$ = 10 ч. + 1 ч. 40 мин. + 3 ч. 20 мин. + 20 мин. + 8 ч. = 23 ч. 20 мин.

Соответственно, общие трудозатраты членов экзаменационной комиссии при проведении государственного экзамена для 20 обучающихся составляют 22 ч. 15 мин. в письменной форме и 25 ч в устной.

С целью автоматизировать процесс подготовки и оформления сопутствующей документации, разработана программная система поддержки работы ГЭК [2, 3].

Данная система обеспечивает работу следующих функций:

– ведение удобного для пользователя заполнения протокола ГЭК и формирование всех необходимых для этого списков;

– сортировки и фильтрации данных во всех списках;

– экспорта протокола заседания ГЭК в MS Word;

– формирования и экспорта в MS Word следующих документов: отчета председателя ГЭК (результаты защиты ВКР, результаты работы ГЭК, результаты сдачи государственного экзамена (для специалитета), приложения А–Г)[1]; из распечатанных протоколов можно сформировать книгу протоколов защиты.

---

[2] Положение об организации и проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования. Режим доступа: https://tgpgk.1mcg.ru/data/b63f75d0f7ab55eb19fcc8c355bf773b.pdf. (дата обращения: 20.06.2024).

[3] Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета, магистратуры – в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет». Режим доступа: https://www.asu.ru/files/documents/00019053.pdf. (дата обращения: 20.06.2024).

Стоит отметить, что трудозатраты являются одним из элементов показателей качества разрабатываемых систем и программного обеспечения. Он «полезен для показателей качества, таких как трудозатраты на выполнение намеченной задачи пользователя, на восстановление системы или на сопровождение с использованием людских ресурсов – оператора, пользователя, разработчика, тестировщика или специалиста по обслуживанию» [4].

В связи с этим, стоит также рассчитать трудозатраты на проведения ГИА с привлечением автоматизации.

1. Расчет трудозатрат на проведение защиты ВКР.

Исходные данные:

N = 20 чел.

$t_{\text{атт.}}$ = 20 мин.

$t_{\text{обс.}}$ = 5 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 7 мин.

$T_{\text{отч.}}$ = 4 ч.

Соответственно:

$T_{\text{атт.}}$ = 20 · 30 мин. = 600 мин. = 10 ч.

$T_{\text{обс.}}$ = 20 · 5 мин. = 100 мин. = 1 ч. 40 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 20 · 7 мин. = 140 мин. = 2 ч. 20 мин.

$T_{\text{общ.}}$ = 10 ч. + 1 ч. 40 мин. + 2 ч. 20 мин. + 4 ч. = 18 ч.

Таким образом, общие трудозатраты членов экзаменационной комиссии для проведения защиты ВКР с применением автоматизации для 20 обучающихся составляют 18 ч.

2. Расчет трудозатрат на проведение приема государственного экзамена в письменной форме:

N = 20 чел.

$T_{\text{атт.}}$ = 2 ч. 15 мин.

$t_{\text{обс.}}$ = 20 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 7 мин.

$T_{\text{подг.}}$ = 20 мин.

$T_{\text{отч.}}$ = 4 ч.

В итоге:

$T_{\text{атт}}$ = 2 ч. 15 мин.

$T_{\text{обс.}}$ = 20 · 20 мин. = 400 мин. = 6 ч. 40 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 20 · 7 мин. = 140 мин. = 2 ч. 20 мин.

$T_{\text{общ.}}$ = 2 ч. 15 мин. + 6 ч. 40 мин. + 2 ч. 20 мин. + 20 мин. + 4 ч. = 15 ч. 35 мин.

Соответственно, общие трудозатраты членов экзаменационной комиссии при проведении государственного экзамена в письменной форме с применением автоматизации для 20 обучающихся составляют 17 ч. 15 мин.

3. Расчет трудозатрат на проведение приема государственного экзамена в устной форме:

N = 20 чел.

$t_{\text{атт.}}$ = 20 мин.

$t_{\text{обс.}}$ = 20 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 7 мин.

$T_{\text{подг.}}$ = 20 мин.

$T_{\text{отч.}}$ = 4 ч.

Получаем:

$T_{\text{атт.}}$ = 20 · 30 мин. = 600 мин. = 10 ч.

$T_{\text{обс.}}$ = 20 · 20 мин. = 400 мин. = 6 ч. 40 мин.

$T_{\text{прот.}}$ = 20 · 7 мин. = 140 мин. = 2 ч. 20 мин.

$T_{\text{общ.}}$ = 10 ч. + 1 ч. 40 мин. + 2 ч. 20 мин. + 20 мин. + 4 ч. = 18 ч. 20 мин.

В результате общие трудозатраты членов экзаменационной комиссии при проведении государственного экзамена в устной форме с применением автоматизации для 20 обучающихся составляют 20 ч.

Сравнивая результаты расчета трудозатрат без и с привлечением автоматизации, можно установить, что время на оформление:

– протокола заседания сокращается на 3 мин;

– отчета председателя по защите ВКР и по приему государственного экзамена сокращается на 4 ч.

Также можно заметить, что общие трудозатраты на проведение защиты ВКР, приема государственного экзамена в письменной и устной форме для 20 студентов, с привлечением автоматизации, сокращаются на 5 ч.

Данное сокращение достигается за счет использования единой системы, предназначенной для автоматизации подготовки и оформления документации ГЭК. В частности, сокращение времени оформления протокола также достигается за счет автоматического заполнения базовой информации о студенте и членах комиссии и ввиду того, что каждый член ГЭК самостоятельно добавляет свои заданные вопросы в протокол. А сокращение времени оформления отчета председателя достигается за счет использования алгоритма для подсчета необходимых количественных данных, после которого сотруднику останется только заполнить пункты данного документа.

Исходя из приведенных расчетов, можно сделать вывод о применимости данной системы для уменьшения общих трудозатрат проведении ГИА.

Квалиметрическая оценка качества процессов

В современных условиях важно постоянно совершенствовать и повышать качество различных бизнес-процессов в организации, чтобы обеспечить эффективность и производительность ее деятельности. Для количественной оценки качества бизнес-процессов можно использовать методы квалиметрии. Квалиметрия – это наука об измерении и количественной оценки качества всевозможных предметов и процессов, т. е. объектов реального мира. Предметом квалиметрии является оценка качества в количественном его выражении [5].

Квалиметрия предполагает комплексную оценку не отдельных, а всех свойств объекта или процесса. Так, для оценки качества процессов, возникающих в ходе работы ГЭК, была разработана методика, основанная на определении комплексного показателя качества. Такой подход позволяет использовать количественные критерии для оценки эффективности предлагаемых или реализованных мероприятий по совершенствованию бизнес-процессов.

Согласно исследованию [6], для нахождения комплексного показателя качества процесса необходимо использовать следующую формулу:

$$K_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^{n} \mu_i \cdot K_i(t),$$

где $K_{\Sigma}(t)$ – комплексный показатель качества процесса; μ_i – коэффициент весомости i -го единичного показателя; $K_i(t)$ – значение единичного показателя качества процесса; n – количество единичных показателей; t – период времени, за который определяются единичные показатели качества и комплексный показатель качества процесса.

В качестве единичных показателей качества процесса можно выделить:

– $K_1(t)$ – показатель соблюдения временных рамок на проведение ГИА;

– $K_2(t)$ – показатель объективности оценивания;

– $K_3(t)$ – показатель соблюдения требований, предъявляемых к оформлению составляемой документации;

– $K_4(t)$ – показатель эффективности процесса оформления документации ГЭК.

Рассмотрим методику расчета каждого из перечисленных единичных показателей качества процесса.

1. Показатель соблюдения временных рамок на проведение ГИА:

$$K_1(t) = \left(\frac{T_{\text{факт.}}}{T_{\text{пл.}}}\right) \cdot 100\%,$$

где $T_{\text{факт.}}$ – фактическое время проведения ГИА; $T_{\text{пл.}}$ – плановое время проведения ГИА.

Этот показатель отражает, насколько четко и организованно прошел процесс проведения государственной итоговой аттестации.

2. Показатель объективности оценивания:

$$K_2(t) = \left(\frac{N_{\text{апл.}}}{N}\right) \cdot 100\%,$$

где $N_{\text{апл.}}$ – количество обоснованных апелляций; N – общее количество аттестуемых.

Этот показатель характеризует справедливость и непредвзятость оценивания членами ГЭК.

3. Показатель соблюдения требований, предъявляемых к оформлению составляемой документации:

$$K_3(t) = \left(\frac{N_{\text{ошб.}}}{N}\right) \cdot 100\%,$$

где $N_{\text{ошб.}}$ – количество выявленных недочетов в документации ГЭК.

Данный показатель характеризует степень соответствия документации ГЭК установленным правилам и нормам.

4. Показатель эффективности процесса оформления документации ГЭК:

$$K_4(t) = \left(\frac{T_{\text{док.факт.}}}{T_{\text{док.пл.}}}\right) \cdot 100\%,$$

где $T_{\text{док.факт.}}$ – фактическое время, затраченное на оформление документации ГЭК; $T_{\text{док.пл.}}$ – плановое время.

Данный показатель характеризует эффективность работы сотрудника, занимающегося оформлением данных документов.

Для расчета динамического комплексного показателя качества процесса, помимо определения единичных показателей качества, важно установить коэффициенты весомости (значимости) каждого из этих показателей. Параметры весомости играют ключевую роль в оценке качества, оказывая существенное влияние на итоговый результат [7].

Основные методы определения параметров весомости включают:

– экспертный метод (основан на оценке значимости показателей качества экспертами);

– метод предельных и номинальных значений (базируется на анализе предельно допустимых и оптимальных значений показателей);

– метод эквивалентных соотношений (предполагает сравнение и сопоставление относительной важности показателей);

– метод регрессионных зависимостей (использует статистические модели для определения весомости показателей).

Применение этих методов позволяет корректно рассчитать комплексный показатель качества процесса с учетом относительной значимости различных его характеристик.

Экспертный метод определения коэффициентов весомости для единичных показателей качества процесса, согласно исследованию [8], включает следующие основные этапы:

1. Нумерация всех единичных показателей в произвольном порядке.

2. Ранжирование экспертами этих показателей по степени важности.

3. Расчет суммы рангов для каждого единичного показателя.

4. Построение обобщенного ранжированного ряда на основе полученных сумм рангов.

5. Определение конкретных коэффициентов весомости для каждого единичного показателя качества:

$$\mu_i = \left(\frac{\sum_{j=0}^{m} R_{ij}}{\sum_{i=1,j=1}^{n,m} R_{ij}}\right),$$

где R_{ij} – ранг, присвоенный j-м экспертом i-му единичному показателю; m – число экспертов; n – число оцениваемых единичных показателей качества процесса.

6. Оценка точности экспертных суждений. Для этого определяется коэффициент конкордации, который показывает степень согласованности мнений экспертов. Чем выше коэффициент конкордации, тем выше достоверность экспертных оценок и, соответственно, точность определения коэффициентов весомости. Для расчета используется существующая формула, а именно:

$$W = \left(\frac{12D}{m^2 \cdot (n^3 - n)}\right),$$

где W – коэффициент конкордации; D – сумма квадратов рангов; n – число объектов ранжируемого признака или число экспертов; m – число анализируемых порядковых переменных [9].

Коэффициент конкордации может быть в диапазоне $1 \geq W \geq 0$. При $W = 0$ согласованность мнений экспертов отсутствует, при $W = 1$ – согласованность полная. Считают, что согласованность вполне достаточна при $W \geq 0{,}5$ [10].

Заключение

Таким образом, предложенный комплексный подход к оценке трудозатрат и качества процессов, возникающих в ходе работы государственной экзаменационной комиссии, показывает специалистам, ответственным за организацию и проведение государственной аттестации выпускников, насколько важно регулярно производить данные оценки для совершенствования столь важного этапа образовательного процесса. Также с помощью данных методик можно выявить узкие места и точки для улучшения данных процессов. Комплексный подход обеспечивает всестороннее понимание эффективности работы комиссии и служит основой для разработки и реализации мер по ее повышению. Одной из таких мер может стать разработанная система для поддержки работы ГЭК, позволяющая сократить время, затрачиваемое на подготовку и оформление документов. Результаты работы данной системы показывают, насколько можно оптимизировать работу с документацией ГЭК.

Список источников

1. Хачатурова С.С. Основы управления проектами // Наука, техника и образование. 2016. № 9 (27). С. 59–60.

2. Волотовский К.Т., Дорофеев А.С., Баженов Р.И. Разработка программной подсистемы поддержки работы секретаря ГЭК ВУЗа // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. 2023. № 9–2. С. 63–71.

3. Волотовский К.Т., Дорофеев А.С. Разработка программной системы поддержки работы государственной экзаменационной комиссии вуза // Актуальные аспекты развития науки и общества в эпоху цифровой трансформации: сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф. (г. Москва, 25 июля 2023 г.). М., 2023. С. 98–108.

4. Смелков Д.В., Куксевич В.Ф., Черненко Д.В. Ресурсосбережение в сфере IT при комплексной цифровизации образовательных процессов // Компетентность. 2023. № 3. С. 16–21.
5. Селезнева М.Ф. Квалиметрические методы оценки качества // VIII Всероссийская, научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия молодая»: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием «Россия молодая» (г. Кемерово, 19–22 апреля 2016 г.). Кемерово, 2016. С. 262.
6. Анцев В.Ю., Витчук Н.А., Тотай А.В., Реутов А.А. Алгоритм поэтапного совершенствования производственных процессов машиностроительных предприятий // Вестник брянского государственного технического университета. 2018. № 12 (73). С. 93–99.
7. Анцев В.Ю., Витчук Н.А., Трушин Н.Н. Применение методов квалиметрии в оценке качества производственных процессов // Проблемы машиноведения: сб. материалов III Междунар. науч-технич. конф. (г. Омск, 23–24 апреля, 2019 г.). Омск, 2019. Т. 2. С. 162–167.
8. Анцев В.Ю., Витчук Н.А. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 8–1. С. 1–8.
9. Сазонов А.А. Применение коэффициента ранговой конкордации в экспертных оценках управления персоналом // Наука и современность. 2015. № 41. С. 141–146.
10. Семенов В.А. Особенность определения показателей результативности системы менеджмента качества на отечественном производстве зеркал узла сканирования // Академическая публицистика. 2023. № 5–2. С. 14–18. Режим доступа: https://aeterna-ufa.ru/events/ap (дата обращения: 15.08.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Волотовский Константин Тимофеевич,
магистрант,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
kostya.vol17@gmail.com

Konstantin T. Volotovsky,
Master's Student,
Institute of Information Technologies
and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
kostya.vol17@gmail.com

Дорофеев Андрей Сергеевич,
к.т.н., доцент,
доцент лаборатории сетевых систем и ИТ-инфраструктуры,
Институт информационных технологий и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
dorbaik2007@mail.ru

Andrey S. Dorofeev,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Laboratory
of Network Systems and IT Infrastructure,
Institute of Information Technologies
and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dorbaik2007@mail.ru

УДК 004.8

Классификация рукописного текста (на примере русского алфавита) на основе нейросетевого подхода с использованием сверточных нейронных сетей

© Я.В. Гомзяков, А.А. Шаевич

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

Аннотация. В данной статье рассматриваются основы нейросетевого подхода, где особое внимание уделяется сверточным нейронным сетям. Представлены математические формулы, которые позволяют оценить основные характеристики сверточных сетей на различных этапах работы модели. Особое внимание сосредоточено на проблемах недообучения и переобучения нейросетевых моделей, а также методах их решения, включая регуляризацию и увеличения объема данных. В процессе исследования модели сверточной нейронной сети были рассмотрены основные принципы функционирования, включая понятие свертки, пулинга, слоя субдискретизации, что позволило глубже понять работу этих сетей и их архитектурные компоненты. Рассмотрены ключевые этапы построения и обучения модели, включая предварительную обработку входных данных, применение сверточных слоев для извлечения признаков, MaxPolling для уменьшения размерности и предотвращения переобучения, а также использование полносвязных слоев для классификации. Анализ производительности модели показал высокую точность в задаче классификации рукописного текста. Так же незначительное различие в точности между обучающим и тестовым наборами данных указывает на способность модели к эффективному обобщению. В результате была получена модель, которая может быть эффективно использована для создания систем распознавания рукописного текста.

Ключевые слова: нейронная сеть, функция активации, сверточная нейронная сеть, распознавание

Handwritten text classification (in the case of the Russian alphabet) based on a neural network approach using convolutional neural networks

© Yakov V. Gomzyakov, Anton A. Shaevich

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article discusses the basics of the neural network approach, paying special attention to convolutional neural networks. The article presents mathematical formulas that allow one to evaluate the main characteristics of convolutional networks at various stages of the model. Particular attention is focused on the problems of undertraining and retraining neural network models, as well as methods for solving them, including regularization and increasing the volume of data. The article discusses the basic principles of operation of the convolutional neural network model, including the concept of convolution, pooling, and subsampling layer, which allowed us to better understand the operation of these networks and their architectural components. The article covers the key steps of building and training a model, including preprocessing the input data, using convolutional layers for feature extraction, MaxPolling for dimensionality reduction and preventing overfitting, and using fully connected layers for classification. The performance analysis of the model showed high accuracy in the task of handwriting classification, and also that the small difference in accuracy between the training and test datasets indicates the ability of the model to effectively generalize, resulting in a model that can be effectively used to create handwriting recognition systems.

Keywords: neural network, activation function, convolutional neural network, recognition

Введение

Искусственный интеллект в последние годы стал одним из наиболее значимых и приоритетных направлений исследований и разработки. С использованием современных алгоритмов машинного обучения, включая нейронные сети, достигается значительное улучшение процессов оцифровки текстов и повышение точности распознавания. Нейросетевые модели представляют собой мощный инструмент для анализа и классификации данных, особенно в контексте обработки рукописного текста. Эти модели способны автоматически извлекать признаки из входных данных

и на основе обучающихся параметров делать выводы о содержащейся в них информации.

В области обработки изображений одной из ключевых проблем является большой объем данных. Во-первых, обработка и анализ большого объема данных требует значительных вычислительных ресурсов и времени. Во-вторых, модель для распознавания объектов требуют большого количества данных для обучения, что усложняет процесс оптимизации моделей. Обычные нейронные сети, применяемые для обработки изображений, не учитывают близость отдельных пикселей, т. к. на их вход подается изображение в виде вектора. Это приводит к потере информации, важной для анализа изображений.

Нейросетевые подходы представляют собой одно из ключевых направлений в этой области и имеют широкий спектр применений от распознавания рукописных букв до автоматической обработки документов.

Основы нейросетевого подхода

Нейросетевой подход основан на использовании искусственных нейронных сетей для решения различных задач, таких как классификация, регрессия, распознавание образов и обработка естественного языка. Искусственные нейронные сети, моделируемые по аналогии с биологическими нейронными сетями мозга, состоят из множества взаимосвязанных искусственных нейронов.

Между собой нейроны могут быть соединены абсолютно по-разному, это определяется структурой конкретной сети. Но суть работы нейронной сети остается всегда одной и той же. По совокупности поступающих на вход сети сигналов на выходе формируется выходной сигнал. То есть нейронную сеть упрощенно можно представить в виде черного ящика, у которого есть входы и выходы. А внутри этого ящика находится огромное количество нейронов [1].

Принципы построения сверточных нейронных сетей

Сверточная нейронная сеть (CNN) – специализированная архитектура искусственных нейронных сетей, разработанная Яном Лекуном для эффективного распознавания образов. Эта архитектура превосходит многослойный персептрон в точности распознавания объектов на изображениях, поскольку учитывает двухмерную структуру изображения. Сверточные сети сохраняют стабильность при незначительных смещениях, изменениях масштаба и поворотах объектов на входных изображениях. Благодаря этим характеристикам, архитектуры на основе сверточных сетей продолжают лидировать в соревнованиях по распознаванию образов, таких как ImageNet [2].

Сверточная нейронная сеть является основным инструментом для классификации и распознавания объектов, лиц на фотографиях, распознавания речи. CNN на сегодня «рабочая лошадка» в области нейронных сетей. Используется преимущественно для решения задач компьютерного зрения, хотя может применяться также для работы с аудио и любыми данными, которые можно представить в виде матриц [3].

Сверточные нейронные сети основываются на четырех ключевых операциях:

– входной слой;

– свертка;

– активация;

– слой субдискретизации.

Каждая из этих операций играет важную роль в преобразовании и обработке входных данных, что позволяет сети эффективно распознавать и классифицировать образы. Далее подробнее рассмотрим каждую из функций:

Входной слой

Входные данные представляют собой цветные изображения в формате JPEG размером w×h пикселей. Если размер изображения слишком велик, вычислительная сложность увеличится, что приведет к нарушению ограничений на скорость обработки. Размер изображения подбирается экспериментально. Слишком маленький размер не позволит сети выявить ключевые признаки. Каждое изображение состоит из трех каналов: красного, синего и зеленого, образуя таким образом три карты с размером w×h. Картой называется изображение, преобразованное в матрицу, где значения пикселя, нормализуются в диапазон от 0 до 1, по формуле [4]:

$$f(p, min, max) = \frac{p-min}{max-min},$$

где *f* – функция нормализации; *p* – значение конкретного пикселя в диапазоне от 0 до 255;

min – минимальное значение пикселя – 0; *max* – максимальное значения пикселя – 255.

Слой свертки

Основной математической операцией в сверточных слоях является свертка. Эта операция применяется к выходам предыдущего слоя. Свертка представляет собой операцию над двумя матрицами A и B, в результате которой получается матрица C. Размер матрицы C определяется по следующей формуле [4]:

$$(w, h) = (Aw - Bw + 1, Ah - Bh + 1),$$

где *w*, *h* – размер матрицы C; *Aw* – количество столбцов в матрице A; *Ah* – количество строк в матрице A; *Bw* – количество столбцов в матрице B; *Bh* – количество строк в матрице B.

Матрица A представляет собой входное изображение, а матрица B служит ядром свертки. Элементы матрицы B подбираются автоматически в процессе обучения нейронной сети. Матрица C является картой признаков. Обычно для одного входного изображения применяется несколько операций свертки и для каждой операции используется уникальное ядро свертки (фильтр). В некоторых случаях уменьшение размеров выходной карты признаков может быть нежелательным. Например, когда необходимо сохранить согласованность размеров матриц.

Функция активации

Один из ключевых шагов в разработке нейронной сети – выбор функции активации для нейронов. Вид функции активации существенно влияет на способности сети и способы ее обучения. Классический алгоритм обратного распространения ошибки работает эффективно в двух- и трехслойных нейронных сетях, но при увеличении числа слоев возникают сложности. Одна из таких сложностей – затухание градиентов. При распространении ошибки от выходного слоя к входному результат на каждом слое умножается на производную функции активации [4].

Слой субдискретизации

Популярный способ уменьшения размера изображения – слой субдискретизации или пулинг, обрабатывает небольшие фрагменты изображения, обычно размером 2×2, и сводит каждый из них к одному значению. В процессе данной операции исходное изображение делится на равные части размером *w*×*h*, для всех частей применяется некоторая функция, обычно это выбор максимального элемента.

Проблемы недообучения и переобучения нейросетевых моделей

В машинном обучении существуют две значимые проблемы: недообучение и переобучение. Алгоритмы искусственного интеллекта обучаются на основе прецедентов, используя параметрическое семейство функций в качестве модели.

Недообучение происходит, когда модель недостаточно сложна для того, чтобы захватить структуру данных в обучающем наборе.

Переобучение, напротив, когда модель становится излишне сложной и универсальной. В таком случае она показывает высокую точность на обучающем наборе данных, но недостаточно эффективно обобщает полученные знания на новые данные, что снижает ее производительность на тестовом наборе данных [5, 6].

Оба этих состояния представляют серьезные проблемы, т. к. они могут привести к неправильным выводам и понижению производительности модели в реальных условиях. Решение этих проблем требует баланса между сложностью модели, количеством доступных данных и применением соответствующих методов регуляризации.

Разработка нейросетевой модели для задачи классификации изображений

Для обучения нейронной сети был использован датасет, загруженный с платформы Kaggle, содержащий изображения всех букв русского алфавита. Всего в базе данных находится 14 190 изображений с различным уровнем качества [7]. На каждую букву алфавита было создано 33 класса. 0: «А», 1: «Б», 2: «В», 3: «Г», 4: «Д», 5: «Е» и т. д.

Использовался набор данных, состоящий из 11 352 изображений, а для проверки из 2 838 изображений, что соответствует разделению на 80 % и 20 % соответственно. Важно отметить, что наблюдается значительный дисбаланс классов: количество изображений в различных категориях неравномерно распределено среди 33 возможных классов. Каждое изображение в обучающем и проверочном наборах данных было определено в зависимости от первого символа в его имени файла, соотносясь с одним из этих классов.

Изначально имеющиеся изображения в выборке различаются по разрешению. Для обеспечения однородности входных данных для нейронной сети каждое изображение было стандартизировано до размера 64×64 пикселя. Далее, для подготовки данных к вводу в нейронную сеть, изображения были преобразованы в формат тензоров с плавающей точкой. Подход обеспечивает необходимую структуру данных, совместимую с требованиями работы современных глубоких нейронных сетей, где числовые значения пикселей представлены в виде вещественных чисел, подходящих для дальнейшей обработки и анализа.

Для реализации и обучения нейронной сети использовались библиотеки Keras. Keras – высокоуровневая библиотека глубокого обучения на Python, созданная для быстрого обучения моделей. Она обеспечивает эффективный переход от концепции к результатам с минимальными временными затратами [8]. Сверточная сеть состоит из последовательных сверточных слоев, а также слоев MaxPolling [9]. Для снижения вероятности переобучения применяется метод Dropout [10]. На выходе сети размещен полносвязный слой Dense, за которым следует слой softmax.

Для обучения нейронной сети применялся метод fit из библиотеки Keras на протяжении 85 эпох. В результате обучения модель достигла точности около 93 % на валидационной выборке данных. В связи с этим, дополнительное увеличение числа эпох не представляется целесообразным, как показано на рис. 1.

Кривые обучения и валидации демонстрируют практически идентичное поведение, что свидетельствует об отсутствии переобучения модели и эффективной работе на валидационном наборе данных.

Для оценки производительности модели использовались тестовые данные, содержащие изображения рукописных букв, исключенные из обучающей и валидационной выборок. Всего в тестовом наборе находилось 53 изображения, охватывающих различные классы. Данные для тестирования были предварительно обработаны аналогично обучающим и валидационным данным: прошли масштабирование и были преобразованы в формат тензоров, что позволяет эффективно использовать их для оценки производительности нейронной сети.

Выбор данного датасета с плохим качеством связан с его доступностью и соответствием требованиям задачи. Низкое качество изображений может усложнять обучение модели, однако это позволяет оценить ее устойчивость к шуму и сложности данных. Для проверки правильности определения букв после оптимизации модели были выведены все изображения с соответствующими классами, что отражено на рис. 2.

Разработка и тестирование сверточной нейронной сети для распознавания рукописных русских букв привела к следующим результатам. Точность модели на обучающем наборе данных составила 96,4 %, на валидационном и тестовом наборе данных – 93 %. Результаты эксперимента свидетельствуют о высокой эффективности модели в задаче классификации рукописного текста, подтвержденной точностью около 93 % на валидационной выборке данных.

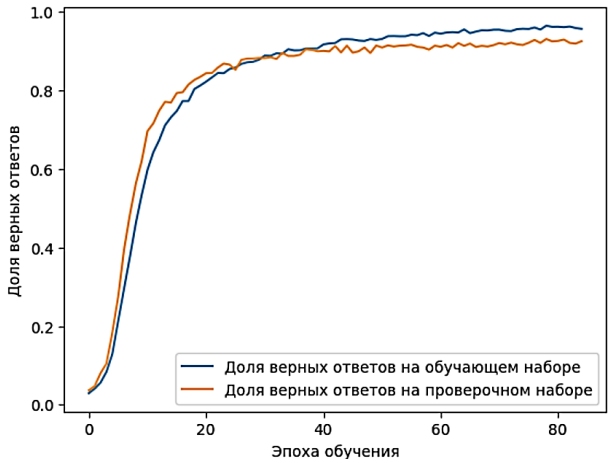


Рис. 1. Визуализация качества обучения

Рис. 2. Визуализация предсказанных классов изображений

Заключение

В представленной статье освещены основы нейросетевого подхода и разработана нейросетевая модель для распознавания рукописных русских букв. Экспериментально установлено, что разработанная модель достигает точности 93 % на проверочной выборке данных. Однако из-за недостаточного качества входных данных модель не смогла достичь более высоких результатов в процессе обучения. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности сверточных нейронных сетей в задаче классификации изображений, особенно в контексте систем распознавания рукописного текста.

Список источников

1. Степанов П.П. Искусственные нейронные сети // Молодой ученый. 2017. № 4 (138). С. 185–187.
2. Сикорский О.С. Обзор сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2017. № 20. С. 37–42.
3. Киличова О.З., Маматова М.О., Пошоходжаева Д.Д. Сущность и усовершенствование концепции искусственного интеллекта // Молодой ученый. 2020. № 21 (311). С. 52–54.
4. Траск Э. Грокаем глубокое обучение / пер. с англ. А.Н. Киселева. СПб.: Питер, 2020. С. 215–224.
5. Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. СПб.: Питер, 2020. 192 с. С. 78–80.
6. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python / пер. с англ. А.Н. Киселева. СПб.: Питер, 2018. 400 с. С. 132–138.
7. Snauwaert T. Russian handwritten letters // Kaggle. Режим доступа: https://www.kaggle.com/datasets/tatianasnwrt/russian-handwritten-letters (дата обращения: 19.05.2024).
8. Бербасов В.Д. Сравнительный обзор библиотек нейронных сетей Keras и Pytorch // Экономика и социум. 2023. № 8 (111). С. 423–426.
9. Первун О.Е., Хомутов А.И. Сверточные нейронные сети и реализация на языке программирования Python // Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. 2019. № 2 (24). С. 67–74.
10. Харченко А.С., Новоженов М.Ю., Ткаченко В.В. Методы борьбы с переобучением в нейронных сетях // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: сб. материалов V Всерос. науч.-практ. конф. (г. Краснодар, 16–21 января 2023 г.). Краснодар, 2023. С. 319–322.

Информация об авторах / Information about the Authors

Гомзяков Яков Владимирович,
магистрант,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Hacksor1@yandex.ru

Шаевич Антон Александрович,
к.ю.н., доцент,
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
saant@list.ru

Yakov V. Gomzyakov,
Master's Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Hacksor1@yandex.ru

Anton A. Shaevich,
Cand. Sci. (Law), Associate Professor,
Associate Professor of the 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
saant@list.ru

УДК 004.8

Актуальность применения метода мел-частотных кепстральных коэффициентов для распознавания эмоций на основе нейросетевого подхода

© А.А. Григорьев, И.П. Родивилин

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

Аннотация. В рамках данной работы будет рассматриваться актуальность применения метода мел-частотных кепстральных коэффициентов для распознавания эмоций на основе нейросетевого подхода. В работе представлена теоретическая часть по получению кепстральных коэффициентов, дано описание библиотеки для Python для автоматического их вычисления. Приведены результаты проектирования, обучения и оценки эффективности модели для решения задачи определения эмоциональной окраски голоса на основе нейросетевого подхода или, иными словами, модели для решения задачи классификации звуковых файлов с записями голосов по эмоциональной окраске. В работе рассматривается используемая архитектура нейронной сети с подробным описанием используемых слоев, функций активаций и методов регуляризации. Представлены данные об обучении модели, включая график обучения, и данные о тестировании на валидационной выборке, приведена матрица ошибок. По результатам тестирования будет дана оценка актуальности применения мел-частотных кепстральных коэффициентов для классификации, а также приведены способы повышения точности модели. В результате была получена легковесная модель, которая может быть эффективно использована для распознавания эмоций, а также данная модель может быть использована как часть более комплексной системы для извлечения и классификации паравербальных признаков из речи.

Ключевые слова: нейронная сеть, распознавание эмоций, классификация, сверточная модель

The relevance of using the method of mel-frequency cepstral coefficients for emotion recognition based on the neural network approach

© Aleksandr A. Grigoriev, Ivan P. Rodivilin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article discusses the relevance of using the method of mel-frequency cepstral coefficients for recognizing emotions based on a neural network approach. The paper presents the theoretical part on obtaining cepstral coefficients, describes a library for Python for their automatic calculation. The article presents the theoretical part of obtaining cepstral coefficients, describes a library for Python for their automatic calculation and the results of designing, training and evaluating the effectiveness of a model for solving the problem of determining the emotional coloring of a voice based on a neural network approach or, in other words, a model for solving the problem of classifying audio files with voice recordings by emotional coloring. The article discusses the neural network architecture used, with a detailed description of the layers used, activation functions and regularisation methods. The article presents data on the model training, including the training schedule, and data on testing on the validation set, and provides an error matrix. Based on the testing results, the article assesses the relevance of using mel-frequency cepstral coefficients for classification, and also provides methods for improving the accuracy of the model. The article concludes that the lightweight model can be effectively used for emotion recognition, and this model can also be used as part of a more comprehensive system for extracting and classifying paraverbal features from speech.

Keywords: neural network, emotion recognition, classification, convolutional model

Введение

Исследования в области распознавания эмоций ведутся уже продолжительное время. Это объясняется тем, что извлекаемая информация может быть успешно использована для решения множества задач, исходя из того, что текущее извлекаемое психофизическое состояние человека может сообщать о индивидуально-психологических особенностях личности в тех или иных обстоятельствах. Это может быть как простое субъективное отношение к незначительным фактам, так

и существенная информация о текущем психическом состоянии человека.

Исследования в области распознавания эмоций ведутся в различных направлениях, таких как снятие показателей тела, например, полиграф, распознаваний мимики лица, по которой можно определить текущую эмоцию при опросе, извлечение признаков из речи.

В данной работе будет рассмотрен именно фонетический анализ речи, при котором не учитывается содержание произносимых реплик человека. Это наиболее простой с точки зрения трудозатрат на обработку входящей информации, но в то же время и самый сложный метод, в виду того, что в данном анализе учитываются только особенности голоса, без учета контекста опроса и содержания ответов опрашиваемого. И основным способом распознавания эмоций будет являться метод мелчастотных кепстральных коэффициентов.

Принцип метода мел-частотных кепстральных коэффициентов

Мел-кепстральные коэффициенты были введены С. Дэвисом и П. Мермельштейном. Шкала Мел соотносит воспринимаемую частоту или высоту чистого тона (мел) с фактической измеренной частотой (Гц). Такой подход был обусловлен тем, что восприятие звука у человека и электронных приборов отличаются. Люди гораздо лучше различают небольшие изменения высоты звука на низких частотах, чем на высоких.

Вычисление мел-частотных кепстральных коэффициентов включает в себя следующие шаги:

1. Применение оконной функции (обычно используется окно Хэмминга) для сегментации аудиосигнала на небольшие участки (фреймы), обычно длиной 20–40 мс с перекрытием около 50 %:

$$x_w(n) = x(n) \cdot w(n),$$

где *x*(*n*) – аудиосигнал; *w*(*n*) – оконная функция, например, окно Хэмминга:

$$w(n) = 0{,}54 - 0{,}46\cos(\frac{2\pi n}{N-1}),$$

где *N* – длина окна.

2. Применение быстрого преобразования Фурье. Применяется к каждому фрейму для перехода от временной области к частотной области:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} \left(\mathrm{x_w}(n) \cdot \mathrm{e}^{-j\frac{2\pi}{N}kn}\right).$$

3. Расчет спектрограммы. Модуль квадрат амплитуды быстрого преобразования Фурье для каждого фрейма дает мощность спектра:

$$P(k) = |X(k)^2|.$$

4. Применение мел-шкалы. Спектр мощности преобразуется с использованием мел-шкалы, которая имитирует восприятие человеческого уха. Это делается с помощью набора треугольных фильтров, равномерно распределенных по мел-шкале.

Мел-шкала определяется как:

$$m = 2595\log_{10}(1 + \frac{f}{700}).$$

Спектр мощности преобразуется через набор треугольных фильтров $H_m(k)$:

$$M_m = \sum_{k=0}^{N-1} P(k) \cdot H_{\mathrm{m}}(k),$$

где $H_m(k)$ – это коэффициенты фильтров.

5. Вычисление логарифма амплитуды. Логарифмируется выход каждого фильтра для сжатия динамического диапазона данных:

$$L_m = \log(M_m).$$

6. Обратное дискретное косинусное преобразование (DCT). Применяется к логарифмированным значениям мел-спектра для получения MFCC. Обычно оставляют только несколько первых коэффициентов (например, 12–13), которые наиболее информативны, однако в данной работе было использовано 28 первых коэффициентов.

$$MFCC_n = \sum_{m=0}^{M-1} L_m \cos(\frac{\pi n(2m+1)}{2M}).$$

Подготовка данных

Для решения задачи был использован англоязычный датасет, загруженный из Kaggle, в котором представлены четыре самых популярных набора данных на английском языке: Crema, Ravdess, Savee и Tess. Каждая из них содержит аудио в формате WAV с некоторыми основными метками. Из всего набора был выбран набор Tess, в виду удобных для обработки названий файлов и общей длительности звуковых файлов, разница в которых не существенна, однако все равно отличается, что негативно сказывается на обучении модели.

Всего было выбрано четыре класса – «angry», «happy», «neutral», «sad», что переводится как «злой», «счастливый», «нейтральный» (обычный, ровный голос), «грустный».

Общее количество данных составило 1600 звуковых файлов, по 400 штук на каждый из классов. Теперь можно непосредственно переходить к подготовке данных.

Для определения эмоциональной окраски был выбран метод вычисления мел-кепстральных коэффициентов. Мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC, mel-frequency cepstral coefficients) получили наибольшее распространение в цифровой обработке речевых сигналов [1]. Мел-частотный анализ представляет частоты речи с точки зрения психоакустического восприятия высоты тона, которая определяет насколько высоким или низким кажется звук слушателю [2].

В процессе подготовки данных для обучения было необходимо извлекать кепстральные коэффициенты. Для этого была использована библиотека Librosa языка программирования Python [3].

Всего для каждого фрейма звука было вычислено 28 коэффициентов при частоте передискретизации, равной 44 100 Гц, что в свою очередь, при максимальной длительности звукового файла из датасета, позволяет получить вплоть до 3612 коэффициентов на звуковой файл. Это, в свою очередь, позволяет получить большое количество данных для обучения при минимальных вычислительных затратах.

Среди ограничений обучающих данных является то, что звук в контексте рядов огибающей тональной характеристики, является линейной функцией, ограниченной по времени, а, следовательно, с учетом того, что длительность файлов датасета отличается и количество мел-кепстральных коэффициентов будет также отличаться, пришлось все остальные значения, которых не хватает для максимального значения в 3612 коэффициентов, заполнить нулями, что, в свою очередь, понижает точность модели.

Архитектура нейронной сети

Была выбрана сверточная [5] архитектура нейронной сети. Модель включает слой Reshape, преобразующий входные данные в формат (input_shape [0], 1), где input_shape – это исходная форма данных. Таким образом, если исходные данные имели форму (100,), после этого слоя они будут иметь форму (100, 1). Это позволяет последующим слоям обрабатывать данные как одномерные последовательности. Первый сверточный слой Conv1D содержит 64 фильтра размером 3 и использует функцию активации ReLU [6] для извлечения признаков. Далее следует MaxPooling1D, уменьшающий размерность данных путем выбора максимальных значений из окон размером 2. Слой Dropout с вероятностью исключения 0,5 помогает предотвратить переобучение [7]. Второй слой Conv1D имеет 128 фильтров размером 3 и также использует ReLU. Слои MaxPooling1D и Dropout повторяют свои функции. Третий слой Conv1D содержит 256 фильтров размером 3 с активацией ReLU, за ним следует MaxPooling1D. Слой Flatten преобразует многомерный выход в одномерный вектор. Полносвязный слой Dense с 256 нейронами и активацией ReLU выявляет сложные зависимости. Последний слой Dense имеет столько нейронов, сколько классов в задаче классификации и использует активацию softmax для преобразования выходных значений в вероятности.

Обучение модели происходило в течение 20 эпох. В начале обучения точность на валидационной выборке была около 70 % с постепенным улучшением вплоть до 100 % к концу процесса. В начале обучения функция потерь была довольно высокой, но по мере продвижения по эпохам она снижалась, что свидетельствует о том, что модель становилась более точной. Модель достигла точности более 99 % на валидационной выборке после третьей эпохи и держала ее на этом уровне до конца обучения (рис. 1).

График accuracy отражает точность модели на обучающем и валидационном наборах данных. Значение accuracy близкое к единице указывает на высокую точность модели в предсказании. График loss показывает, как изменяется ошибка модели в процессе обучения. Идеальное значение loss стремится к нулю, что означает, что модель точно предсказывает целевые значения.

Далее необходимо построить матрицу ошибок (confusion matrix) для наглядного отображения результатов предсказания модели на тестовых данных (где модель ошибалась) (рис. 2).

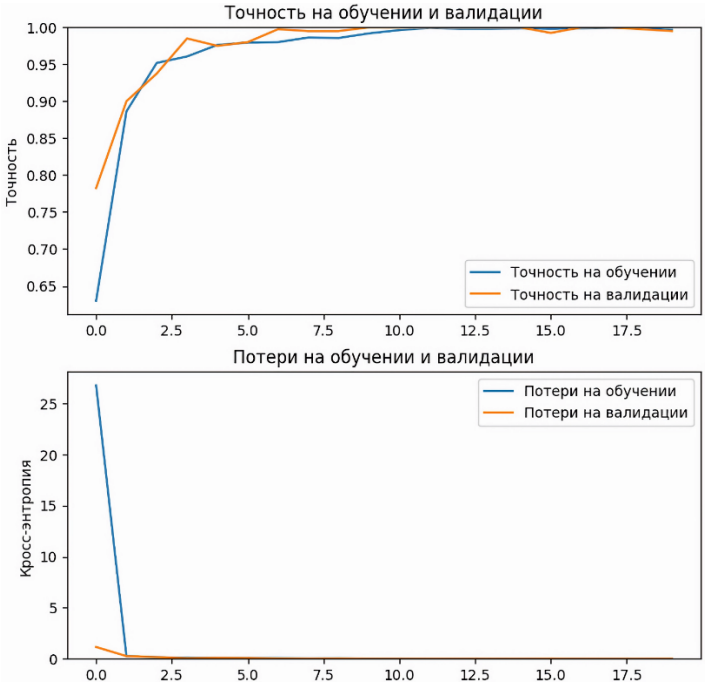


Рис. 1. Визуализация обучения модели

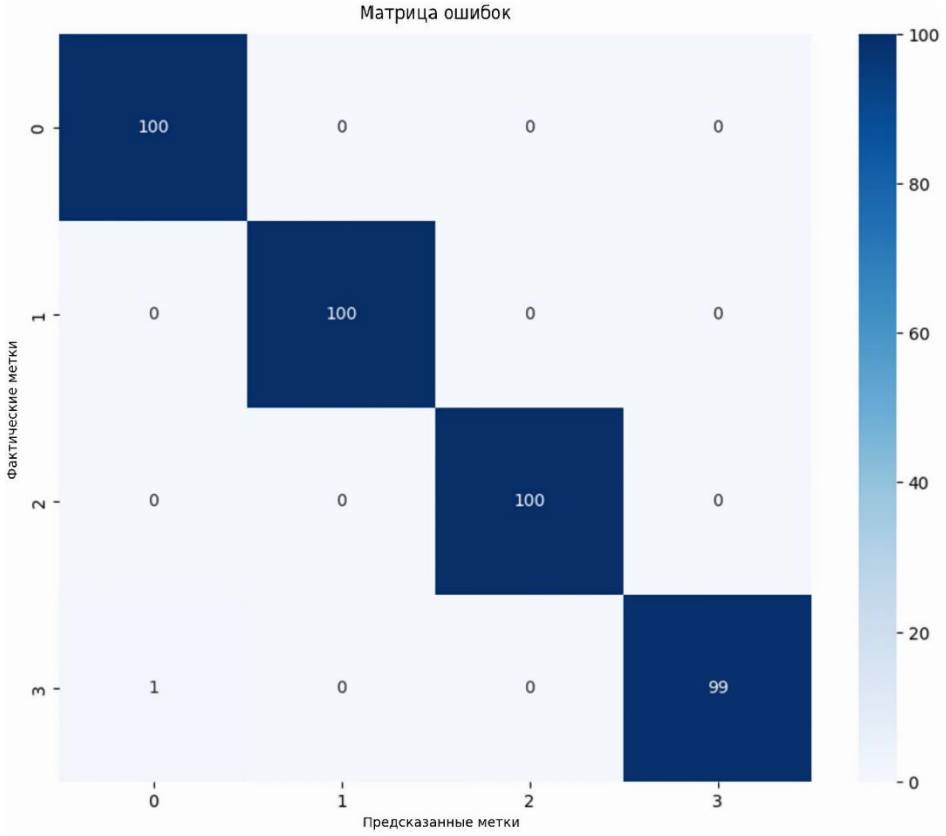


Рис. 2. Визуализация матрицы ошибок (confusion matrix)

Подводя итог, на тестовых данных, предобученная модель допустила ровно одну ошибку, перепутав классы angry и sad, что, в свою очередь, может говорить о высоком уровне обобщения модели и ее успешном предсказании на тестовых данных, однако, если принять во внимание, что голосовые файлы созданы таким образом, что записи реплик в обучающей и тестовой выборке являются однообразными (каждый из исследователей проговаривает одинаковую фразу «Say a word [метка класса]»), что может говорить о том, что полу-

ченную модель нельзя рассматривать в рамках широкой задачи классификации эмоций, однако, с уверенностью можно констатировать тот факт, что выбор MFCC в качестве значащих признаков может использовать для успешного решения данной задачи, однако требуется намного больший объем данных с высоким уровнем разнообразия.

Заключение

На этапе проектирования модели удалось сформировать большой набор данных, состоящий из 1600 обучающих и 400 тестовых массивов, каждый из которых содержит 3612 значений.

1. Оптимизированная под голосовые данные архитектура модели продемонстрировала высокую эффективность. На тестовых данных точность предсказания составила 99,7 %, что свидетельствует о том, что обученная модель превосходно справляется с задачей распознавания эмоций.

2. График accuracy (точности) отражает точность модели на обучающем и валидационном наборах данных. Значение accuracy, близкое к единице, указывает на высокую точность модели в предсказании целевых значений. График loss (потерь) показывает, как изменяется ошибка модели в процессе обучения. Идеальное значение loss стремится к нулю, что означает, что модель точно предсказывает целевые значения.

3. Следует отметить, что такая высокая точность на тестовых данных указывает на хорошую обобщающую способность модели, то есть на ее способность правильно предсказывать эмоции на данных, которые не использовались в процессе обучения. Это особенно важно для приложений, связанных с анализом голосовых данных, где точность и надежность предсказаний играют ключевую роль.

В заключении следует подчеркнуть, что разработанная модель, основанная на сверточных нейронных сетях и обученная на большом наборе голосовых данных, демонстрирует высокую точность и способность к обобщению, что делает ее эффективным инструментом для распознавания эмоций в голосовых сообщениях. Эти результаты подтверждают актуальность применения метода мел-частотных кепстральных коэффициентов для распознавания эмоций. Полученный по результатам опыт будет использован для разработки системы распознавания лжи в голосовых сообщениях, как первая часть комплексной системы.

Список источников

1. Мартынов Д.Д. Алгоритм расчета мел-частотных кепстральных коэффициентов // Развитие науки и образования: новые подходы и актуальные исследования: сб. науч. трудов по материалам XXIV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Анапа, 23 декабря 2021 г.). Анапа, 2021. С. 67–73.

2. Барышев Д.А., Макаревич И.В., Зубанков А.С., Розалиев В.Л. Нейросетевой подход к определению эмоций человека по речи // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5 (89). С. 183–193. Режим доступа: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7644 (дата обращения: 20.05.2024).

3. Эрдман А.А. Классификация звуков с помощью библиотек TensorFlow и Librosa в Python // Постулат. 2023. № 1 (87). Режим доступа: https://e-postulat.ru/index.php/Postulat/issue/view/101 (дата обращения: 25.05.2024).

4. Галичий Д.А, Афанасьев Г.И., Нестеров Ю.Г. Распознавание эмоций человека при помощи современных методов глубокого обучения // E-SCIO. 2021. № 5 (56). С. 316–329. Режим доступа: https://e-scio.ru/?page_id=6643 (дата обращения: 25.05.2024).

5. Маршалко Д.А., Кубанских О.В. Архитектура сверточных нейронных сетей // Ученые записки Брянского государственного университета. 2019. № 4 (16). С. 10–13.

6. Соснин А.С., Суслова И.А. Функции активации нейросети: сигмоида, линейная, ступенчатая, relu, tahn // Наука. Информатизация. Технологии. Образование: материалы XII международной науч.-практ. конф. (г. Екатеринбург, 25 февраля – 01 марта 2019 г.). Екатеринбург, 2019. С. 237–246.

7. Пересыпкина И.Г. Эмпирическое исследование влияния Dropout и Batch Normalization на глубокое обучение // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: национальная конф. с междунар. участием (г. Белгород, 18–20 мая 2022 г.). Белгород, 2022. С. 224–230.

8. Варыгин А.К., Кузьмин А.К. Разработка программного обеспечения распознавания эмоций на базе сверточной нейронной сети // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: сб. науч. статей Материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Саратов, 18–19 апреля 2019 г.). Саратов, 2019. С. 66-–69.

9. Мифтахов Р.И. Проблема переобучения нейронных сетей и методы ее решения // Моя профессиональная карьера. 2020. Т. 3. № 11. С. 59–62.

10. Рябинов А.В., Уздяев М.Ю., Ватаманюк И.В. Применение многозадачного глубокого обучения в задаче распознавания эмоций в речи // Известия Юго-Западного государственного университета. 2021. Т 25. № 1. С. 82–109. https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-1-82-109.
11. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python / пер. с англ. А.Н. Киселева. СПб.: Питер, 2018. 400 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Григорьев Александр Алексеевич,
магистрант,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
alex.grigorjev02@gmail.com

Родивилин Иван Петрович,
к.ю.н., доцент,
доцент центра компетенций по кибербезопасности,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
rodivilinivan@yandex.ru

Aleksandr A. Grigoriev,
Master's Student,
Institute of Information Technology and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
alex.grigorjev02@gmail.com

Ivan P. Rodivilin,
Cand. Sci. (Law), Associate Professor,
Associate Professor of the Information
Security Competence Centre,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
rodivilinivan@yandex.ru

УДК 004.896

Сравнительный анализ функциональных возможностей информационных систем Renga и Revit

© Г.Д. Журавлёв, М.В. Богданов, О.В. Никишина

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

Аннотация. Программное обеспечение играет ключевую роль в работе проектировщиков, дизайнеров и архитекторов, так как оно позволяет создавать сложные проекты зданий и сооружений, моделировать их в трехмерном пространстве, а также управлять всеми аспектами строительства от начала до конца. Современные программы, такие как Renga и Revit, предоставляют мощные инструменты для автоматизации процессов проектирования, визуализации проектов и координации работы всех участников проекта. В данной статье рассматривается перспектива перехода российских компаний на отечественное программное обеспечение Renga взамен зарубежного продукта Revit. Для достижения поставленной задачи применены методы интеллектуального анализа идеи, сравнительного анализа и метод технологического прогнозирования. Особое внимание уделено специфике применения каждого из них в различных секторах строительной отрасли. В результате было установлено, что программное обеспечение Renga способно заменить Revit при проектировании малых и средних объектов благодаря более доступной стоимости и простоте использования, но при работе с крупными и сложными проектами его возможности ограничены в связи с ограниченной функциональностью. Таким образом, исследование показало, что полная замена Renga на Revit в текущих условиях невозможна.

Ключевые слова: информационные системы, моделирование зданий, Renga, Revit, BIM-технологии

Comparative analysis of the functionality of the Renga and Revit information systems

© Gleb D. Zhuravlev, Matvei V. Bogdanov, Olga V. Nikishina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The software plays a key role in the work of planners, designers and architects, as it allows you to create complex projects of buildings and structures, model them in three-dimensional space, as well as manage all aspects of construction from start to finish. Modern programs such as Renga and Revit provide powerful tools for automating design processes, visualizing projects, and coordinating the work of all project participants. This article discusses the prospect of Russian companies switching to domestic Renga software instead of the foreign Revit product. To achieve this task, the methods of intellectual analysis of the idea, comparative analysis and the method of technological forecasting are applied. Special attention is paid to the specifics of the application of each of them in various sectors of the construction industry. As a result, it was found that Renga software is able to replace Revit software in the design of small and medium-sized objects due to its more affordable cost and ease of use, but when working with large and complex projects, its capabilities are limited due to limited functionality. Thus, the study showed that a complete replacement of Renga with Revit is impossible under current conditions.

Keywords: information systems, building modeling, Renga, Revit, BIM technologies

В условиях современного строительства и проектирования информационные системы играют важную роль. Переход на новые технологии требует поиска альтернатив существующим решениям. В данной статье рассматривается сравнение двух популярных программ для проектирования: Renga и Revit. Данные программы относятся к категории BIM-систем (Building Information Modeling), предназначенные для проектирования зданий и сооружений. Они позволяют создавать трехмерную модель здания вместе со всей необходимой документацией.

В связи с уходом с российского рынка компании Autodesk, разработчика Revit, создаются довольно сложные условия для проектировщиков, традиционно использующих это программное обеспечение. В этих условиях, наличие отечественного аналога, такого как Renga, становится необходимым для поддержания качества проектирования и внедрения BIM-технологий в строительную отрасль. Поэтому целью данного исследования является определение возможности замены Revit на Renga в условиях российской строительной отрасли, а также выявление преимуществ и

недостатков обеих систем. Для выполнения поставленной цели перед нами стоял ряд задач в изучение функциональных возможностях программного обеспечения Renga и Revit, а также проведение сравнительного, интеллектуального анализа и метода технологического прогнозирования. В ходе работы было получено новое представление о потенциале Renga как замены Revit, а также подробно описаны преимущества и недостатки обеих платформ, что может быть полезно для проектировщиков в процессе выбора инструментов. В качестве источников информации были использованы официальные данные от разработчиков программного обеспечения, а также отчеты, анализирующие состояние BIM-рынка в России.

Для оценки потенциала проведем интеллектуальный анализ Renga и Revit. На сегодняшний день Revit является установленным стандартом в проектировании, обладающий мощными инструментами для трехмерного моделирования и интеграции всех этапов проектирования [1]. В свою очередь, Renga является отечественным аналогом, предлагающий более доступные условия для работы, но с некоторыми ограничениями в функциональности.

К сильным сторонам Revit можно отнести обширные функциональные диапазоны, высокая степень интеграции между различными аспектами проектирования, большая база пользователей и поддержка сообщества [2]. В то время как Renga имеет сильные стороны в доступности цены и легкости освоения подавляющему большинству пользователей, соответствие российским стандартам и предоставление возможности одновременного плоского и трехмерного проектирования [3].

Однако, несмотря на преимущества, каждая система имеет свои слабые стороны. Для Revit слабыми сторонами будут высокая стоимость лицензии, а также высокая сложность в освоении для новых пользователей. В свою очередь, к слабым сторонам Renga относятся ограниченные возможности для крупных и сложных проектов, меньшая гибкость в сравнении с Revit.

В условиях ухода Revit из России возникает риск снижения качества проектирования и потери накопленного опыта, что подчеркивает необходимость проанализировать как Renga может адаптироваться и развиваться в этом контексте.

Для повышения конкурентоспособности Renga может разрабатывать дополнительные модули и расширять функционал программы, также стоит улучшить интерфейс для повышения удобства использования и создать образовательные программы для обучения пользователей переходить с привычного Revit на Renga без ощутимых неудобств [4].

Интеллектуальный анализ идеи статьи показывает, что, несмотря на существующие ограничения, Renga обладает большим потенциалом для замены Revit в определенных сегментах рынка. Для успешной реализации данной идеи потребуются дополнительные усилия в развитии функционала, а также образовательные программы для обучения пользователей Renga [5].

Для проведения сравнительного анализа программного обеспечения необходимо рассмотреть несколько ключевых критериев, влияющих на выбор инструмента для проектирования. В таблице представлен сравнительный анализ автоматизированных систем Autodesk Renga и Revit [6].

По приведенному сравнительному анализу можно сделать вывод о том, что Revit подходит для крупных и сложных проектов, тогда как Renga является доступной альтернативой для малых и средних компаний. Выбор одной из данных программ зависит от бюджета, специфики проекта и уровня подготовки пользователей.

Далее приведен анализ технологического прогнозирования. Данный анализ необходим для оценки текущей ситуации на рынке BIM-решений России [7], он позволяет спрогнозировать картину будущего развития программного обеспечения Renga и обозначить ожидаемые результаты.

Текущая ситуация на рынке обусловлена уходом зарубежных программ в виду наложенных санкций, в связи с чем в России появился дефицит рынка BIM-решений. В этом контексте можно заметить существенно возросший интерес к отечественному разработчику Renga Software, программное обеспечение Renga повсеместно внедряют в образовательные учреждения, а также оно становится установленным стандартом во многих инженерных бюро, пользователи ищут простые и

Сравнительный анализ Renga и Revit

Критерий	Revit	Renga
Разработчик	Autodesk (США)	Renga Software (Россия)
Основное применение	BIM-проектирование зданий	Архитектурно-строительное проектирование
Интерфейс	Более сложный с множеством функций и настроек	Простой и понятный
Функциональность	Трехмерное моделирование, различные версии для архитектуры, конструкций и инженерных систем	Плоское и трехмерное моделирование, соответствие российским нормативам
Совместимость и интеграция	Широкая совместимость с другими продуктами Autodesk и сторонними приложениями. Поддерживает множество форматов файлов	Совместима с основными стандартами российского рынка. Ограниченная поддержка других форматов и платформ
Специализация и масштаб проекта	Подходит для любых типов проектов, от маленьких до мегапроектов	Подходит для малых и средних проектов
Стоимость и лицензии	Высокая стоимость	Доступная цена
Поддержка и обновления	Глобальная сеть технической поддержки	Активная техническая поддержка от разработчика
Целевая аудитория	Крупные архитектурные и строительные компании	Малые и средние предприятия, индивидуальные проектировщики

доступные в освоении инструменты для проектирования, этим параметрам отвечает Renga. Это создает четкую тенденцию на развитие программного обеспечения для проектирования, основной акцент направлен на интеграцию с существующими проектами и системами, а также большей адаптацией к российским стандартам. Следующим шагом в развитии Renga является расширение программного функционала, создание новых модулей, улучшение интерфейса и обучение пользователей для легкого перехода на новое программное обеспечение, все это будет большим толчком для повышенного роста конкурентоспособности на рынке. В качестве рекомендации для дальнейшего развития является внедрение большего числа программ обучения, сотрудничество с образовательными учреждениями, а также государственными органами, девелоперами и проведения вебинаров с целью повышения квалификации специалистов. Ожидаемые результаты от проведенных действий, является рост популярности Renga, увеличение числа пользователей, что в конечном итоге поспособствует развитию BIM-технологий в России [8].

Проведенное технологическое прогнозирование показывает, что Renga обладает большим потенциалом для укрепления своих позиций на рынке BIM-решений в России, для более быстрого достижения результатов, необходимо сосредоточиться на улучшении функционала Renga, обучении пользователей и интеграции с другими системами и проектами [9].

Исходя из вышеизложенного, следует, что по результатам проведенных анализов была подтверждена важность и актуальность перехода на отечественные программные решения в области BIM-проектирования, такие как Renga, в условиях ухода зарубежных компаний с рынка России. Интеллектуальный анализ показал возможность, что Renga обладает большим потенциалом для замещения ушедшего программного обеспечения Revit, однако для этого необходимо дополнительное развитие функционала и удобства использования программы. В ходе сравнительного анализа было выявлено, что Renga, несмотря на ограничения в своем функционале, предлагает более доступные и интуитивно понятные инструменты, благодаря чему становится привлекательной альтернативой для пользователей Revit который, обладает большим функционалом, но высокая стоимость лицензии и трудность в освоении может быть препятствием для многих организаций и пользователей[1]. Технологическое прогнозирование

[1] Уровень применения BIM в России – 2019. Режим доступа: http://www.sonns.ru/upload/2019/primenenie%20BIM.pdf (дата обращения: 15.11.2024).

указывает на рост интереса к отечественным программам и необходимости активного развития отечественного программного обеспечения Renga. Для того чтобы достичь конкурентоспособности, важно улучшение функционала, интерфейса и внедрение образовательных программ, что в свою очередь позволит повысить качество проектирования и расширить количество активных пользователей. Наиболее весомыми преимуществами Renga являются простота освоения многими пользователями и возможность одновременного плоского и трехмерного моделирования, что делает ее хорошей альтернативой для малых и средних проектов. Тем не менее Revit, несмотря на высокую стоимость лицензионной версии и сложностью в освоении, остается более мощным инструментом для крупных и сложных проектов. Переход на отечественное программное обеспечение Renga может требовать изменений в подходе к проектированию, однако внедрение российского продукта может значительно снизить затраты организаций [10].

Renga является жизнеспособной и перспективной альтернативой зарубежного программного обеспечения для проектировщиков, особенно в средних и малых проектах. Renga выгодно отличается от Revit своей доступностью, простотой использования и адаптацией под российские стандарты. Несмотря на небольшие ограничения, Renga предоставляет все необходимые инструменты для проектирования, что в совокупности с вышеперечисленными преимуществами станет весомым аргументом для перехода на отечественное программное обеспечение организаций и образовательных учреждений, и при этом сократит затраты и повысит технологическую независимость.

Список источников

1. Джанибекова З.Н. Информационное многомерное моделирование объектов строительства // Молодой ученый. 2016. № 15. С. 178–180. Режим доступа: https://moluch.ru/archive/119/33045/ (дата обращение: 15.09.2024).
2. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
3. Ланцов А.Л. Ревит 2010: Компьютерное проектирование зданий. Архитектура. Инженерные сети. Несущие конструкции. М.: ФОЙЛИС, 2009. 628 с.
4. Мелихов Н.С., Костюченко А.Ю., Ященко А.А., Нарежная Т.К. Преимущества BIM при проведении экспертизы проектной документации // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №5 (47). С. 143–145. https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.47.132.
5. Беховых.Л.А., Скрипник.А.В. Проблемы внедрения цифровых технологий BIM в инженерное образование // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Барнаул, 09–10 февраля 2021 г.). Барнаул, 2021. С. 309–310.
6. Борисов М.П., Вавин А.А., Уткина В.Н. Современные автоматизированные системы REVIT и RENGA для информационного моделирования зданий // Огарев–Online. Режим доступа: https://journal.mrsu.ru/arts/sovremennye-avtomatizirovannye-sistemy-revit-i-renga-dlya-informacionnogo-modelirovaniya-zdanij (дата обращения: 15.09.2024).
7. Уткина В.Н., Смолин А.Н. Российский опыт применения BIM-технологий в строительном проектировании // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: материалы Всерос. науч.-техн. конф. (г. Саранск, 17–19 октября 2018 г.). Саранск, 2018. С. 201–210.
8. Веселовская Н.С., Королева Е.П., Чекмарева Е.В., Хуснутдинов Р.З, Метапредметный подход в проектных технологиях // Профессиональное образование и общество. 2014. № 2 (10). С. 171–173.
9. Головкина В.Б., Коршунова А.Р, Формирование навыков архитектурного проектирования в системе Renga-Architecture // Новый университет. Серия: технические науки. 2016. № 4–5 (50–51). С. 8–13.
10. Дубинин Д.А., Набок А.А., Харин В.А., Лаврентьева Л.М. Преимущества использования и развития отечественного BIM: системы для трехмерного проектирования Renga // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3 (46). Режим доступа: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4334 (дата обращения: 15.09.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Журавлёв Глеб Дмитриевич,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Zhurawleow.Gleb2017@yandex.ru

Gleb D. Zhuravlev,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Zhurawleow.Gleb2017@yandex.ru

Богданов Матвей Вадимович,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
matvei.bogdanow@mail.ru

Никишина Ольга Валерьевна,
старший преподаватель кафедры
экспертизы и управления недвижимостью,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
nikishinaov@ex.istu.edu

Matvei V. Bogdanov,
Student,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
matvei.bogdanow@mail.ru

Olga V. Nikishina,
Senior Lecturer of the Department
Real Estate Expertise and Management,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
nikishinaov@ex.istu.edu

УДК 616-073.75:004.93

Применение алгоритма сэмплирования для уточнения диагноза по данным флюорографии

© К.А. Ильков, С.В. Григорьев

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

Аннотация. В данной работе рассматривается применение алгоритмов выборки в качестве средства повышения точности и надежности диагнозов, полученных на основе данных флюорографии. Обсуждается растущая востребованность в современных методах обработки данных медицинской диагностики, особенно в методах, основанных на машинном обучении для установления и подтверждения диагнозов. Подчеркивается важность адаптации пространственных данных, полученных в результате медицинских исследований, так как это открывает новые перспективы развития в этой области. В статье подробно описываются ключевые аспекты работы алгоритма сэмплирования, включая подготовку данных, определение классов данных, кластеризацию с применением алгоритма k-средних и генерацию новых данных в пределах отдельных кластеров. Проводится сравнительный анализ диагностических результатов до и после применения этих алгоритмов на наборе данных, включающем многочисленные флюорографические обследования. Как результат была представлена таблица сравнительного анализа результатов диагностики. В заключении авторы приходят к выводу о том, что использование алгоритмов сэмплирования не только улучшает интерпретируемость данных флюорографии, но значительно снижает частоту ошибочных диагнозов. Авторы считают, что необходимы дальнейшие исследования для изучения возможности применения этих алгоритмов в других областях медицинской аналитики и для других групп данных.

Ключевые слова: медицинская визуализация, диагностика, сэмплирование, алгоритм, выборка данных

Application of a sampling algorithm to clarify the diagnosis based on fluorography data

© Konstantin A. Ilkov, Stanislav V. Grigorev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article considers the use of sampling algorithms as a means of improving the accuracy and reliability of diagnoses based on fluorography data. The article discusses the growing demand for modern methods of processing medical diagnostic data, especially methods based on machine learning to establish and confirm diagnoses. It emphasizes the importance of adapting spatial data obtained from medical research, as this opens up new development prospects in this field. The article describes in detail the key aspects of the sampling algorithm, including data preparation, definition of data classes, clustering using the k-means algorithm and generation of new data within individual clusters. The article provides a comparative analysis of diagnostic results before and after the application of these algorithms on a data set that includes numerous fluorographic examinations. Consequently, the article presents a table of comparative analysis of diagnostic results. Finally, the authors conclude that the use of sampling algorithms not only improves the interpretability of fluorography data, but also significantly reduces the frequency of erroneous diagnoses. The authors believe that further research is needed to explore the possibility of using these algorithms in other areas of medical analytics and for other data groups.

Keywords: medical imaging, diagnostics, sampling, algorithm, data sampling

Введение

В медицинской практике все более востребованными становятся современные методы обработки медицинских данных, такие как анализ на основе алгоритмов машинного обучения. Они преимущественно используются для установления или подтверждения диагнозов.

Метод корректировки обучающей выборки с целью балансировки распределения классов в исходном наборе данных, который реализуется алгоритмом сэмплирования [1, 2], является одним из таких наиболее эффективных методов и может применяться для уточнения диагноза по данным медицинских исследований.

Адаптация пространственных данных, полученных в результате микроскопии или рентгеноскопии, является задачей, к которой на данный момент наблюдается растущий интерес, поскольку такие данные сейчас доступны в больших количествах как в исторических архивах, так и используются в современной практике для установления первичного диагноза.

Подготовка данных для машинного обуче-

ния на основе рентгенографии описана в работах [3, 4]. Там же упоминаются и перспективы использования алгоритмов сэмплирования. Применение этих алгоритмов позволяет как проводить более точный анализ, так и диагностику состояния органов и тканей на основе имеющихся изображений. Более того, значительно повышается точность результатов диагностики за счет способности таких алгоритмов автоматически адаптироваться и улучшаться на основе получаемых данных, что, несомненно, является одной из ключевых перспектив их внедрения [5].

Подготовленные изображения в пространственной области преобразуются в спектральную область, а адаптивный алгоритм использует образцы для расчета области различия между фактическими точками данных и прогнозируемыми точками для определения значимых коэффициентов.

Целью исследования, описываемого в данной статье, является улучшение извлечения соответствующих признаков из флюорографических снимков для обеспечения более точной диагностики. Для достижения поставленной цели проанализированы следующие аспекты работы алгоритма:

– подготовка данных (на примере данных флюорографических снимков) и преобразование пространственных данных в спектральные;

– нахождение миноритарного и мажоритарного классов данных и определение степени рассеянности данных;

– выделение нескольких кластеров на примере миноритарного класса (алгоритмом k-средних);

– генерирование данных в пределах отдельных кластеров на основе всех классов.

Принципы работы алгоритма сэмплирования в анализе данных флюорографии

В одной из приведенных статей [7] описываются основные принципы работы данного алгоритма, в частности создание большого количества выборок из исходных данных, а также анализ результатов работы алгоритма сэмплирования для выявления наиболее вероятного диагноза.

Многократно повторяя и анализируя выборки, алгоритм способен учесть самые разные варианты интерпретации данных, благодаря чему возможно определить наиболее вероятное состояние пациента. Такой подход существенно повышает точность диагностики, особенно в случаях сложных или неоднозначных патологий легких.

Моделирование выполнялось для данных рентгенологических исследований, к примеру, рентгенофлюорографии. Таким образом, наш предложенный метод сохраняет точность информации, одновременно уменьшая объем данных.

Первоначальный вариант алгоритма адаптивной выборки, а также его реализация и применение были опубликованы в [8], где описано успешное применение к данным электрокардиографии. Главные особенности этого алгоритма можно отразить в двух схемах – схеме метода вычисления приблизительной искаженной области и схеме метода адаптивной выборки (рис. 1).

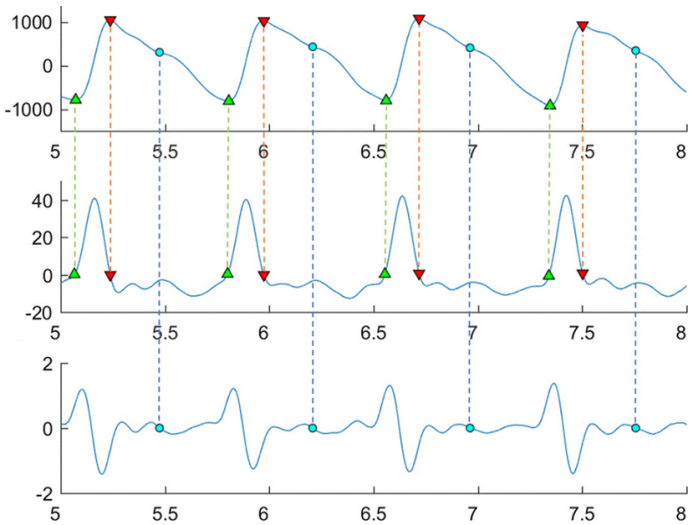


Рис. 1. Метод адаптивной выборки на примере данных электрокардиограммы

Первый метод основан на следующем критерии: при соединении линией двух значимых отсчетов исходной формы сигнала мы можем получить приблизительное искажение области, образованной линией двух значимых отсчетов и исходной формой сигнала. Искаженная область – это абсолютная сумма разностей между предсказанными выборками и исходными. Предлагаемый алгоритм выборки выбирает значимые выборки путем последовательного вычисления искаженной области, образованной начальной точкой и точкой-кандидатом.

Для 2D-сигнала в качестве данных изображения было использовано зигзагообразное сканирование для преобразования спектральных коэффициентов в 1D-последовательности (рис. 2). Качество обучения таких моделей машинного обучения, как нейронные сети (например, сверточные сети), напрямую зависит от размера и разнообразия обучающей выборки. Недостаток данных может привести к переобучению модели и снижению ее точности.

Предварительная обработка изображений, включающая сегментацию и фильтрацию, играет важную роль в оптимизации процесса обучения. Сегментация позволяет отделить информативные области, а фильтры усиливают контрастность важных участков.

Датасет, имеющийся в нашем распоряжении содержит изображения в формате DICOM [6]. Формат DICOM содержит послойные кадры, которые можно извлечь для увеличения набора данных. Для этого необходимо конвертировать снимки в JPEG, поддерживающий полутоновое изображение и минимально влияющий на детали, необходимые для распознавания. Размер снимков (3046×2291) требует высокой вычислительной мощности и увеличивает время обучения. Поэтому размер изображений будет уменьшен в 11 раз. Шкала Хаунсфилда позволяет выделить области, важные для исследования, путем отображения рентгеновской плотности тканей. Текущий набор данных (547 снимков) недостаточен для обучения нейронной сети и требует расширения с помощью геометрических преобразований.

Начиная с набора данных изображений {I1, I2, I3, ...}, выполняются два случайных преобразования для получения двух случайно различных изображений из каждого исходного изображения: {A1, A2, A3, ...} и {B1, B2, B3, ...}. Например, начиная с исходного изображения I10, преобразованное изображение A10 вычисляется функцией преобразования в скрытое пространственное представление AQ10, а преобразованное изображение B10 вычисляется функцией импульса в скрытое пространственное представление BQ10. Обе функции имеют одинаковую структуру и практически могут быть представлены перцептронами сверточной модели глубокого обучения.

Вычисленное скрытое пространственное представление функции импульса BQ10 хранится в словаре вместе с скрытыми пространственными представлениями функции импульса из предыдущих изображений dict [...,BQ7,BQ8,BQ9,BQ10]. В словаре есть один ключ, который исходит из того же исходного изображения, что и скрытое пространственное представление кодировщика AQ10, которое является положительной парой, и в словаре есть несколько ключей из разных исходных изображений, которые являются отрицательными парами. Модель обучена классифицировать между положительными и отрицательными парами:

$$L_{10} = -\log \frac{\exp(AQ_{10} \cdot BQ_k/\tau)}{\sum_{i=0}^{10} \exp(AQ_{10} \cdot BQ_k/\tau)},$$

который вычисляет оценку сходства, τ – гиперпараметр интенсивности.

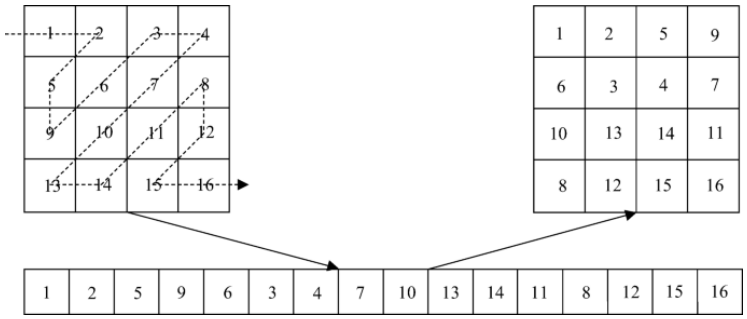


Рис. 2. Зигзагообразное сканирование выборки

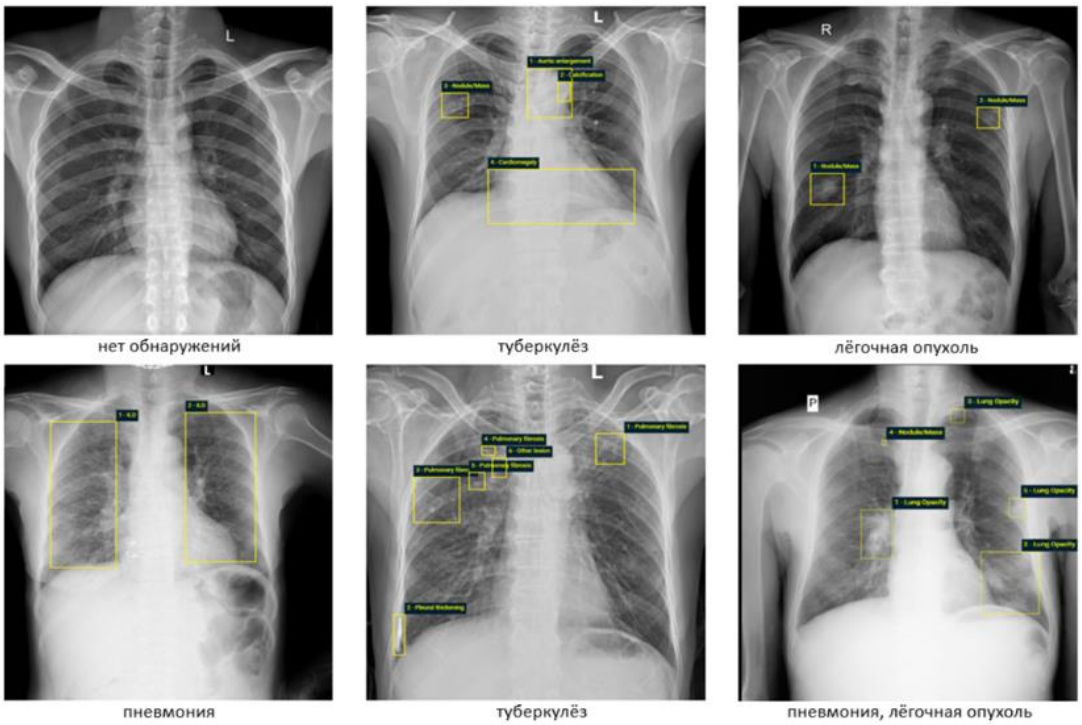


Рис. 3. Датасет снимков с размеченными областями

Используя библиотеку Pydicom для языка программирования Python, можно конвертировать DICOM в JPEG, а также выделять кадры по шкале Хаунсфилда, что увеличивает набор данных. Преобразования снимков сохраняют детали, необходимые для классификации, одновременно уменьшая размер файлов и вычислительные требования:

```
import numpy as np
import png
import pydicom

ds = pydicom.dcmread(path)
shape = ds.pixel_array.shape
image_2d_scaled = (np.maximum(image_2d,0) / image_2d.max()) * 255.0
image_2d_scaled = np.uint8(image_2d_scaled)

with open(destination, 'wb') as png_file:
w = png.Writer(shape[1], shape[0], greyscale=True)
w.write(png_file, image_2d_scaled)
```

Далее необходимо произвести конвертирование изображения в формат JPEG. Для этого используется библиотека pylab. Результатом работы программы на основе разработанного алгоритма является три снимка грудной клетки, сформированные в различных представлениях по шкале Хаунсфилда, в формате PNG:

```
def plottingfunction (*arguments, ax=None, show=True):
    if ax is None:
        fig, ax = plt.subplots()
    else:
        fig = ax.figure
    line, = ax.plot(*arguments)
    if show:
        plt.show()
    return fig, ax, line
fig, _, _ = plottingfunction([1,2,3], [3,2,4], show=False)
fig.savefig("dataplotA112.png")
plt.show()
```

Сравнительный анализ результатов диагностики

Номер выборки данных ФЛГ	Общая оценка модели машинного обучения по метрикам	Предсказательная оценка до использования алгоритма	Предсказательная оценка после использования алгоритма	Отклонение
A101	84,1	85,7	91,9	+6,2
A102	73,5	87,3	92,5	+5,2
A103	77,1	88,7	90,3	+1,6
A104	79,4	89,2	89,5	+0,3
A105	81,3	84,5	91,8	+7,3
A106	80,9	88,7	90,4	+1,7
A107	76,2	86,4	88,3	+1,9
A108	82,6	91,2	91,5	+0,3
A109	83,9	88,3	91,5	+3,2

Поскольку выбранные заболевания не оказывают существенного влияния на структуру легочного рисунка, то полученный снимок сегментируется без учета точности сегментации, упрощая обработку без потери ключевой информации.

Для более точного анализа рентгеновского снимка предлагается использовать метод активных контуров. Он позволяет уточнить и сгладить границы легочных областей, а также локально повысить контраст в этих зонах.

Такой подход позволяет:

– детализировать легочные области: повышение контраста выявляет мелкие изменения в структуре легких, делая патологии более заметными;

– сосредоточить внимание на ключевых зонах: очаги туберкулеза и пневмонии чаще всего располагаются в верхнем и среднем отделах легочных долей;

– упростить сегментацию: данный алгоритм предназначен для анализа именно этих заболеваний, поэтому точная форма легочных долей не является критичной.

Мы провели сравнительный анализ диагностических результатов до и после применения этих алгоритмов на наборе данных, включающем многочисленные флюорографические обследования. Эффективность каждого алгоритма оценивалась на основе его способности повышать ясность и снижать частоту диагностических ошибок.

Заключение

Переходя к подведению итогов исследования, можно однозначно сказать, что применение алгоритмов выборки значительно увеличивает интерпретируемость флюорографических данных. В свою очередь, количественный анализ указывает на заметное снижение частоты ошибочных диагнозов. Выделение критических особенностей и снижение шума на изображениях способствует более четкому пониманию патологий, а высокая точность алгоритмов выборки улучшению результатов диагностики легочных патологий. На наш взгляд необходимы дополнительные исследования в этой области для изучения масштабируемости данных алгоритмов на другие модальности медицинской аналитики и группы данных.

Список источников

1. Kumar Y, Koul A, Singla R, Ijaz MF. Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda // J Ambient Intell Humaniz Comput. Vol. 14. Iss. 7. P. 8459–8486. https://doi.org/10.1007/s12652-021-03612-z.

2. Kuznetsov V.N, Grjibovski A.M, Mariandyshev A.O, Johansson E., Bjune G.A. Two vicious circles contributing to a diagnostic delay for tuberculosis patients in Arkhangelsk // Emerging Health Threats Journal. http://dx.doi.org/10.3402/ehtj.v7.24909.

3. Karpov A.V, Kozik V.I, Nezhevenko E.S, Schwartz Y.S. On the Influence of the Quality of Databases of X-Ray Images of Patients with Tuberculosis on the Diagnostics of Deceases. Optoelectronics Instrumentation Processing. http://dx.doi.org/10.3103/S8756699022050065.

4. Karina Yang, Alexis Bennett, Dominique Duncan. Robust and Interpretable COVID-19 Diagnosis on Chest X-ray Images using Adversarial Training. https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.14227.

5. Krishnan G., Singh S., Pathania M., Gosavi S., Abhishek S., Parchani A. [et al]. Artificial intelligence in clinical medicine: catalyzing a sustainable global healthcare paradigm // Front Artif Intell. 2023. https://doi.org/10.3389/frai.2023.1227091.

6. Alhassan Mabrouk, Rebeca P. Díaz Redondo, Mohamed Abd Elaziz, Mohammed Kayed. Ensemble Federated Learning: an approach for collaborative pneumonia diagnosis. https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.07428.
7. Cohen J.F., Korevaar D.A., Altman D.G., Bruns D.E., Gatsonis C.A., Hooft L. [et al]. STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration // BMJ Open. 2016. Iss. 6. http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012799.
8. Liora Mayats-Alpay. Artificial Intelligence for Automatic Detection and Classification Disease on the X-Ray Images. http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2211.082442022.
9. Unsa Maheen., Khawar Iqbal Malik., Gohar Ali. Comparative Analysis of Deep Learning Algorithms for Classification of COVID-19 X-Ray Images. http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2110.09294.
10. Julian D. Arias-Londoño, Jorge A. Gomez-Garcia, Laureano Moro-Velazquez, Juan I. Godino-Llorente. Artificial Intelligence applied to chest X-Ray images for the automatic detection of COVID-19 // A thoughtful evaluation approach. 2020. http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2011.14259.

Информация об авторах / Information about the Authors

Ильков Константин Андреевич,
студент,
Институт информационных технологий
и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ilkov.kk@gmail.com

Konstantin A. Ilkov,
Student,
School of Information Technology
and Data Science,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ilkov.kk@gmail.com

Григорьев Станислав Валентинович,
к.х.н., доцент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
svg@istu.edu

Stanislav V. Grigorev,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
svg@istu.edu

УДК 620.9

Текущие тренды и вызовы в топливно-энергетическом комплексе России

© О.Д. Репинский, А.С. Тимофеева

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

Аннотация. Российский топливно-энергетический комплекс, являющийся ключевым сектором экономики страны, в 2024 году находится на перепутье, сталкиваясь с рядом вызовов и новых тенденций. Нестабильная геополитическая ситуация, усиление экологической повестки, спрос на переход к зеленой энергетике и новые технологии, формируют уникальную картину для отрасли. Данный комплекс имеет все возможности для преодоления вызовов и достижения успеха в будущем, если будет двигаться по пути инноваций, устойчивого развития и международного сотрудничества. В 2024 году нефтеперерабатывающая отрасль Российской Федерации ожидает масштабную модернизацию мощностей, что приведет к значительному увеличению объемов переработки нефти и газа. Это станет возможным благодаря реализации инвестиционных соглашений между нефтяными компаниями и правительством. Таким образом, можно сказать, что модернизация нефтеперерабатывающих мощностей в 2024 году станет важным шагом в развитии нефтяной промышленности Российской Федерации. Модернизация нефтеперерабатывающих мощностей позволит увеличить объемы производства высококачественных нефтепродуктов, снизить зависимость от импорта и улучшить экологическую обстановку. Инвестиции в модернизацию создадут новые рабочие места и будут способствовать устойчивому развитию отрасли в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, модернизация, вызовы, тенденция, экономика

Current trends and challenges in the Russian fuel and energy sector

© Oleg D. Repinsky, Alena S. Timofeeva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The Russian fuel and energy sector, which is a key sector of the country's economy, is at a crossroads in 2024, facing a number of challenges and new trends. The unstable geopolitical situation, the strengthening of the environmental agenda, the demand for transition to green energy and new technologies create a unique landscape for the industry. The Russian fuel and energy sector has every opportunity to overcome the challenges and achieve success in the future if it moves along the path of innovation, sustainable development and international cooperation. In 2024, the oil refining industry in the Russian Federation expects large-scale modernization of its capacities, which will lead to a significant increase in oil and gas refining volumes. This will be possible due to the implementation of investment agreements between oil companies and the government. Thus, it can be said that the modernization of oil refining capacities in 2024 will be an important step in the development of the oil industry in the Russian Federation. The modernization of oil refining capacities will increase the production of high-quality oil products, reduce dependence on imports and improve the environmental situation. Investments in modernization will create new jobs and contribute to the sustainable development of the industry in the long term.

Keywords: fuel and energy sector, modernization, challenges, trend, economic

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) России остается одним из ключевых секторов экономики страны, обеспечивая не только внутренние потребности, но и экспортные поступления. В 2024 г. этот сектор столкнулся с уникальными вызовами, а также с новыми трендами, которые могут повлиять на его развитие. С учетом глобальных и внутренних факторов, а также политических и экономических реалий, важно рассмотреть основные тенденции и вызовы, стоящие перед ТЭК России.

Ключевые тренды [1]:

1. Переориентация на Восток: Россия стремится к усилению сотрудничества с Китаем, Индией и другими странами Азиатско-Тихоокеанского региона. Это означает рост экспорта нефти и газа в эти страны и развитие новых транспортных коридоров, например, «Северный поток-2» и «Сила Сибири».

2. Развитие новых видов топлива. Углеводородные ресурсы останутся востребованы, но Россия также делает ставку на развитие низкоуглеродной энергетики. Это включает в

себя развитие газохимии, производство метана, водородной энергетики.

3. Технологическое перевооружение. Россия активно внедряет цифровые технологии, искусственный интеллект и аналитику больших данных в ТЭК. Это позволяет повышать эффективность добычи и переработки ресурсов, оптимизировать логистику и снижать риски [2].

4. Экологическая ответственность. Россия сталкивается с растущим давлением на сокращение выбросов парниковых газов. Компании ТЭК вынуждены вкладывать средства в модернизацию оборудования и внедрение экологически чистых технологий.

Согласно международным соглашениям, Россия должна принимать меры по снижению углеродных выбросов. В 2024 г. усиливается акцент на декарбонизацию. Введение углеродного налога, возможно, станет стимулом для компаний ТЭК к модернизации производств и увеличению инвестиций в «зеленые» технологии [3].

Цифровая трансформация охватывает все аспекты экономики, включая ТЭК. Использование блокчейн-технологий и Интернета уже приносит результаты, позволяя оптимизировать процессы, повышать безопасность и снижать затраты. В 2024 г. продолжается дальнейшее развитие этих технологий, что позволит повысить эффективность работы сектора [4].

С учетом изменения геополитической ситуации, российский ТЭК ищет возможности для диверсификации экспортных рынков. Открытие новых направлений поставок в Азию и другие регионы позволяет не только компенсировать утрату традиционных рынков, но и создать новые потребительские базы для энергетических ресурсов.

Далее рассмотрим вызовы:

1. Геополитические риски. Глобальная политическая обстановка оказывает значительное влияние на ТЭК. Санкции и ограничительные меры со стороны западных стран могут не только затруднить доступ к современным технологиям, но и вызвать неопределенность в долгосрочных инвестициях. Это создает риски для реализации крупных проектов в области добычи и переработки ресурсов [5].

2. Инфраструктурные ограничения. Необходимость модернизации энергетической инфраструктуры, электросети и прочие элементы системы, остается актуальной. Устаревшие технологии и недостаток финансирования создают серьезные ограничения для эффективного ведения бизнеса и удовлетворения растущих потребностей.

3. Конкуренция на глобальном рынке. На фоне изменений в глобальной энергетической политике, Россия сталкивается с растущей конкуренцией со стороны других стран-производителей энергоресурсов. Страны Ближнего Востока, США и даже Африка стремятся занять свои ниши в мировом энергетическом рынке, что может ослабить позиции России [6].

4. Социальные и экологические факторы. Увеличение общественного внимания к вопросам экологии и устойчивого развития требует от компаний ТЭК более ответственного подхода к своим операциям. Необходимость соблюдения экологических норм и стандартов может потребовать дополнительных инвестиций и изменений в бизнес-практиках.

5. Санкции. Западные санкции, наложенные на Россию, оказывают существенное влияние на ТЭК. Сложности с финансированием, логистикой, оборудованием и технологиями вынуждают российские компании искать новые пути развития [7].

6. Снижение спроса на нефть и газ. Влияние климатической повестки и переход к зеленой энергетике приводят к снижению спроса на ископаемое топливо в мире. Россия должна найти новые рынки сбыта и увеличить инвестиции в альтернативные источники энергии.

7. Дефицит кадров. Российский ТЭК нуждается в квалифицированных специалистах, особенно в сфере технологий и зеленой энергетики. Необходимо внедрять новые образовательные программы, привлекать молодых специалистов и повышать уровень квалификации существующих работников.

8. Необходимость инвестиций. Для решения существующих вызовов и реализации новых трендов российскому ТЭК требуется значительное финансирование. Необходимо привлекать как государственные, так и частные инвестиции, а также использовать механизмы государственно-частного партнерства.

В 2024 г. нефтеперерабатывающая отрасль России переживает масштабную модернизацию мощностей, что приведет к значительному

увеличению объемов переработки нефти и газа. Это станет возможным благодаря реализации инвестиционных соглашений между нефтяными компаниями и правительством.

В рамках инвестиционных соглашений планируется модернизация действующих нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и строительство новых. Основными целями модернизации являются [8]:

– увеличение глубины переработки нефти, что позволит получить больше светлых нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо) и снизить производство мазута;

– внедрение современных технологий, которые позволят повысить эффективность производства и снизить негативное воздействие на окружающую среду;

– увеличение производства высокооктанового бензина и дизельного топлива, соответствующих международным стандартам качества.

Модернизация НПЗ приведет к ряду положительных результатов:

– рост производства бензина и дизельного топлива; увеличение глубины переработки нефти позволит увеличить производство светлых нефтепродуктов, которые пользуются высоким спросом на внутреннем и внешнем рынках;

– снижение зависимости от импорта; модернизированные НПЗ будут способны производить высококачественные нефтепродукты, соответствующие международным стандартам, что снизит зависимость России от импорта топлива;

– улучшение экологической обстановки; внедрение современных технологий позволит снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и улучшить экологическую обстановку в районах расположения НПЗ;

– создание новых рабочих мест; реализация проектов модернизации НПЗ создаст новые рабочие места в нефтеперерабатывающей отрасли и смежных областях.

Инвестиционные соглашения между нефтяными компаниями и правительством предусматривают выделение значительных средств на модернизацию НПЗ. Основными участниками инвестиционных проектов являются: ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Сургутнефтегаз» [9].

Модернизация нефтеперерабатывающих мощностей станет важным шагом в развитии нефтяной промышленности России. Она позволит увеличить объемы производства высококачественных нефтепродуктов, снизить зависимость от импорта и улучшить экологическую обстановку. Инвестиции в модернизацию создадут новые рабочие места и будут способствовать устойчивому развитию отрасли в долгосрочной перспективе. Диверсификация экспортных потоков – это новые горизонты для энергетического экспорта России в 2024 г.

Энергетический сектор, являясь ключевым для экономики страны, требует постоянного поиска новых рынков сбыта. В последние годы акцент смещается на страны БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и Южноафриканская Республика) и Азиатско-Тихоокеанский регион, что открывает новые возможности для увеличения объемов и разнообразия энергетического экспорта.

Диверсификация экспортных потоков является важным ответом на вызовы, связанные с изменением геополитической ситуации и санкционным давлением. Для обеспечения устойчивого роста экономики России, необходимо находить новые рынки, которые смогут компенсировать потерю традиционных партнеров. Страны БРИКС и Азиатско-Тихоокеанский регион представляют собой перспективные направления для развития энергетического экспорта [10].

В 2024 г. ожидается значительное увеличение объемов экспорта как трубопроводного, так и сжиженного природного газа. Россия уже обладает разветвленной сетью газопроводов, которая позволяет поставлять голубое топливо в страны Европы и Азии.

Тем не менее, акцент на новые рынки предполагает развитие новых маршрутов и партнерских отношений:

1. Увеличение поставок в страны БРИКС. Перспектива заключения новых долгосрочных контрактов с Китаем, Индией и другими странами БРИКС создает основу для устойчивого роста поставок. Эти страны являются быстро развивающимися экономиками с растущими потребностями в энергетических ресурсах. Ожидается, что это приведет к увеличению объема поставляемого трубопроводного газа

в регион.

2. Развитие поставок сжиженного природного газа. Сжиженный природный газ становится все более востребованным в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, где спрос на гибкие и экологически чистые источники энергии растет. Россия планирует активное развитие своих мощностей по производству и экспорту СПГ, что позволит предложить конкурентоспособные варианты поставок в страны, такие как Япония и Южная Корея [10].

Для реализации поставленных целей России необходимы инвестиции в инфраструктуру, модернизацию уже существующих мощностей, а также в строительство новых терминалов по приему и переработке газа. На данный момент ведутся активные переговоры с международными партнерами о совместных проектах, которые могут значительно ускорить процесс диверсификации.

Особое внимание уделяется внедрению новых технологий, которые повышают эффективность добычи и транспортировки газа, а также делают его продажу более привлекательной для зарубежных партнеров.

В заключение можно сказать, что в ТЭК России стоит перед множеством вызовов и возможностей. Устойчивое развитие, декарбонизация, цифровизация и поиск новых рынков становятся ключевыми направлениями. Однако геополитические и инфраструктурные риски, а также увеличение конкуренции требуют от сектора гибкости и готовности к изменениям. Правильное понимание текущих трендов и вызовов позволит эффективно адаптироваться к новым условиям и сохранить конкурентоспособность ТЭК России на мировой арене.

Чтобы адаптироваться к новым реалиям и стремиться к устойчивому развитию, сохраняя лидирующие позиции на мировом рынке необходимо:

– диверсифицировать поставки энергоресурсов, расширяя рынки сбыта на Восток;

– вкладывать в развитие новых видов топлива и экологически чистых технологий;

– повышать уровень автоматизации и цифровизации, внедряя современные технологии;

– создавать благоприятные условия для привлечения инвестиций и развития человеческого капитала.

ТЭК России имеет все возможности для преодоления вызовов и достижения успеха в будущем, если будет двигаться по пути инноваций, устойчивого развития и международного сотрудничества.

Разработка и внедрение технологий для производства «чистой» энергии (ветровая, солнечная, гидроэнергия) становится приоритетом.

Диверсификация экспортных потоков становится важнейшей стратегической задачей для России в условиях глобальных изменений. Развитие партнерских отношений со странами БРИКС и Азиатско-Тихоокеанского региона позволит обеспечить устойчивый рост экономической активности и укрепить энергетическую безопасность страны в долгосрочной перспективе.

Список источников

1. Авдеева Э.А. Текущий статус и тренды развития топливно-энергетического комплекса на современном этапе энергетического перехода // Экономика и бизнес. 2023. № 1. С. 172–178.
2. Гулиев И.А., Соловова Ю.В. Энергетический переход: понятие и исторический анализ, особенности текущего энергетического перехода // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 10–2. С. 98–105.
3. Андрианов В.В. Трансформация энергетической политики России в эпоху санкций и энергоперехода // Экономика и бизнес. 2022. Т. 3. № 2 (35). С. 6–18.
4. Самошин Ю.В. Ключевые направления развития ТЭК России в кратко-, средне и долгосрочной перспективе // Экономика и бизнес. 2023. № 1. С. 62–69.
5. Бартенев Д.С., Мигел А.А. Сравнительный анализ и разработка предложений по развитию транспортно-логистической инфраструктуры предприятий нефтяной отрасли // Russian Economic Bulletin. 2020. Т. 3. № 1. С. 75–79.
6. Башер М.А. Ирак: современная экономика, задачи и перспективы // Азия и Африка сегодня. 2019. № 5. С. 69–73.
7. Бобылев Ю.Н. Нефтяной сектор: основные тенденции 2018–2019 гг. // Экономическое развитие России. 2019. Т. 26. № 3. С. 13–17.
8. Киселев В.В., Строева Г.Н. Топливно-энергетический комплекс России: отдельные аспекты развития // Ученые заметки ТОГУ 2022. Т. 13. № 1. С. 118–124. Режим доступа: https://pnu.edu.ru/ejournal/pub/articles/3042/ (дата обращения: 17.09.2024).

9. Каукин А., Миллер Е., Косарев В. Перспективы российской нефтяной отрасли в условиях санкций // Экономическая политика. 2023. Т. 18. № 3. С. 82–109.
10. Конина Н.Ю., Тяглов С.Г., Шевелева А.В. Особенности развития российских нефтегазовых компаний в условиях глобальных вызовов и угроз // Развитие российской экономики и ее финансовая безопасность в условиях современных вызовов и угроз: материалы Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. (г. Ростов-на-Дону, 22–23 октября 2020 г.). Ростов-на-Дону, 2020. С. 282–287.

Информация об авторах / Information about the Authors

Тимофеева Алёна Сергеевна,
студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Alenys2016@mail.ru

Alena S. Timofeeva,
Student,
School of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Alenys2016@mail.ru

Репинский Олег Дмитриевич,
к.э.н.,
доцент кафедры экономики
и цифровых бизнес-технологий,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
repin80@mail.ru

Oleg D. Repinskiy,
Cand. Sci. (Economics),
Associate Professor of the Economics
and Digital Business Technologies Department,
School of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
repin80@mail.ru

УДК 544.723.232

Квантово-химическое исследование сорбции молекулярного водорода в наноконтейнерах на основе фуллерена С60

© А.А. Шабалин, И.К. Петрушенко

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

Аннотация. Водород – это перспективный и универсальный источник энергии, что обусловлено его возобновляемостью и потенциалом для создания устойчивой энергетической системы. Основной проблемой, связанной с глобальным использованием водорода в качестве топлива, является проблема его хранения. Физическая адсорбция водорода на различных углеродных наноструктурах является одним из методов решения данной проблемы. В данной работе были теоретически спроектированы модели наноконтейнеров на основе фуллерена С60 – хорошо известной наноструктуры. Изучение взаимодействия молекулярного водорода с наноконтейнерами было проведено с применением современных методов квантовой химии, включающими теорию функционала плотности и адаптированную по симметрии теорию возмущений. Были получены равновесные геометрии изучаемых комплексов и определены вклады различных компонент энергии взаимодействия в их стабилизацию. Установлено, что основной вклад в стабилизацию вносят дисперсионная и электростатическая составляющие. Методом первопринципной (ab initio) молекулярной динамики была изучена устойчивость исследуемых систем при двух температурах (T = 77 и 300 К). Было показано, что при комнатной температуре гравиметрическая плотность адсорбированного водорода составила 0,34 %, а при температуре жидкого азота гравиметрическая плотность возросла до 0,68 %. Предполагается, что использование углеродных наноструктур будет способствовать развитию водородной энергетики.

Ключевые слова: водород, водородная энергетика, адсорбция, фуллерен, DFT

Финансирование: Исследование было проведено в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ № FZZS-2024-0002.

Quantum-chemical study of hydrogen adsorption in C60 fullerene-based nanocontainers

© Aleksandr A. Shabalin, Igor K. Petrushenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Hydrogen is a perspective and universal energy source owing to its renewability and a potential to make a sustainable energy system. The main problem associated with the global use of hydrogen as a fuel is the problem of its storage. Physical adsorption of hydrogen on various carbon nanostructures is one of the methods to address this problem. The article presents theoretically designed models of nanocontainers based on fullerene C60, a well-known nanostructure. The interaction of molecular hydrogen with nanocontainers was studied using modern quantum chemistry methods, including density functional theory and symmetry-adapted perturbation theory. Equilibrium geometries of the complexes under study were obtained and contributions of various components of the interaction energy to their stabilization were determined. The main contribution to stabilization is made by the dispersion and electrostatic components. The stability of the systems under study at two temperatures (T = 77 and 300 K) was studied using the ab initio molecular dynamics method. At room temperature, the gravimetric density of adsorbed hydrogen was 0.34 %, and at liquid nitrogen temperature, the gravimetric density increased to 0.68 %. It is assumed that the use of carbon nanostructures will contribute to the development of hydrogen energy.

Keywords: hydrogen, hydrogen energy, adsorption, fullerene, DFT

Funding: The study was conducted within the framework of state assignment No. FZZS-2024-0002.

Введение

В XXI в. водород привлекает все большее внимание ученых как экологически чистая альтернатива традиционным источникам энергии [1]. Однако для достижения практического применения водорода в качестве топлива, необходимо решить ряд ключевых проблем, в том числе разработку экономически и технически эффективных методов его хранения. В настоящее время основными методами хранения водорода являются способы, основанные на физических и химических прин-

ципах [2]. Одним из хорошо известных является метод хранения сжатого водорода. Несмотря на достаточно высокую эффективность, данный метод требует использования специальных баллонов с повышенной прочностью. Хранение водорода в виде жидкости при температуре 20 К позволяет повысить его плотность, но требует использования криогенных технологий и, соответственно, значительных затрат на охлаждение и изоляцию от окружающей среды. Также водород может храниться в виде соединений с углеродом и азотом (гидриды). Этот метод позволяет хранить водород при комнатной температуре и нормальном давлении, но требует дополнительной энергии для его выделения в газообразном состоянии.

Несмотря на хорошо зарекомендовавшие себя существующие традиционные методы хранения, исследователи занимаются поисками все новых видов систем для хранения водорода. Необходимо отметить, что водород является легковоспламеняющимся газом и это требует особого внимания к мерам безопасности при его хранении и транспортировке.

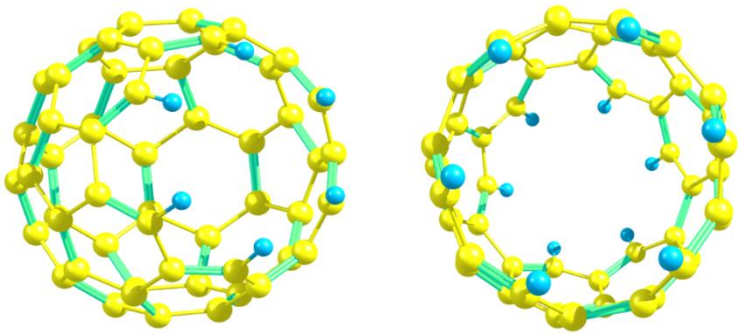
Материалы и методы исследования

Твердотельные водородные накопители – сравнительно новый класс устройств для хранения водорода [3]. По оценке исследователей, данный тип накопителей способен обеспечить значения гравиметрической плотности (GD) запасаемого водорода до 10 %, что значительно превышает значения традиционного накопления водорода в металлических газовых баллонах. Средой для твердотельного накопителя часто являются углеродные наноструктуры – графен, нанотрубки, фуллерены. Фуллерены были открыты в 1985 г. [4] и после получения в лабораторных условиях были также обнаружены на Земле [5] и в космосе [6]. Фуллерены применяются в настоящее время как материалы для полупроводниковой техники, фоторезистов, а также в аккумуляторах и электрических батареях, а также и как добавки для получения искусственных алмазов [7, 8]. Наиболее широко изученным является фуллерен C60, состоящий из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников, напоминающих футбольный мяч. При удалении одного или двух шестиугольников можно получить модель наноконтейнера, которая позволит вместить в себя ионы, атомы или даже молекулы [9]. В данной работе методами современной квантовой химии мы изучим накопление молекулярного водорода в подобных наноконтейнерах.

Результаты исследования и их обсуждение

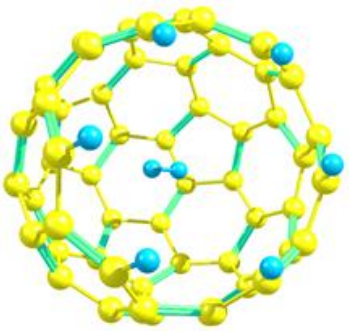
На основе фуллеренов C60 были смоделированы наноконтейнеры с одним и двумя отверстиями. Данные модели приведены на рис. 1. Для того, чтобы исключить эффект «оборванных связей», была выполнена пассивация атомами водорода краевых атомов углерода. Оптимизация геометрии проводилась в рамках теории функционала плотности (ТФП) на уровне теории BLYP D3/def2-SVP [10] (с использованием дисперсионной поправки Гримме [11]).

Приведенные выше модели наноконтейнеров в дальнейшем заполнялись молекулами водорода (1–3 молекулы H_2). Заполненные модели наноконтейнеров приведены на рис. 2. Для расчета энергии взаимодействия

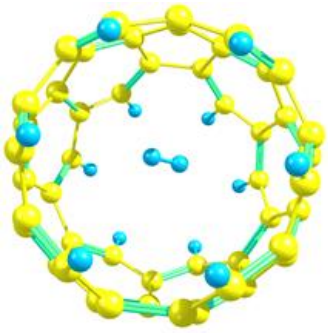


а *б*

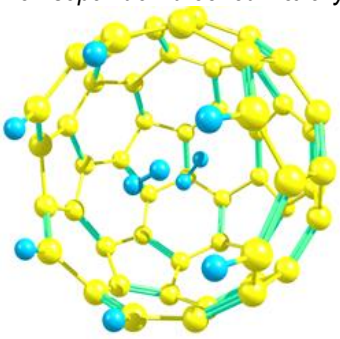
Рис. 1. Модель фуллерена C60 с одним (а) и двумя (б) отверстиями
Желтым цветом обозначены атомы углерода, голубым цветом – атомы водорода



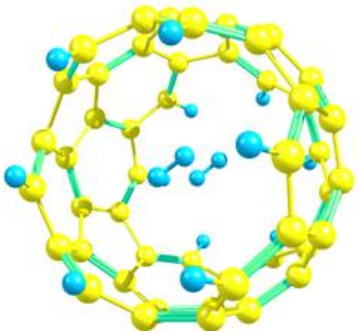
с одним отверстием и одной молекулой H_2



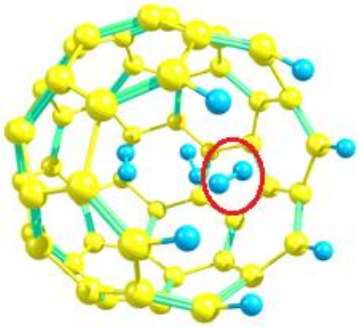
с двумя отверстиям и одной молекулой H_2



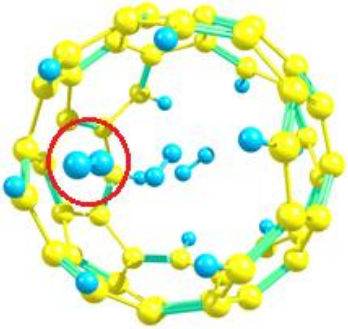
с одним отверстием и двумя молекулами H_2



с двумя отверстиям и двумя молекулами H_2



с одним отверстием и тремя молекулами H_2



с двумя отверстиям и тремя молекулами H_2

а ***б***

Рис. 2. Модель фуллерена С60 с одним (а) и двумя (б) отверстиями с количеством молекул от одного до трех

Покинувшая наноконтейнер молекула обозначена красным

(Eint) и ее физически значимых компонент была применена адаптированная по симметрии теория возмущений (SAPT0/jun-cc-pVDZ [12]). Рассчитанные энергии взаимодействия между молекулярным водородом и наноконтейнерами приведены в таблице.

Энергии взаимодействия наноконтейнера на основе фуллерена С60 с молекулами водорода, ккал/моль

Количество отверстий	Количество молекул H_2	Eint	Eind	Edisp	Eel	Eex
1	1	-26,195	-1,284	-34,281	-6,400	15,770
	1	-2,862	-7,931	-37,698	-23,201	65,968
	2	-25,132	-2,438	-41,144	-12,911	31,361
	1	-3,119	-9,214	-37,307	-24,747	74,387
	2	-11,199	-5,746	-49,416	-29,833	73,796
	3	-11,280	-5,799	-49,197	-29,311	73,028
2	1	-22,353	-1,301	-30,387	-6,168	15,503
	1	-12,529	-4,305	-34,497	-15,601	41,874
	2	-13,116	-3,868	-33,974	-14,291	39,017
	1	-12,309	-4,040	-34,163	-14,733	40,627
	2	-12,377	-3,408	-33,165	-12,736	36,932
	3	-3,083	-1,036	-7,126	-2,795	7,874

Примечание. Знак «-» обозначает связанное состояние

Как видно из рис. 2, модели *а* (3) и *б* (3) одна из молекул водорода в процессе оптимизации покинула пределы наноконтейнера, потому наша работа сводится к работе с моделями *а* (2) и *б* (2) (рис. 2)

Метод SAPT0 позволяет разложить энергию взаимодействия на составляющие (дисперсионная (Edisp), обменная (Eex), электростатическая (Eel), индукционная (Eind)). Обменная энергия (энергия Паули) всегда положительна (т. е. вносит вклад в дестабилизацию комплексов). Из классического представления она может быть объяснена как межядерное отталкивание при сильном сближении атомов и последующим деэкранированием. Электростатическая энергия представляет собой классическое Кулоновское взаимодействие. Индукционная энергия (или иными словами энергия поляризации) представляет собой диполь-дипольное взаимодействие из-за деформации формы электронных облаков мономеров в присутствии друг друга. Дисперсионная энергия взаимодействия возникает из-за мгновенных флуктуаций электронных облаков двух мономеров и возникновения мгновенных дипольных моментов.

Метод AIMD (ab initio molecular dynamics, первопринципная молекулярная динамика) использовался для наблюдения за эволюцией

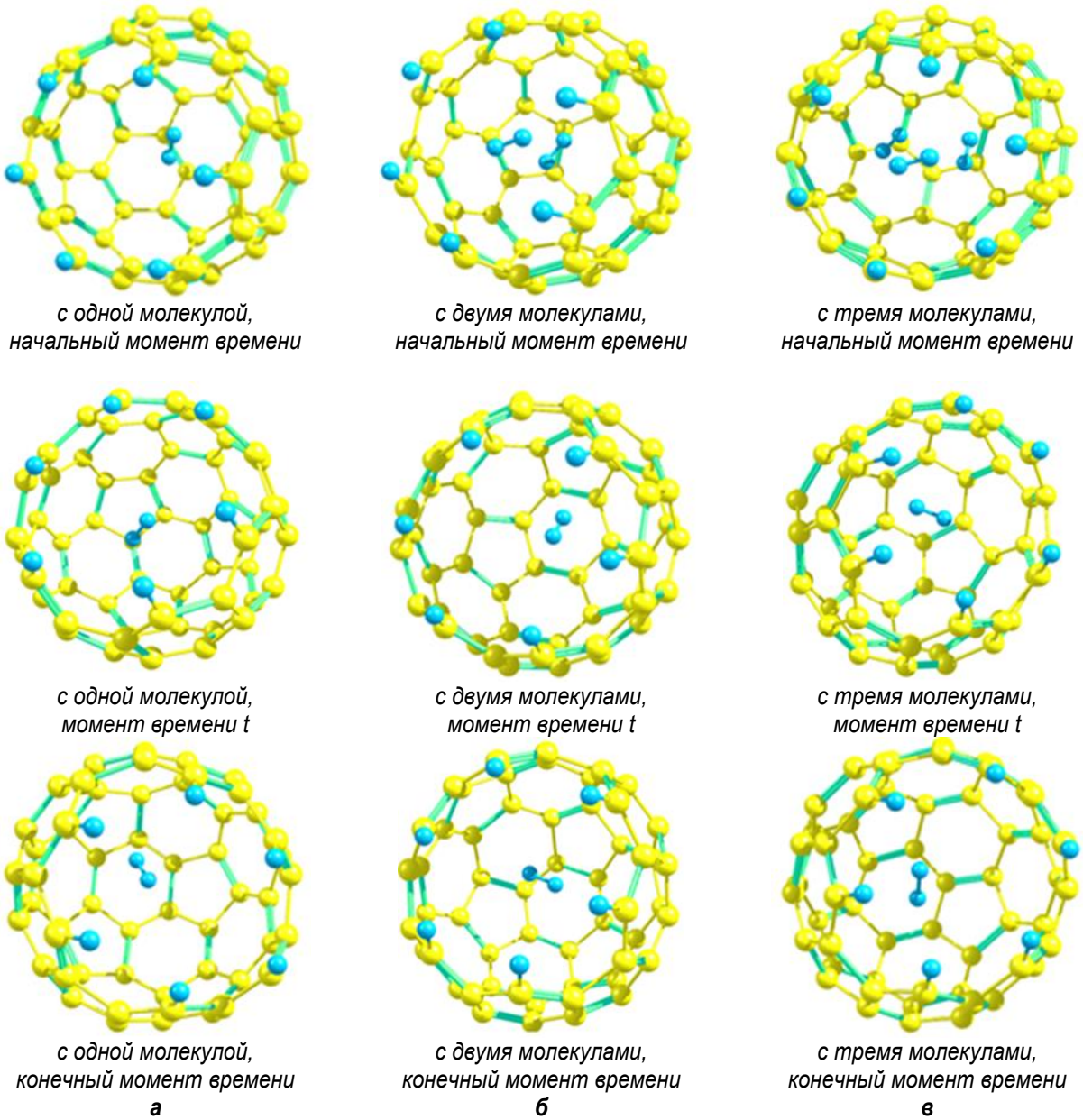


Рис. 3. Модель фуллерена с одним отверстием: а – с одной молекулой H_2; б – с двумя молекулами H_2; в – с тремя молекулами H_2

системы при температурах, отличных от абсолютного 0. Для расчетов этим методом модели нанокнтейнеров были помещены в термостат при T = 77 и 300 К на 2,5 пикосекунды, где далее было рассмотрена возможность выхода водорода за пределы фуллерена. Цифрами 1, 2 и 3 обозначены различные промежутки времени наблюдения (рис. 3).

Как видно из рисунка, при нахождении одной молекулы водорода внутри наноконтейнера, в течение всего метода моделирования происходят лишь локальные перемещения молекулы внутри контейнера без его покидания. Однако, как показано на рис. 4 и 5, при большем количестве молекул водорода, большая его часть покидает наноконтейнер, оставляя внутри лишь только одну молекулу, в данном случае гравиметрическая плотность (GD %) водорода составляет примерно 0,3 % массы фуллеренового носителя.

Далее были проведены аналогичные расчеты с моделью фуллерена с двумя отверстиями, данная модель приведена на рис. 4. В этом случае адсорбционная емкость остается на прежнем уровне, ибо с течением времени одна молекула остается внутри фуллеренового наноконтейнера и масса адсорбированного водорода не меняется.

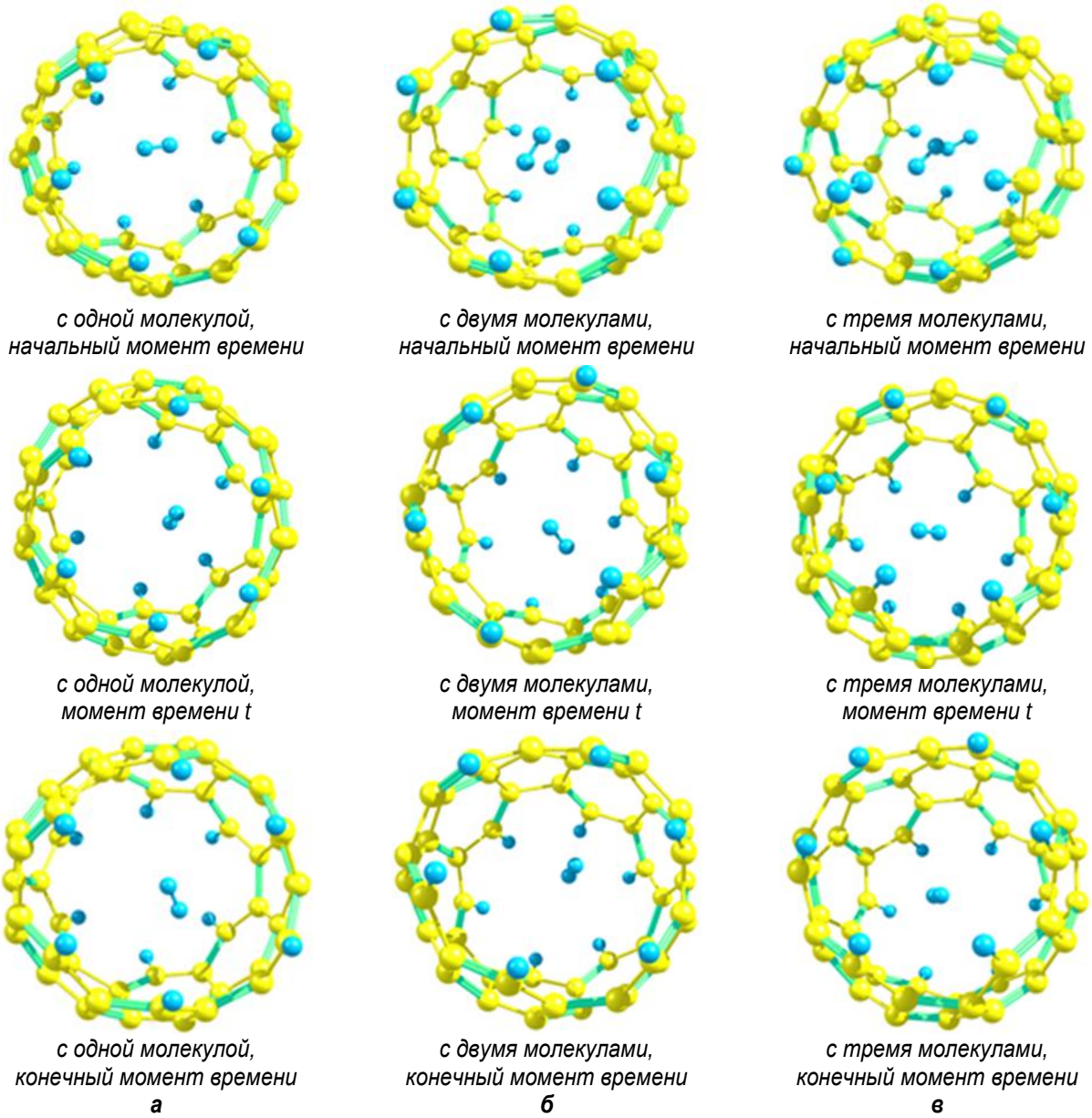


Рис. 4. Модель фуллерена с двумя отверстиями: а – с одной молекулой H_2; б – с двумя молекулами H_2; в – с тремя молекулами H_2

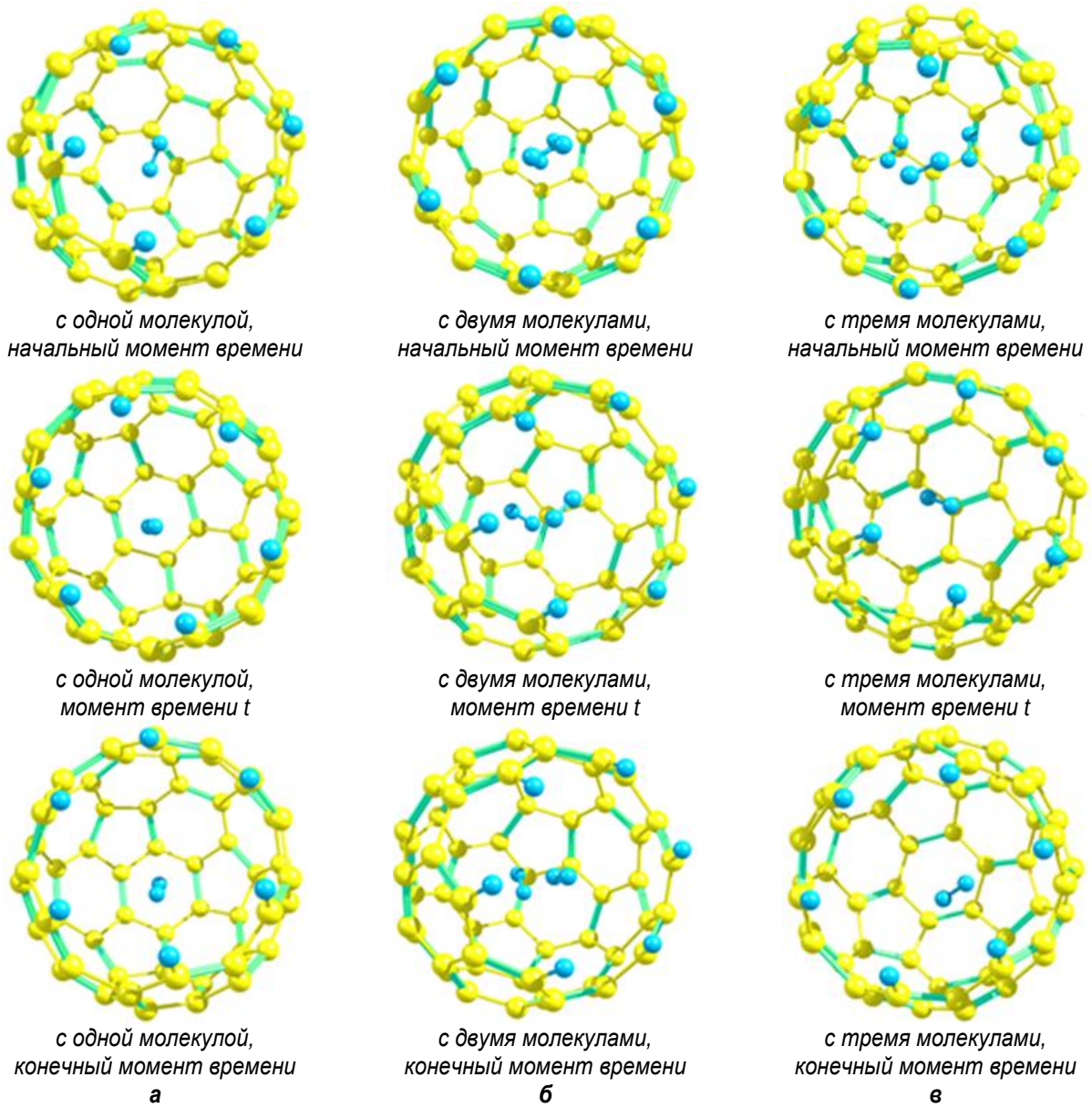


Рис. 5. Модель фуллерена с одним отверстием, при T = 77 К: а – с одной молекулой H_2; б – с двумя молекулами H_2; в – с тремя молекулами H_2

Следующим шагом был анализ сорбции водорода при *T* = 77 К. При рассмотрении модели с одним отверстием и с количеством молекул внутри от 1 до 3 азота максимальная GD наноконтейнера составила примерно 0,61 %, а данная модель приведена на рис. 5. Однако при помещении в данную модель трех молекул водорода, внутри наноконтейнера остается лишь одна, это связано с взаимным отталкиванием молекул водорода между собой в ограниченном пространстве внутри контейнера.

При изучении адсорбции водорода внутри модели, приведенной на рис. 6, водород остается внутри молекулы фуллерена, т. к. из-за удаления части атомов фуллерена (второе отверстие), увеличивается свободное пространство внутри, следовательно, больше молекулярного водорода помещается внутрь наноконтейнера, попадая в потенциальную яму. В таком случае гравиметрическая плотность запасенного водорода несколько увеличивается и составляет приблизительно 0,68 %.

Заключение

Подводя итоги можно сказать, что фуллерены C60 обладают большим потенциалом для дальнейшего применения в водородной энергетике. В данной работе мы изучили применение фуллереновых наноконтейнеров

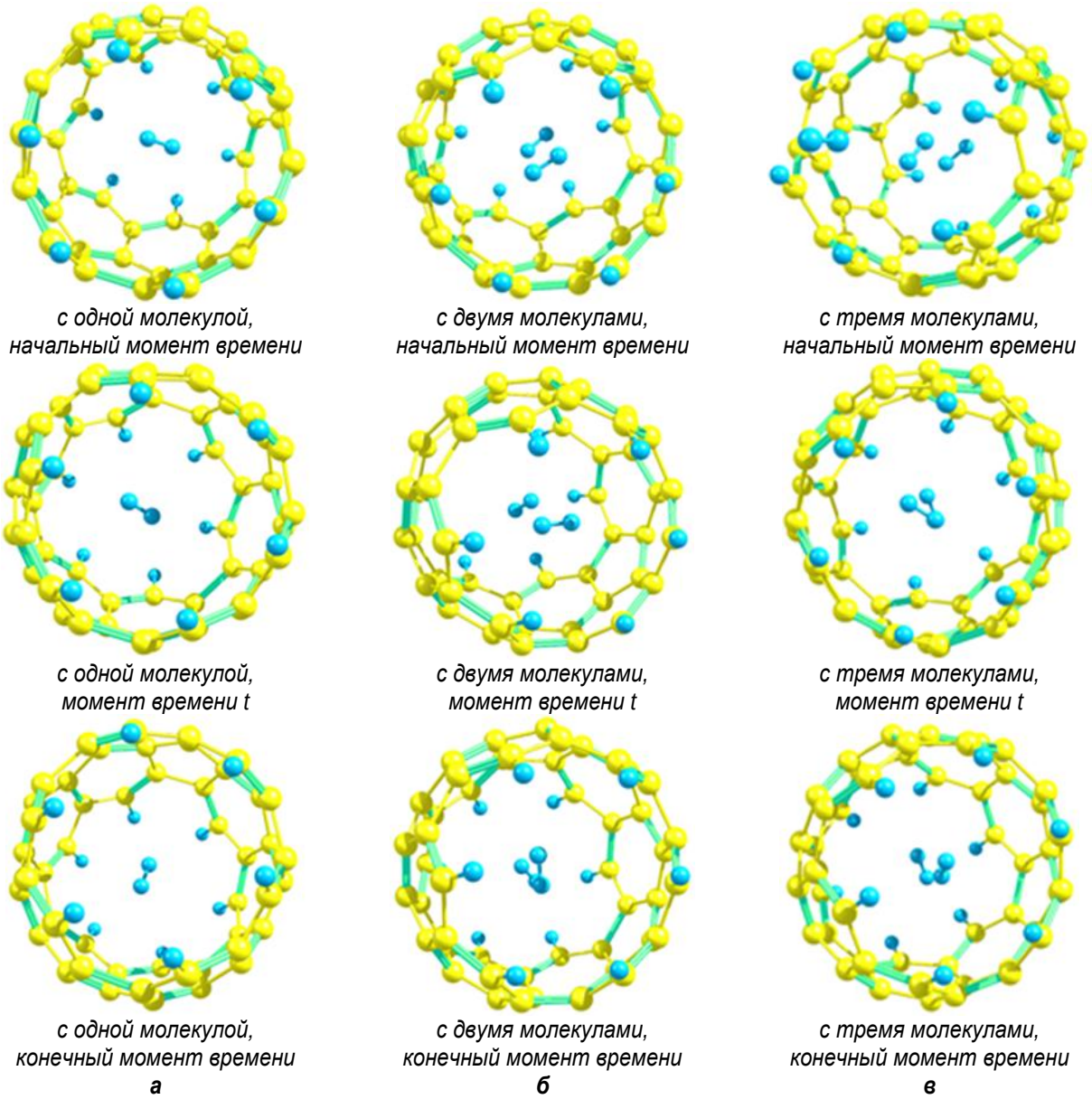


Рис. 6. Модель фуллерена с одним отверстием при T = 77K: а – с одной молекулой H_2; б – с двумя молекулами H_2; в – с тремя молекулами H_2

для хранения водорода. Однако фуллерен может также использоваться совместно с другими нанообъектами такими, например, как углеродные нанотрубки, с формированием нанопочек [13], что увеличивает емкость по водороду данного носителя. Фуллерен также способен образовывать соединения с графеном [14]. Подобные структуры являются объектами наших дальнейших исследований.

Список источников

1. Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В. Водородная энергетика: настоящее, прошлое и виды на будущее // Российский химический журнал. 2006. № 6. С. 5–17.
2. Макарян И.А., Седов И.В., Максимов А.Л. Хранение водорода с использованием жидких органических носителей // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. № 12. С. 1716–1733.
3. Alok Kumar, Muthukumar P., Pratibha Sharma, Anil Kumar E. Absorption based solid state hydrogen storage system: A review // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. № 52. http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2022.102204.
4. Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C., Curl R.F., Smalley R.E. C60: Buckminsterfullerene // Nature. 1985. № 318. P. 162–163.
5. Peter R. Buseck Geological fullerenes: review and analysis // Earth and Planetary Science Letters. 2002. № 203. P. 781–792.

6. Jan Cami, Jeronimo Bernard-Salas, Els Peeters, Sarah Elizabeth Malek. Detection of C60 and C70 in a Young Planetary Nebula // Science. 2010. № 329. P. 1180–1182.
7. Acquah S.F.A., Penkova A.V., Markelov D.A., Semisalova A.S., Branden E.L., Magi J.M. Review – The Beautiful Molecule: 30 Years of C60 and Its Derivatives // ECS Journal of Solid State Science and Technology. 2017. Vol. 6. № 6. https://doi.org/10.1149/2.0271706jss.
8. Bhakta Poulomi, Barthunia Bhavna. Fullerene and its applications // Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology. 2020. № 32. P. 159–163.
9. Rui Chang, Chengqian Yuan, Peng Zhou, Ruirui Xing, Xuehai Yan. Peptide Self-assembly: From Ordered to Disordered // Accounts of Chemical Research. 2024. № 57. P. 289–301.
10. Lee C., Yang W., Parr R.G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density // Physical Review B. 1988. Vol. 37. № 2. P. 785–789. https://doi.org/10.1103/Phys-RevB.37.785.
11. Grimme S. Accurate description of van der Waals complexes by density functional theory including empirical corrections // Journal of Computational Chemistry. 2004. № 25. P. 1463–1473. https://doi.org/10.1002/jcc.20078.
12. Jeziorski B., Moszynski R., Szalewicz K. Perturbation theory approach to intermolecular potential energy surfaces of van der waals complexes // Chemical Reviews. 1994. № 94. P. 1887–1930. https://doi.org/10.1021/cr00031a008.
13. Nasibulin A.G., Pikhitsa P.V., Hua Jiang, Brown D.P., Krasheninnikov A.V., Anisimov A.S., [et al]. A novel hybrid carbon material // Nature Nanotechnology. 2007. №2. P. 156–161.
14. Стельмах В.Г., Ядгаров И.Д. Стабильные углеродные структуры: фуллерен + Cn + графен, где Cn – линейный кластер // Письма о материалах. 2019. Т. 9. № 3. С.344–348. https://doi.org/10.22226/2410-3535-2019-3-344-348.

Информация об авторах / Information about the Authors

Шабалин Александр Александрович,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
aleksandr.shabalin123@gmail.com

Aleksandr A. Shabalin,
Student,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
aleksandr.shabalin123@gmail.com

Петрушенко Игорь Константинович,
к.х.н.,
заведующий лабораторией комплексной переработки отходов энерго-металлургического комплекса,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
igor.petrushenko@istu.edu

Igor K. Petrushenko,
Cand. Sci. (Chemisty),
Head of the Laboratory for Integrated Processing of Waste from the Energy and Metallurgical Complex,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
igor.petrushenko@istu.edu

УДК 504.054

Сравнительный анализ загрязнений атмосферного воздуха в городах Иркутской области в 2021–2023 гг.

© Н.Л. Дорофеева, А.П. Горбунова

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

Аннотация. В данной статье рассматриваются пути решения по снижению выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств, проведен сравнительный анализ загрязнения воздушной среды в городах Иркутской области. Использованы статистические данные мониторинга состояния атмосферного воздуха, проводимого Росприроднадзором, Всероссийским центром изучения общественного мнения, Агентством по охране окружающей среды за 2021–2023 годы. В ходе работы выявлены десять муниципальных образований Иркутской области, которые вносят наиболее значительный вклад в загрязнение атмосферы. Показано, что в самых крупных городах: Иркутск, Братск, Ангарск – основными источниками атмосферных выбросов наряду с автотранспортом являются теплоэлектроцентрали и нефтеперерабатывающие предприятия. Совокупные токсичные выбросы этих муниципалитетов составили почти 87 % от общего объема загрязнений в исследуемом временном периоде. Увеличение числа автомобилей увеличивает количество выбросов вредных веществ, появляется смог, растет заболеваемость населения. В данной статье Предложен ряд рекомендаций по планированию и проведению градостроительных работ и активному использованию технологических, санитарно-технических и административно-организационных мероприятий по снижению автомобильных и производственных выхлопных газов.

Ключевые слова: города Иркутской области, атмосферный воздух, загрязняющие вещества, мероприятия по снижению уровня выбросов автотранспорта

Comparative analysis of atmospheric air pollution in the cities of the Irkutsk region in 2021–2023

© Natalia L. Dorofeeva, Anastasia P. Gorbunova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article examines solutions to reduce emissions of pollutants from motor vehicles and provides a comparative analysis of air pollution in the cities of the Irkutsk region. The article uses statistical data from monitoring the state of atmospheric air conducted by Rosprirodnadzor, the All-Russian Public Opinion Research Center, and the Environmental Protection Agency for 2021–2023 for analysis. The article identifies ten municipalities in the Irkutsk region that make the most significant contribution to air pollution and shows that in the largest cities (Irkutsk, Bratsk, and Angarsk) the main sources of atmospheric emissions, along with motor vehicles, are thermal power plants and oil refineries. The combined toxic emissions of these municipalities accounted for almost 87 % of the total pollution in the time period under study. An increase in the number of cars increases the amount of harmful emissions, smog appears, and the incidence of the population is increasing. This article offers a number of recommendations for planning and carrying out urban planning works and the active use of technological, sanitary, technical and administrative organizational measures to reduce automobile and industrial exhaust gases.

Keywords: cities of the Irkutsk region, atmospheric air, pollutants, measures to reduce vehicle emissions

Загрязнение атмосферного воздуха от выхлопных газов автотранспорта и промышленного производства имеет серьезные последствия, т. к. влияет и на здоровье человека, и на климат регионов. С каждым годом степень загрязнения окружающей среды увеличивается. Более 90 % жителей планеты проживает в местах, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье и самочувствие. Ключевую роль здесь играет не только недостаточное количество или плохое качество воды, но и отсутствие нормального воздуха, соответствующего нормативам. Особенно проблематичными местами для проживания становятся мегаполисы и промышленные регионы, где выброс опасных химических веществ постоянно растет. В статье [1] предложены математические модели, описывающие динамику и пространственное распределение вредных выбросов от автотранспорта. В источнике [2]

рассматривается влияние роста числа большегрузных автомобилей при развитии горнодобывающей промышленности и соотношение загрязняющих веществ от автотранспорта и добыче полезных ископаемых в Индии (угольное месторождение Джария). В источниках [3, 4] рассматривают проблему выбросов загрязняющих веществ в атмосферу городским автотранспортом в городах Чэнду и Цзинань (Китай). Ту же обеспокоенность высокой концентрацией загрязняющих веществ в Индонезии, Польше, Турции высказывают в источниках [5–7]. Интересна работа A. Krajinska, рассмотревшего результаты независимых лабораторных тестов в отчетах Европейского союза, которые опровергают утверждения представителей автомобильной промышленности о том, что новейшие дизельные модели EURO 6D-TEMP являются экологически чистыми [8]. В источнике [9] предлагают повышать экологическую безопасность автомобильного транспорта за счет сокращения количества бензиновых и дизельных транспортных средств в России, в [10] обсуждается влияние метеорологических условий на распространение загрязняющих веществ в атмосфере. В следующих источниках приведены данные многолетних мониторингов увеличения количества загрязняющих воздух предприятий России с 2000 г. на 19 т % (несмотря на общее сокращение промышленных выбросов) и увеличения количества транспорта на дорогах и интенсивности автомобильного движения [11, 12].

Целью данной статьи будет являться анализ статистики, отражающей степень загрязнения атмосферы городов Иркутской области промышленными, автомобильными и производственными выбросами, а также будет выделено процентное соотношение загрязняющих веществ в атмосфере, выявлен ряд наиболее эффективных рекомендаций и компенсационных мероприятий по снижению негативного влияния автотранспорта и промышленности на жизнь человека.

Для проведения анализа загрязнения воздуха от автотранспорта в Иркутской области были использованы собранные статистические данные о показателях, количестве и объему загрязнения воздуха различными вредными веществами. Изучена статистика Всероссийского центра изучения общественного мнения и отчет Агентства по охране окружающей среды, основанного на данных, предоставленных компаниями за 2021–2023 гг. [11, 12].

По данным Росприроднадзора за 2022 г. список десяти самых «загрязненных» по количеству выбросов от выхлопных газов технологических процессов, автотранспорта и сжигания отходов муниципалитетов региона Иркутской области являются Усть-Кутский, Киренский, Шелеховский, Катангский районы и города Саянск, Усть-Илимск, Усолье-Сибирское, Иркутск, Братск и Ангарский городской округ. Суммарные (валовые) токсичные выбросы этих десяти муниципалитетов составили почти 87 % от общего объема загрязнений в регионе, а на три крупнейших города Иркутской области (Иркутск, Братск и Ангарск) приходится чуть менее половины всех выбросов негативных веществ в атмосферу[1] [13].

Также согласно отчету Агентства по охране окружающей среды общий объем выбросов вредных веществ в Приангарье за год составил около 705 тыс. т. Из них в Иркутске – более 132 тыс. т, в Братске – почти 100 тыс. т, а в Ангарском городском округе, включающем территорию города Ангарска и бывшего Ангарского района – около 945 тыс. т. На города Иркутск, Братск и Ангарск приходится более 46 % от общего объема загрязнений. Результаты соотношения количества загрязняющих веществ в городах Иркутской области на 2022 г. представлены на рис. 1 [14].

В наиболее значительном количестве воздух загрязнен такими веществами как бензпирены и сероводород. Также были отмечены случаи загрязнения свинцом, диоксидом серы, диоксидом азота, взвешенными веществами и оксидом углерода[2]. Определенные загрязняющие вещества оцениваются на основе органолептических признаков. Органолептическими признаками называются характеристики веществ и предметов, которые можно воспринять с помощью органов чувств.

[1] Автомобилизация России: мониторинг // Новости ВЦИОМ. Режим доступа: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/avtomobilizacija-rossii-monitoring?ysclid=m1zuogrnc7704698810 (дата обращения: 15.08.2024).
[2] На 10 муниципалитетов пришлось 87 % загрязнения воздуха в Иркутской области // Байкал 24. Режим доступа: https://baikal24.ru/text/06-04-2023/084/?ysclid=m1zvwlseeo555618623 (дата обращения: 15.08.2024).

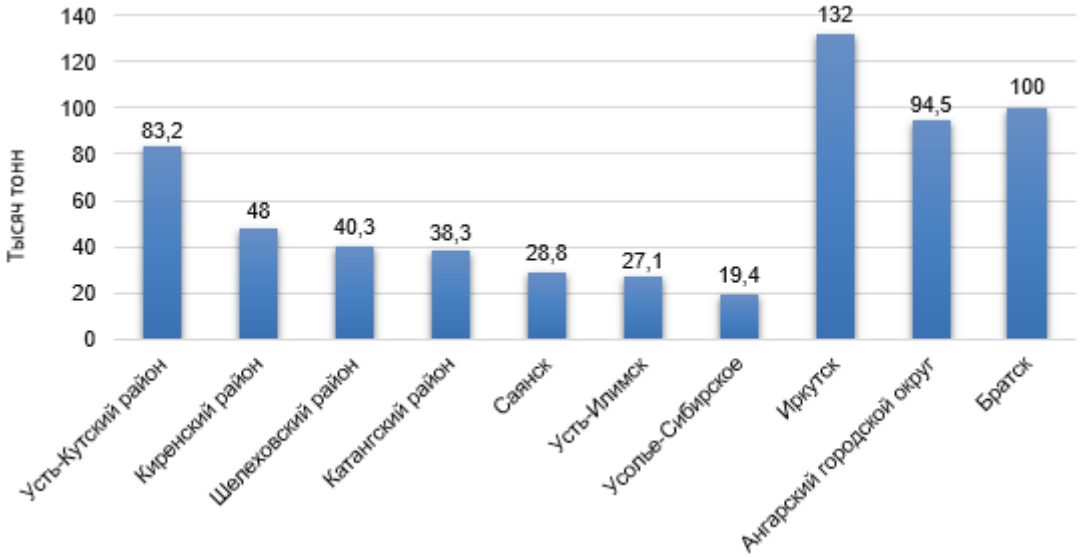


Рис. 1. Соотношение загрязнения воздуха в городах Иркутской области

Проанализируем процентное содержание загрязнений атмосферы по двум группам источников: выбросы от сжигания топлива и выбросы от технологических процессов.

В разных муниципалитетах загрязняющие вещества распределяются по этим двум категориям[3] [15–18].

1. В Иркутске, Саянске, Усть-Илимске, Усолье-Сибирском и Ангарске (Ангарский городской округ) выбросы от сжигания топлива составляют от 79 % до 98,3 % от общего объема выбросов в этих районах.

2. В Катанском, Киренском, Шелеховском, Усть-Кутском районах и Братске ситуация практически противоположная – доля выбросов от технологических процессов составляет от 65 % до 97,5 %.

3. В Хатангском и Киренском районах Иркутской области, несмотря на активное развитие нефтегазовой промышленности, выброс большого количества токсичных веществ компенсируется малым количеством населенных пунктов.

На рис. 2 представлен результат по расчетам процентного соотношения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на 2023 г. в городе Иркутске: 42 % – бензопирен, 41 % – сероводород, 6 % – взвешенные вещества, 5 % – диоксид серы, 3 % – оксид углерода, 1 % – органолептические признаки, 1 % – свинец, 1 % – диоксид азота [19–21].

Значительное загрязнение воздуха, сопутствующее росту числа автомобилей на дорогах, и увеличение интенсивности выброса вредных веществ, приводит к задержке больших масс воздуха в крупных городах и промышленных центрах и способствует образованию смога, что ведет к увеличению заболеваемости

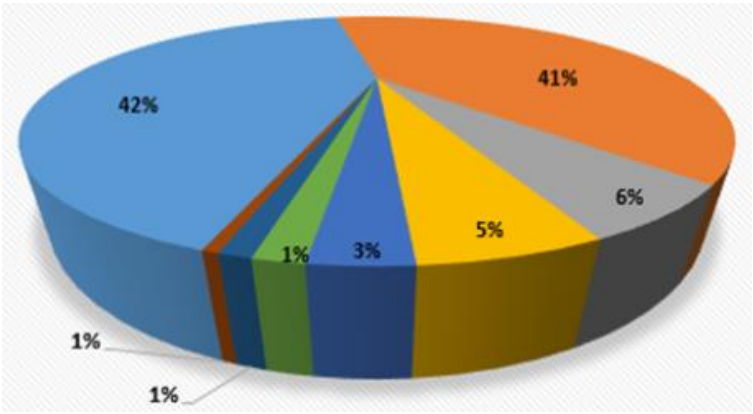


Рис. 2. Процентное соотношение загрязняющих веществ

[3] Загрязнения воздуха // TADVISER. Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Загрязнение_воздуха?ysclid=lpfc1xery1305364568 (дата обращения: 15.08.2024).

Мероприятия снижения негативного влияния автотранспорта на жизнь человека

Планировочно-градостроительные мероприятия	Озеленение около магистральных и свободных территорий
	Выделение скоростных дорог безостановочного движения и полос движения общественного транспорта
	Организация пересечения улиц на разных уровнях
	Организация подземных и надземных пешеходных переходов
	Размещение жилой застройки по принципу зонирования
Технологические мероприятия	Замена двигателя на более экономный и менее токсичный
	Замена топлива (улучшение качества, альтернативные виды топлива)
	Совершенствование рабочего процесса двигателя
	Расширение парка и использования муниципального электротранспорта (метро, трамвай, троллейбус)
Санитарно-технические мероприятия	Каталитический дожиг выхлопных газов
	Фильтрация твердых частиц
Административно-технические мероприятия	Ужесточение нормативов качества топлива
	Установление допустимых нормативов выбросов
	Создание объездных дорог для транзитного транспорта

дыхательной системы у населения. Наблюдаются два вида смога в содержании воздуха: густой туман с примесью дыма и отработанных газов и мгла с высокой концентрацией раздражающих газов и аэрозолей. Смог особенно опасен для детей и пожилых людей, потому что может привести к затруднению дыхания, одышки, воспалению слизистых. От автомобиля на дизельном топливе в воздухе оседает сажа, которая может привести к заболеваниям дыхательной системы и из-за содержания канцерогенных веществ, повышает вероятность заболевания раком. Люди, живущие рядом с автомобильными дорогами, имеют высокую вероятность заболевания органов дыхания и не только, ведь из-за большого скопления токсичных веществ, организм не успевает избавиться от них, поэтому происходит накапливание этих веществ. Дополнительные типы мероприятий, позволяющие снизить отрицательный эффект широкого использования автотранспорта, представленны в таблице.

Делая вывод, можно отметить, что необходимо предпринять эффективные меры для уменьшения отрицательного влияния автотранспорта на окружающую среду. Например, можно ввести более строгие нормы выбросов, поощрять использование автомобилей с альтернативными источниками энергии, улучшать и обновлять парк общественного транспорта и шире развивать велосипедную инфраструктуру – все эти меры могут снизить негативное воздействие использования автомобильного движения [21–23].

Список источников

1. Maslyiak Y., Pukas A., Voytyuk I., Shynkaryk M. Environmental monitoring system for control of air pollution by motor vehicles // IEEE Xplore: 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design **(**Lviv, 18–22 April, 2018). Lviv, 2018. P. 250–254. https://doi.org/10.1109/MEMSTECH.2018.8365744.

2. Dharmendra Kumar, Navin Singh Rajput. Air pollution in mining industries has very adverse effects on human health, flora, and fauna, and proper assessment is needed around the mining areas // International Journal Of Engineering Technology And Management Sciences. 2022. Vol. 6. № 5. P. 734–741.

3. Zhou Z., Tan Q., Liu H., Deng Y., Wu K., Lu C., Zhou X. Emission characteristics and high-resolution spatial and temporal distribution of pollutants from motor vehicles in Chengdu, China // Atmospheric Pollution Research. 2019. Vol. 10. № 3. P. 749–758.

5. Zhou C., Li S., Sun Y., Zhang G., Zhu L. Influence of motor vehicles on air quality in urban areas based on the cmaq model // Research of Environmental Sciences. 2019. Vol. 32. № 12. P. 2031–2039.

6. Timofeeva G., Demin P., Litvinchuk A. Environmental aspects of brake caliper operation in an aggressive environment // Transportation Research Procedia: 2021 international conference of arctic transport accessibility: Networks and Systems (St. Petersburg, 02–04 June's 2021 г.). St. Petersburg, 2021. P. 688–693.

7. Smieszek M., Mateychik V., Dobrzhanskaya M., Dobzhansky P., Weigang G. The impact of the pandemic on vehicle traffic and roadside environmental pollution: Rzeszów City As A Case Study Energies. 2021. Vol. 14. № 14. http://dx.doi.org/10.3390/en14144299.

8. Muhammad Sulaeman. Optimasi Penyetelan Celah Elektroda Busi Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Matic // Jurnal Permadi: Perancangan, Manufaktur, Material and Energi. 2023. Vol. 4. № 2. P. 91–100.

9. Krajinska A. Transport & environment // European Federation for Transport and Environment. 2020. P. 15–21.
10. Pinarer O. Analyzing the relationship between air pollution, tobacco use with lung diseases via data engineering approach // Turkish Thoracic Journal. 2021. Vol. 22. № 4. P. 289–296.
11. Тарасов В.В. Мониторинг атмосферного воздуха. М.: ИНФРА-М. 2008. 128 с.
12. Трубникова Е. Количество загрязняющих воздух предприятий увеличилось на 19 % // Финэкспертиза. 2023. Режим доступа: https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2023/kol-zagr-vozd-uvelich/?ysclid=lpgnyqv3v7677346499 (дата обращения: 21.08.2024).
13. Кузнецова С. Перечень веществ 2024 (перечень загрязняющих веществ) // Триада. 2023. Режим доступа: https://triadacompany.ru/wiki/veshestva-2023?ysclid=lpfccrh7y724678073 (дата обращения: 15.08.2024).
14.Зайцева Н.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов // Здоровье населения и среда обитания – ЗНИСО. 2021. № 1 (334). С. 4–15. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-l5.
15. Теплицкая М.А. Манюкова И.И. Иркутская область. Сохранение экосистемы региона // Усехи в химии и химической технологии. 2022. Т. 36. № 13 (262). С. 95–96.
16. Новикова С.А. Загрязнение атмосферы крупных городов Иркутской области выбросами автотранспортных средств. Иркутск: Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2015. Т. 11. С. 64–82.
17. Квашнин И.М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация. М.: АВОК-Пресс, 2005. 392 с.
18. Бычкова А.А. Меры по снижению экологического риска на транспорте в регионах // Вестник университета. 2021. № 8. С. 65–73. https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-8-65-73.
19. Овчинникова Е.Л., Никитин С.В., Колчин А.С., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Крига А.С. и [др.]. Методические подходы к обработке результатов лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха для целей проведения оценки риска здоровью // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 3. С. 36–43. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43.
20. Зайцев В.А., Клинова И.И., Розанова А.В. Вторичное загрязнение городской атмосферы автотранспортом при различных мощностях выбросов // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 5. С. 7–11. https://doi.org/10.52348/2712-8873_MMTT_2021_5_7.
21. Аргучинцева А.В., Аргучинцев В.К., Новикова С.А. Оценка загрязнения воздушной среды г. Иркутска автотранспортом // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2013. Т. 6. № 2. Р. 47–56.

Информация об авторах / Information about the Authors

Дорофеева Наталья Леонидовна,
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
dorofeeva@istu.edu

Natalia L. Dorofeeva,
Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Mechanics
and Strength of Materials Department,
Institute of Architecture, Construction and Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dorofeeva@istu.edu

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,
Institute of Architecture, construction and design,
Irkutsk national research technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
nastya.gorbunova1005@mail.ru

УДК 69.07

Антенно-мачтовые сооружения сотовой связи: типы опор и основные принципы проектирования металлоконструкций

© М.Ю. Новиков, К.Ю. Ананин, Н.Л. Тарануха

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. Необходимость в обеспечении населения мобильной связью и высокоскоростным беспроводным интернетом требует развития сети базовых станций сотовой связи. Для установки антенного оборудования возводятся антенно-мачтовые сооружения. В данной работе авторами проведен обзор типов опор, применяемых на текущий момент при строительстве базовых станций в черте города и в сельской местности. Указаны принципиальные конструктивные отличия башен, мачт, столбов, опор двойного назначения и антенных трубостоек, а также факторы, оказывающие влияние на выбор типа конструкции. Сформированы основные положения, которых следует придерживаться в ходе проектирования антенно-мачтовых сооружений для оптимизации конструктивных решений и повышения экономической эффективности строительства. Приведены общие указания по снижению ветровой нагрузки за счет изменения формы применяемых конструктивных элементов. Для сплошностенчатых опор дано указание по снижению перемещений под действием ветровой нагрузки на этапе проектирования. Рассмотрены различные варианты схем решеток, применяемых в башнях и мачтах и условия для их назначения. Обозначены достоинства и недостатки трехгранных и четырехгранных антенно-мачтовых сооружений. Дана рекомендация по ориентировочному значению отношения габаритных размеров решетчатых опор в плане относительно высоты.

Ключевые слова: антенно-мачтовое сооружение, опора, базовая станция, сотовая связь

Antenna-mast structures of cellular communication: types of supports and basic principles of design of metal structures

© Mikhail Yu. Novikov, Konstantin Yu. Ananin, Natalia L. Taranukha

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. The need to provide the population with mobile communications and high-speed wireless Internet requires the development of a network of cellular base stations. Antenna mast structures are being built to install antenna equipment. The article provides an overview of the types of supports currently used in the construction of base stations within the city and in rural areas. It indicates the fundamental design differences between towers, masts, poles, dual-purpose supports and antenna towers, as well as the factors influencing the choice of design type. The article formulates the basic principles that should be followed during the design of antenna-mast structures to optimize design solutions and increase the economic efficiency of construction and provides general guidelines for reducing wind loads by changing the shape of the structural elements used. For solid-wall supports, there is an indication to reduce displacement under the influence of wind load at the design stage. The article examines various options for lattice schemes used in towers and masts and the conditions for their use, identifies the advantages and disadvantages of triangular and tetrahedral antenna-mast structures, and provides recommendations on the approximate value of the ratio of the overall dimensions of lattice supports in plan relative to the height.

Keywords: antenna-mast structure, support, base station, cellular communication

Одной из составляющих современной жизни является беспроводная мобильная связь. Ее бесперебойное функционирование обеспечивается работой базовых станций сотовой связи с антенными устройствами, которые служат для приема, обработки и передачи радиосигнала. Базовые станции формируют и обслуживают прилегающие к ним условные территориальные ячейки, называемые сотами [1]. Размер соты зависит от числа обслуживаемых абонентов на данной области, существующей застройки, рельефа, требуемого стандарта связи и предельно допускаемой величины радиоволнового излучения.

В настоящее время наблюдается тенденция к все большему сгущению существующей сети на фоне возрастания спроса пользователей на мобильный трафик и перехода к высо-

коскоростным стандартам связи, что требует сокращения расстояний между базовыми станциями за счет увеличения их количества [2, 3]. При этом, в каждом из случаев для размещения антенного оборудования необходимо строительство антенно-мачтовых сооружений, запроектированных под требуемую нагрузочную способность с учетом условий строительства.

Антенно-мачтовые сооружения представляют собой вертикальные опоры для установки антенно-фидерных устройств [4]. К ним относятся решетчатые опоры (башни, мачты), сплошностенчатые опоры (металлические столбы с площадками обслуживания; опоры двойного назначения) и антенные трубостойки (рис. 1). Особенностями данных сооружений являются значительное превышение их высоты над габаритными размерами в плане и относительно малая масса устанавливаемого оборудования.

Стоит отметить, что при современных стандартах связи (4G и внедряемый стандарт 5G) зачастую нет необходимости в поднятии антенн на большую высоту. Опоры строятся высотой в пределах 40 м в населенных пунктах и в пределах 70 м в сельской местности, где расстояния между базовыми станциями значительно больше. Выбор типа сооружения происходит исходя из факторов полезной нагрузки, места расположения проектируемой конструкции, отведенной площади под строительство, состава и высоты подвеса антенного оборудования.

а ***б*** ***в*** ***г*** ***д***

Рис. 1. Типы антенно-мачтовых сооружений сотовой связи:
а – башня; б – мачта; в – столб с площадкой обслуживания; г – опора двойного назначения;
д – трубостойка, установленная на кровле здания

Так, в городах с плотной застройкой используются преимущественно сплошностенчатые антенно-мачтовые сооружения, что связано с малой площадью, необходимой для их размещения. Столбы с площадками обслуживания состоят из нескольких секций длиной, как правило, от 3-х до 12-ти метров, выполнены из труб и соединены при помощи фланцев. В зависимости от высотной отметки фланца относительно дневной поверхности земли изменяется количество болтов и их диаметр. Столбы имеют вверху площадку для установки антенного оборудования, вдоль тела опоры – лестницу с ограждением.

Наряду со столбами применяются опоры двойного назначения, схожие с ними в конструктивном плане, но не имеющие площадок и лестниц, предполагающие также возможность установки контактной сети/уличного освещения/видеокамер/дорожных знаков и т. д. [5].

Кроме того, при невозможности строительства отдельно стоящего антенно-мачтового сооружения базовые станции могут размещаться на существующих зданиях. В этом случае применяются конструкции антенных трубостоек. Трубостойка представляет собой металлическую трубу для установки антенного оборудования. Длина трубы составляет от трех до шести метров. Для обеспечения устойчивости к середине трубы примыкают раскосы.

Имеется два основных способа установки трубостоек. Их либо навешивают на фасады/парапеты зданий с креплением к несущей стене, используя шпильки/анкера, либо располагают на кровле на разгрузочной металлической раме с пригрузами.

До 2021 г. на зданиях также активно ставились кровельные башни и мачты высотой до 20 м, однако в настоящий момент данная практика практически не применяется.

Для сельской местности преимущественно проектируются классические пространственные стержневые решетчатые трех- и четырехгранные антенно-мачтовые сооружения: башни и мачты. Эти типы опор отличаются друг от друга наличием оттяжек.

Башня – свободностоящая опора консольного типа, состоящая из секций, соединенных на фланцах или на накладках. По форме обычно призматическая в верхней части и пирамидальная в нижней части для восприятия изгибающего момента.

Мачта не теряет устойчивость за счет оттяжек – тросов, расходящихся в четырех или трех направлениях в плане. Как и башня, состоит из секций (опорной, рядовых, секций оттяжек) преимущественно постоянного сечения по высоте.

Независимо от типа общими принципами при проектировании металлоконструкций антенно-мачтовых сооружений выступают:

– минимизация метеорологических, гравитационных и температурных воздействий на конструкции;

– минимизация деформаций и отклонений под воздействием нагрузок – создание прочной и устойчивой конструкции;

– эффективность конструкции с точки зрения материалоемкости [6].

Соблюдение приведенных положений достигается за счет выбора наиболее рациональных для каждого конкретного случая конструктивных решений, которые определяются типом и размером сечений элементов, принятым видом раскосной решетки (у башен и мачт), габаритными размерами сооружения и формой в плане.

Еще в первой половине XX в. было установлено, что решающее значение для прочности и устойчивости антенно-мачтового сооружения имеет ветровая нагрузка. В то же время влияние собственного веса на размеры сечений в элементах башен и мачт невелико (напряжение от нагрузки веса металлоконструкций может составлять до 20–30 % в сооружениях большой высоты). Наряду с этим «взаимодействие конструкции с ветровым потоком во многом определяет не только величину действующих на нее усилий, но и характер поведения конструкции» [7]. Соответственно, снижение ветровой нагрузки при проектировании антенно-мачтовых сооружений является наиболее важной задачей для уменьшения металлоемкости и стоимости строительства.

Стоит отметить, что ветровая нагрузка на элементы цилиндрической формы (трубы) диаметром от 150 мм примерно в три раза ниже, чем на аналогичные по размерам элементы фасонного проката (швеллера, уголки) [8]. Кроме того, несмотря на парадоксальность

утверждения, ветровое давление на цилиндр большего диаметра может быть существенно ниже, чем на трубу с меньшим размером поперечного сечения [9].

При проектировании столбов и опор двойного назначения подбор сечений секций является определяющим фактором. Зачастую возникает проблема, что перемещения конструкции под действием ветровых нагрузок превышают предельно допустимые (1/100 высоты сооружения). В этом случае, как показывает практика, наиболее эффективным способом для уменьшения отклонений от вертикали является изменение типоразмера нижней секции опоры в сторону увеличения толщины стенки трубы. Замена верхних секций приносит меньший результат.

При проектировании мачт помимо сечений большое влияние на прочность и устойчивость оказывает выбор конфигурации соединительной решетки. Выделяют пять схем: раскосная, треугольная, крестовая, ромбическая, полураскосная (рис. 2).

Раскосная и треугольная решетки (рис. 2, *а, б*) характеризуются малым количеством элементов, простотой изготовления, но они применимы только при малых габаритных размерах тела сооружения ввиду ограничений по гибкости из-за большой свободной длины пояса в пределах панели. Использование треугольной решетки целесообразно в верхней части сооружений.

Крестовой тип (рис. 2, *в, д*) имеет большее количество узлов и большую несущую способность. Наличие распорок служит для развязки свободной длины пояса.

Ромбической решетке (рис. 2, *г, е*) свойственно отсутствие основных распорок, раскосы работают как сжато-растянутые, а объем раскосов значительно меньше, чем в крестовой.

Полураскосная решетка применяется в случаях установки тяжелого оборудования и необходимости повышенной жесткости сооружения. Имеет больший вес относительно крестовой [10].

Выбор того или иного типа решетки производится, исходя из геометрической формы поясов, габаритных размеров сооружения и конкретных условий эксплуатации [11]. Крестовый, ромбический и полураскосный тип применяется при большой ширине грани. Строительство башен высотой до 200 м ведут в основном с использованием именно этих схем. При этом площадь сечения в раскосах ромбической решетки подбирается на усилие в два раза меньше, чем в раскосах крестовой, поэтому за счет применения ромбической схемы можно снизить расход металла, приходящегося на решетку [12].

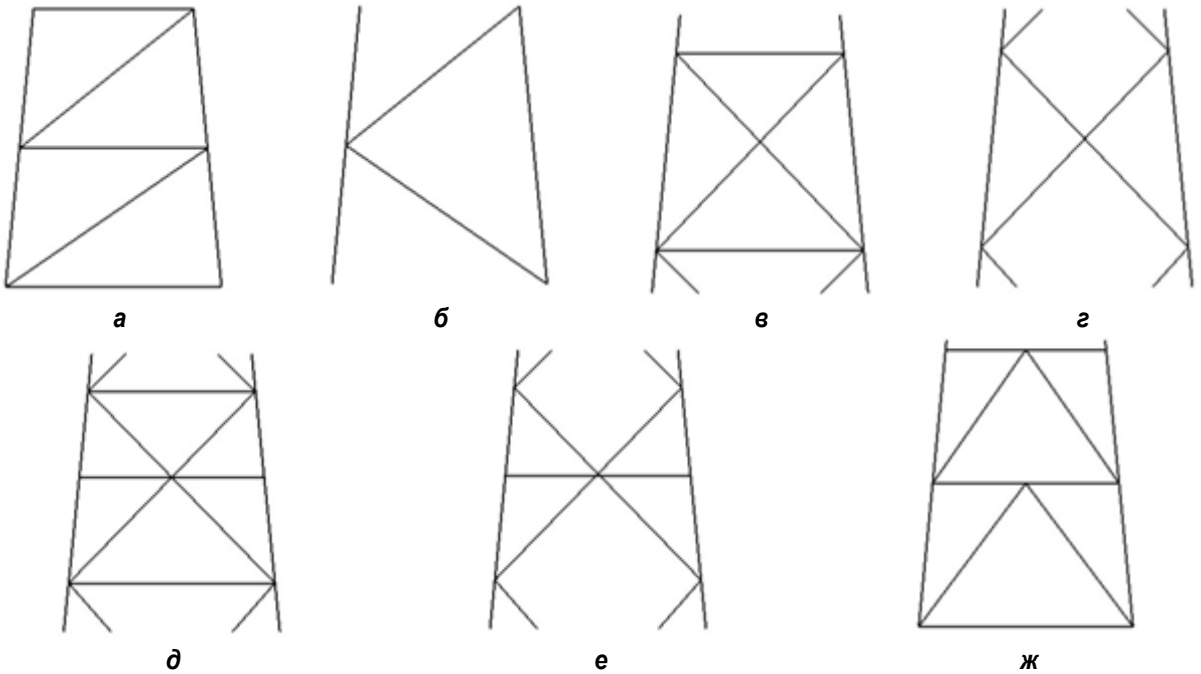


Рис. 2. Типы решеток: а – раскосная; б – треугольная; в, д – крестовая; г, е – ромбическая; ж – полураскосная

Отдельного внимания заслуживает выбор числа граней опоры. Отмечается, что меньшее число граней дает значительное преимущество в металлоемкости. Например, масса трехгранного сооружения на 10 % меньше четырехгранной конструкции такой же высоты, что объясняется резким снижением количества элементов и, в частности, отсутствием в необходимости наличия диафрагм. В то же время трехгранное сооружение значительно более податливо при кручении [10].

При выборе габаритных размеров сооружения в плане, как правило, руководствуются следующими положениями: размеры поперечного сечения ствола мачты устанавливают в диапазоне от 0,008 до 0,015 значения ее высоты; основание башни принимается равным 0,05–0,12 высоты сооружения.

Подводя итог, можно сказать, что в настоящий момент имеется большая потребность в возведении антенно-мачтовых сооружений в связи с необходимостью развития беспроводных коммуникаций. Выбор типа опоры осуществляется исходя из условий строительства и планируемого к установке антенного оборудования. Между тем, для достижения оптимальных конструктивных решений и повышения эффективности строительства инженерам необходимо в ходе своей деятельности придерживаться ключевых принципов проектирования в части назначения сечений металлоконструкций, выбора типа соединительной раскосной решетки башен и мачт, а также габаритных размеров сооружения в плане.

Список источников

1. Файт А.В. Особенности поиска и оформления площадок для размещения антенно-мачтовых сооружений связи // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. № 8. С. 14–19.
2. Голиков А.В., Терновой В.А., Габова В.В. Метод усиления решетчатых башен // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. №1 (86). С. 18–32.
3. Вайсенбургер Д.А., Барабаш А.А. Эффективный метод монтажа антенной опоры высотой до 100 м // Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. (г. Омск, 10–11 февраля 2022 г.). Омск, 2022. С. 268–275.
4. Новиков М.Ю., Канаков И.Д., Калаев В.П., Манохин П.Е. Антенно-мачтовые сооружения сотовой связи: классификация, тенденции в строительстве, проблемы проектирования // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2023. Т. 9. № 1. С. 75–81. Режим доступа: http://vestnik-nauki.ru/2023-%D1%82-9-%E2%84%961-2023-v-9-no1-3/ (дата обращения: 10.09.2024).
5. Микулич Р.И., Вишняков Е.П. Опоры связи двойного назначения // Цифровая экономика: региональный аспект: сб. статей Всерос. Науч.-практ. конф. (г. Чита, 30 октября–01 ноября 2019 г.). Чита, 2019. С. 10–14.
6. Голиков А.В., Михальчонок Е.А. Определение рациональной конструктивной формы башен сотовой связи // Электронный Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 2. С. 163–173. https://doi.org/10.22363/2312-8143-2019-20-2-163-173.
7. Перельмутер А.В. Становление и развитие ключевых идей проектирования высотных конструкций антенных сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 1. С. 10–20.
8. Перельмутер А.В. Очерки по истории металлических конструкций. М.: Издательство СКАД Софт, Издательский дом АСВ, 2015. 256 с.
9. Савицкий Г.А. Основы расчета радиомачт. Статика и динамика. М.: Связьиздат, 1953. 276 с.
10. Павловский В.Ф., Кондра М.П. Стальные башни (проектирование и монтаж). Киев: Будівельник, 1979. 200 с.
11. Горев В.В. Металлические конструкции. Специальные конструкции и сооружения: в 3 т. Т. 3. М.: Высшая школа, 2002. 544 с.
12. Голиков А.В., Михальчонок Е.А., Мельникова Ю.А. Анализ влияния типа решетки на распределение усилий в элементах башни // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4. С. 78–86. Режим доступа: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/issue/139?page=3 (дата обращения: 10.09.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

Новиков Михаил Юрьевич,
аспирант,
Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7,
Российская Федерация
mi.novikov1998@yandex.ru

Mikhail Yu. Novikov,
Graduate Student,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
7 Studencheskaya St., Izhevsk 426069,
Russian Federation
mi.novikov1998@yandex.ru

Ананин Константин Юрьевич,
аспирант,
Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7,
Российская Федерация
bigpro18@bk.ru

Тарануха Наталья Леонидовна,
д.э.н.,
профессор кафедры промышленного
и гражданского строительства,
Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7,
Российская Федерация
fpidpo@mail.ru

Konstantin Yu. Ananin,
Graduate Student,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
7 Studencheskaya St., Izhevsk 426069,
Russian Federation
bigpro18@bk.ru

Natalia L. Taranukha,
Dr. Sci. (Economics),
Professor of the Department
of Industrial and Civil Engineering,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University,
7 Studencheskaya St., Izhevsk 426069,
Russian Federation
fpidpo@mail.ru

УДК 7.012

Применение комбинированных технологий BIM+GIS для решения строительных и градостроительных задач

© М.Д. Толмачев, Е.В. Зеньков, В.П. Ященко

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

Аннотация. Как показывает мировая практика обеспечения городской инфраструктуры применение комбинированных BIM+GIS технологий начинает играть большую роль в построении интеллектуальных систем, включающих сети электричества, канализации, коммуникаций и др. В данной работе рассмотрены возможности применения комбинированных технологий BIM+GIS для решения строительных задач с учетом градостроительной ситуации в общих цифровых моделях. Проанализированы мировые тенденции в применении комбинированных BIM/GIS технологий, возможности отечественных решений, а также выявлены проблемы внедрения. Приведены возможности зарубежного программного комплекса ArcGIS GeoBIM и российской системы IndorCAD. Отмечаются проблемы интеграции инженерных и GIS-решений, перечисляются возможности и преимущества комбинированных технологий BIM+GIS. Так применение комбинированных технологий BIM+GIS позволяет создавать цифровые двойники городской инфраструктуры, которые обеспечивают актуальную информацию о состоянии объектов и инфраструктурных сетей, что заметно упрощает процессы управления и обслуживания городской инфраструктурой. Кроме того, обозначено, что переход в цифровое пространство – это неизбежный процесс и без актуализации и унификации стандартов и цифровых баз данных уже невозможно соответствовать задачам социально-экономического развития страны. Материалы, представленные в статье, служат важной исходной информацией для разработки более эффективных стратегий в строительной и градостроительной сфере.

Ключевые слова: BIM-технологии, GIS-технологии, строительство, система IndorCAD

Application of combined BIM+GIS technologies to solve construction and urban planning problems

© Maksim D. Tolmachev, Evgeniy V. Zenkov, Vladimir P. Yashenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. As global practice of providing urban infrastructure shows, the use of combined BIM+GIS technologies is beginning to play a major role in the construction of intelligent systems, including electricity networks, sewerage, communications, etc. The article considers the possibilities of using combined BIM+GIS technologies to solve construction problems taking into account the urban development situation in general digital models. The article analyzes global trends in the application of combined BIM/GIS technologies, the capabilities of domestic solutions, and identifies implementation problems. The article presents the capabilities of the foreign software package ArcGIS GeoBIM and the Russian system IndorCAD. The article highlights the problems of integrating engineering and GIS solutions and lists the capabilities and advantages of combined BIM+GIS technologies. Thus, the use of combined BIM+GIS technologies allows you to create digital twins of urban infrastructure, which provide up-to-date information on the state of objects and infrastructure networks, which significantly simplifies the processes of managing and maintaining urban infrastructure. The article also indicates that the transition to digital space is an inevitable process and without updating and unifying standards and digital databases it is no longer possible to meet the objectives of the country's socio-economic development. The materials presented in the article serve as important background information for developing more effective strategies in the construction and urban development sphere.

Keywords*:* BIM technologies, GIS technologies, construction, IndorCAD system

GIS/ГИС – это компьютерная геоинформационная система, предназначенная для сбора, анализа, отображения и управления географической информации и данных GIS. Эта система способна объединять в себе данные из различных карт, аэрофотоснимков, демографической и экономической информации с целью формирования комплексной картины о местности и объектах [1–3].

Основные компоненты GIS включают [2, 3]:

1. Пространственные данные: информация о местоположении объектов на Земле, выраженная в виде координат или пространственных атрибутов. Эти данные могут вклю-

чать в себя геометрические формы (точки, линии, полигоны) и атрибутивные данные (например, названия объектов, классификации земельного использования).

2. Средства анализа: предоставляют инструменты для проведения различных анализов пространственных данных, таких как определение оптимальных маршрутов, поиск географических паттернов, моделирование изменений в ландшафте и др.

3. Средства визуализации: GIS позволяют отображать пространственные данные на картах или в трехмерном виде. Это позволяет пользователям визуализировать и понять информацию о местности и объектах на ней.

4. GIS используют базы данных для хранения и управления пространственными и атрибутивными данными. Это позволяет эффективно организовывать и обрабатывать большие объемы информации.

GIS применяется в различных областях, включая географию, геологию, экологию, градостроительство, сельское хозяйство, транспорт, здравоохранение и др. Они играют важную роль в принятии решений, планировании и управлении ресурсами благодаря своей способности анализировать и визуализировать пространственные данные.

Информационное моделирование зданий (BIM) – один из основных технологических трендов, который привел к тотальной трансформации строительной индустрии в мире [1, 4–6]. BIM направлен на улучшение процесса создания и обработки результатов на различных этапах жизненного цикла объекта капитального строительства (ОКС) [6]. Еще несколько лет назад BIM-подход применялся в основном на этапе проектирования отдельных зданий и сооружений, однако на сегодня BIM-подход приобрел более широкое применение и включает проработку различной инфраструктуры, в частности, дороги, мосты, тоннели и многое другое.

Комбинированный подход BIM+GIS объединяет в себе различные направления: объектное 3D-моделирование, данные, полученные об объектах на основе лазерного сканирования, среда визуализации [7–10]. Указанный подход начинает распространяться на различные фазы жизненного цикла ОКС, что расширяет области применения комбинированного BIM+GIS (рис. 1). Подразделение мировой строительной компании Balfour Beatty, Parsons-Brinckerhoff, выделяется своим лидерством в применении 3D-моделирования для проверки качества проектирования, выявления коллизий, параметрического моделирования и визуализации на этапах дизайна, а также в моделировании 4D (время + 3D) и 5D (стоимость + время + 3D) для контроля за расписанием выполнения работ на этапе строительства [7].

После множества реализованных проектов стало понятно одно из главных преимуществ комбинированного BIM+GIS подхода – улучшение взаимодействия между стороной, которая принимает решения и стороной, которая не обладает достаточной технической подготовкой. В частности, компания Parsons-Brinckerhoff использует на своих проектах строительства скоростных автодорог игровые технологии прежде чем начать фактический процесс строительства объекта, переходя в виртуальную среду и позволив заинтересованным лицам прокатиться по еще не построенной дороге, тем самым получив ценную информацию об временной инфраструктуре, которая должна быть возведена для удобства использования маршрута, который будет закрыт во время строительства новой дороги.

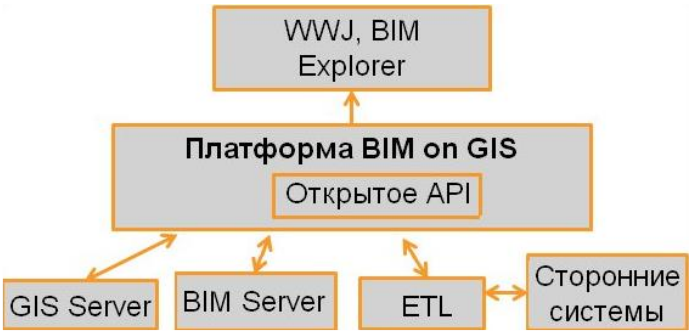


Рис. 1. Реализация подхода BIM+GIS

Использование BIM+GIS в моделировании городской среды объединяет данные о зданиях, инфраструктуре и окружающей среде, что формирует комплексные модели городских пространств. Этот подход упрощает планирование и зонирование, оптимизирует проектирование и строительство, управляет инфраструктурой и способствует устойчивому развитию города [7]. Практические результаты таких инициатив включают создание каркаса для развертывания новых проектов, где заявленные преимущества указанной технологии превращаются в конкретные выгоды для городских служб, включая и финансовые. Точное определение местоположения подземных коммуникаций, сетей и сооружений является проблемой мирового масштаба. В США, например, каждую минуту кто-то случайно повреждает подземные коммуникации. Как на уровне муниципалитетов, так и на уровне министерств и ведомств признают, что стоимость неточной информации о расположении подземной инфраструктуры стала непомерно высокой.

Зарубежные программные комплексы с BIM+GIS, которые позволяют совмещать BIM и GIS технологии в проекте:

– Esri ArcGIS GeoBIM – это комбинация, которая позволяет взаимодействовать между геоинформационными данными в ArcGIS и трехмерными моделями в Autodesk Revit;

– Autodesk InfraWorks: этот инструмент предназначен для моделирования городской инфраструктуры и поддерживает импорт данных из BIM-моделей, что облегчает интеграцию с геоинформационными системами;

– Bentley Map и Bentley OpenCities Planner – эти инструменты от Bentley Systems также поддерживают интеграцию BIM и GIS для моделирования и планирования городской среды;

– QGIS с плагинами для BIM: QGIS, бесплатная и открытая геоинформационная система, может интегрироваться с плагинами для поддержки форматов BIM и импорта данных из BIM-моделей;

– Trimble Quantm и Trimble Quadri – эти решения от Trimble также предоставляют интеграцию BIM и GIS для планирования и управления городской инфраструктурой.

ArcGIS GeoBIM [8] позволяет интегрировать и визуализировать GIS-данные с инженерными документами (рис. 2) для поддержки принятия координированных решений между командами проекта. На рис. 3 представлен пример использования ArcGIS GeoBIM.

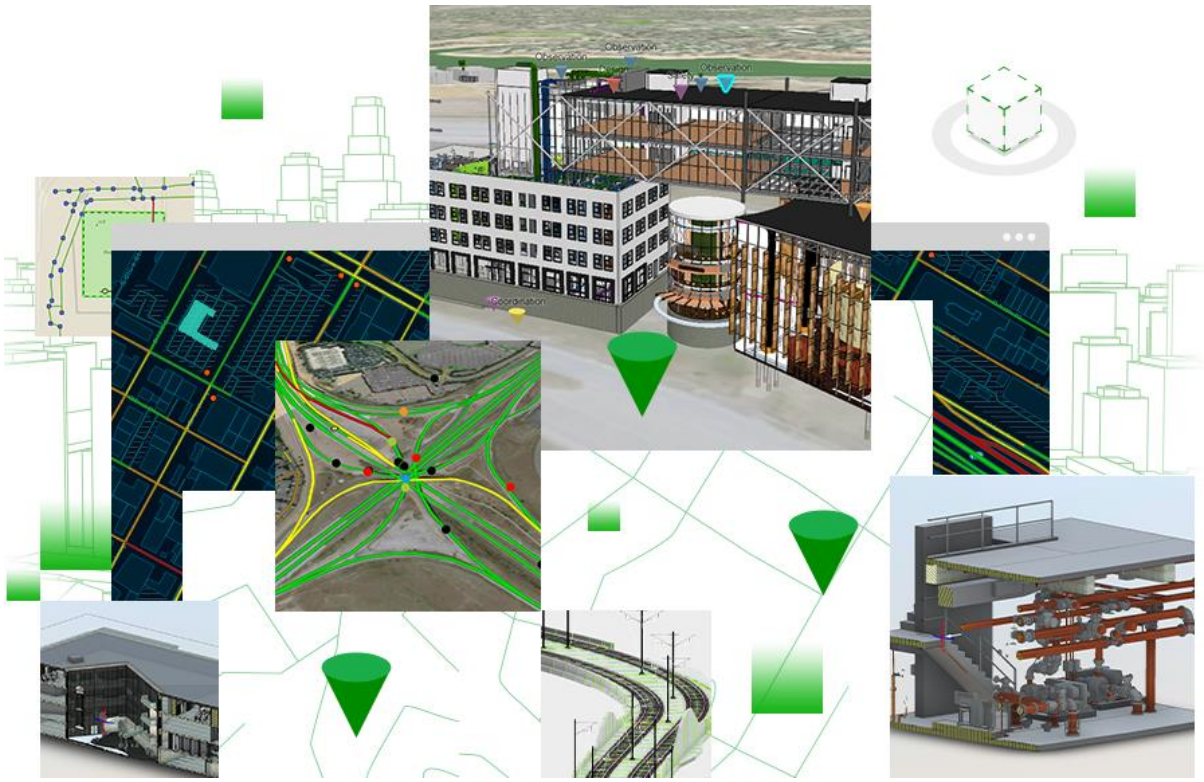


Рис. 2. ArcGIS GeoBIM от компании ESRI

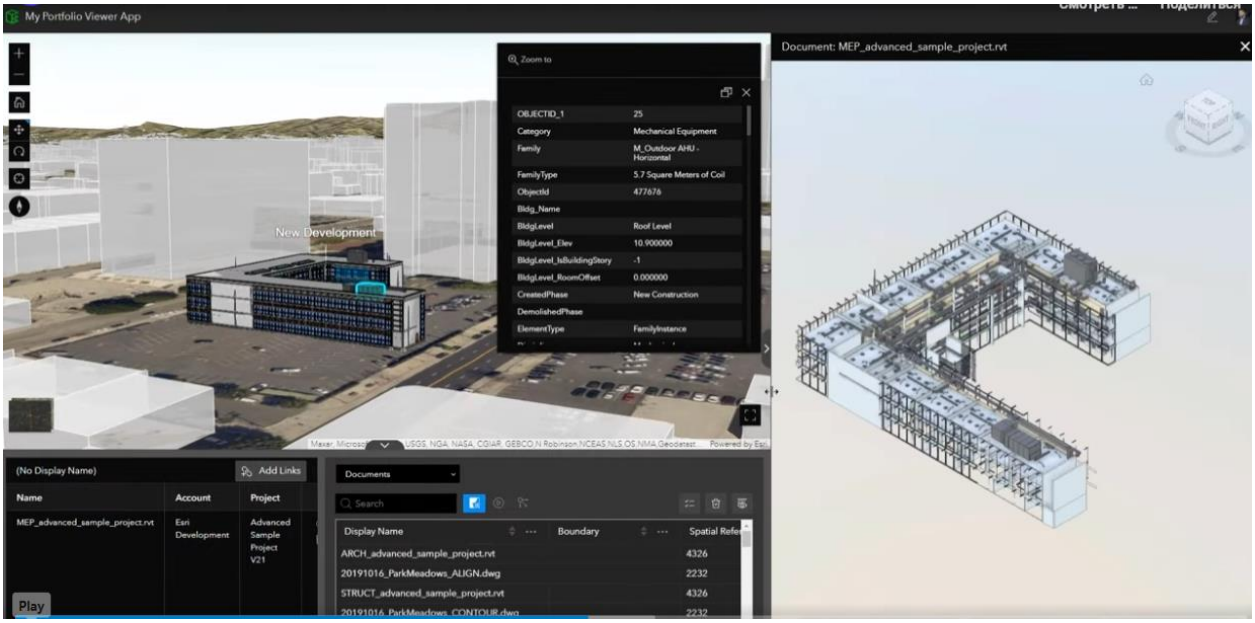


Рис. 3. Пример использования ArcGIS GeoBIM

В ArcGIS GeoBIM [9] можно делать следующее:

– управлять данными, выполняя автоматическую пространственную привязку документов, проблем и проектов BIM к размещенным векторным слоям;

– связывать данные Autodesk BIM 360 или Autodesk Construction Cloud с объектами на веб-картах ArcGIS и в веб-сценах, может находить детальную информацию по BIM и инженерии после ее помещения в географический контекст;

– создавать приложения, используя настраиваемые шаблоны, которые используются для запросов, визуализации, поиска местоположений инженерных документов, проблем и проектов, а также для просмотра полных актуальных инженерных деталей по одному или нескольким проектам;

– осуществлять совместную работу при координации дизайна, планировании сроков и управлении проблемам;

– визуализировать географические объекты наряду с объектами BIM, чтобы показать связанный контекст проектов;

– управлять проблемами с помощью информационных панелей, чтобы визуализировать риски, безопасность и производительность при возникновении проблем в одном или нескольких проектах BIM;

– интегровать ArcGIS GeoBIM с полевыми операциями ArcGIS Field Maps.

Далее рассмотрим российское внедрение BIM+GIS технологий. В Градостроительном Кодексе РФ появилось понятие «информационная модель». Данное понятие относится к ОКС и линейным объектам, но не к градостроительным проектам. Таким образом, концепция BIM охватила весь жизненный цикл ОКС: от этапа проектирования до процесса эксплуатации. В то же самое время этап проектирования объекта в процедуре BIM не интегрируется с градостроительным проектом. Однако характеристики объекта определяются с учетом градостроительных требований.

Основная цель подхода BIM – следить за всем циклом жизни объекта, после завершения проекта ОКС он становится частью городского хозяйства, участвует в градостроительной жизни и корректирует градостроительные показатели. Для «бесшовности» включения ОКС в тело российских городов важно, чтобы проект планировки с включением нового объекта оценивал все показатели в автоматическом режиме и позволял осуществлять идентификацию «конфликтных» показателей. Например, новый жилой дом может привести к недостаточному озеленению или недостаточной инфраструктуре здравоохранения и образования. Хотя внедрение автоматизированных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) является позитивным шагом в цифровизации, они, по сути, представляют собой просто

большую базу данных, основу для технического задания на градостроительный проект.

Программное обеспечение для оценки объемных градостроительных решений использует GIS-технологии (InfraWorks, ArcGIS, QGIS и др.). ArcGIS позволяет проводить комплексные исследования транспортных потоков в виде тематических слоев единой базы геоданных и цифровой карты города. Есть и отдельная группа продуктов на основе GIS, которые обеспечивают поддержку планировочных решений. Указанные решения ориентированы на зарубежные градостроительные практики. Стоит отметить, что GIS не проектная, а информационная программа. В ней не заложены алгоритмы трансформации градостроительных составляющих, которые бы были действенным инструментом в проектировании, поэтому только комбинированный подход BIM+GIS позволяют решать одновременно строительные и градостроительные задачи.

Аналогично объемному проектированию, в градостроительстве важно соблюдать все нормативные требования. Программа должна контролировать пространственные аспекты организации территории и расположение объектов:

– обеспечение баланса и доступности объектов различного назначения, таких как жилье, бытовые и социальные учреждения, культурные объекты и т. д.;

– соблюдение требований по инсоляции;

– учет противопожарных и экологических ограничений;

– соблюдение требований по озеленению;

– обеспечение транспортных и пешеходных связей;

– выполнение вертикальной планировки и других необходимых аспектов.

Программа должна быть готова оценить технико-экономическое состояние территории, включая плотность застройки, этажность, уровень озелененности, наличие социальной инфраструктуры, основные экономические показатели и т. д.

В ходе анализа внедрения выявились следующие позиции:

– распространение цифровых технологий в строительстве и архитектуре дало толчок к внедрению и развитию BIM-технологий, этот процесс является позитивным опытом отечественной отрасли;

– BIM-технологии ограничены объектами применения: в системе участвуют только объекты капитального строительства и линейные объекты;

– градостроительные процессы не включены в систему BIM-технологий;

– провозглашенная система CIM не получила своего реального развития;

– особенности проектирования в России требуют создания отечественного программного продукта, ориентированного на специфику российского проектного процесса;

– для полной оптимизации, комплексности и бесшовности система BIM должна работать в комплексе с GIS.

Одной из отечественных программ, идущих по пути к внедрению комбинированного подхода BIM и GIS, является система IndorCAD BIM [10]. Указанная система является ключевым продуктом компании «ИндорСофт» для сопровождения этапа проектирования объекта инфраструктуры в рамках его жизненного цикла. Возможности системы реализуют концепцию информационного моделирования (BIM), позволяющую в процессе проектирования создавать не только совокупность чертежей и описаний будущего объекта строительства, а его информационную модель, которая выступает в качестве общего ресурса знаний и получения информации об объекте, обеспечивая принятие оптимальных решений. Система IndorCAD BIM предоставляет расширенный набор инструментов для подготовки информационных моделей проектируемых объектов. Использование системы открывает дополнительные возможности для обмена данными между различными программными продуктами через открытые и распространенные форматы (IFC, DWG и др.). Функции системы позволяют «в один клик» сформировать для заказчика сводную информационную модель объекта строительства для решения разных задач в специализированном программном обеспечении. Кроме этого, имеются расширенные настройки для адаптации информационной модели под требования конкретной экспертизы (рис. 4).

Рис. 4. Пример работы IndorCAD BIM

Однако данный продукт в основном реализуется при создании информационных моделей транспортного назначения, а не объектов жилого строительства и городской среды в целом.

В заключении отмечается, что есть три проблемы для интеграции инженерных и GIS решений:

– семантика – различными терминами обозначаются одни и те же вещи в GIS–анализе и используемые инженерами с дизайнерами;

– различные топологии – GIS использует точки, линии и полигоны; CAD/BIM использует сплайны, параметрические кривые, и т. п.;

– форматы данных и стандарты – GIS использует шейп-файлы, GML и CityCML; CAD/BIM используют DWG, DGN, RVT файлы и IFC.

Таким образом, преодоление всех проблем, препятствующих плавному объединению BIM и GIS технологий, открывает ряд значительных возможностей и преимуществ:

1. Интеграция пространственных данных: совмещение данных GIS и BIM позволяет создавать комплексные модели, объединяющие информацию о зданиях, инфраструктуре и окружающей среде. Это помогает лучше понять взаимосвязь между различными элементами городской среды и управлять ими более эффективно.

2. Оптимизация проектирования и строительства: интеграция данных BIM и GIS позволяет более точно моделировать проекты городской застройки, учитывая топографические особенности местности, геологические условия, существующую инфраструктуру и другие факторы. Это помогает предотвращать конфликты и несоответствия на ранних стадиях проектирования, что в конечном итоге снижает риски и затраты на строительство.

3. Управление городской инфраструктурой: позволяет создавать цифровые двойники городской инфраструктуры, которые обеспечивают актуальную информацию о состоянии объектов и инфраструктурных сетей. Это упрощает процессы управления и обслуживания городской инфраструктуры, а также позволяет принимать более обоснованные решения по ее развитию и модернизации.

Таким образом, переход в цифровое пространство неизбежно. Без актуализации и унификации стандартов и цифровых баз данных уже невозможно соответствовать задачам социально-экономического развития страны. Совместное применение BIM и GIS поможет создать более интегрированные и управляемые городские пространства, грамотно встроенные объекты строительства, способствуя устойчивому развитию и повышению качества жизни горожан.

Список источников

1. Меньшикова Е.П., Лола У.А. Какая цифровая платформа нужна для градостроительного проектирования в России? // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2021. № 1. С. 370–373.

2. Черетович Д.В., Долганова О.И., Ковалева О.Н. Современные тенденции использования геоинформационных систем в архитектуре и городском планировании // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., (г. Санкт-Петербург, 15–17 апреля 2020г.). Санкт-Петербург, 2020. С. 166–173 с.

3. Быстрова Ю.А., Куприяновский В.П., Тищенко П.А., Синягов С.А., Раевский М.А., Липатов С.И. [и др.]. Компонентный BIM/GIS–подход к информационному моделированию сооружений // ESRI CIS ArcReview. Режим доступа: https://arcreview.esri-cis.ru/2015/05/07/component-approach-for-bimgis/ (дата обращения: 18.11.2024).

4. Зеньков Е.В., Чжан Лю., Чэнь П., Чжан Л. Особенности реализации технологий информационного моделирования при разработке социальных объектов Китая // Молодежный вестник ИрГТУ. 2024. Т. 14. № 1. С. 59–64. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2024/01 (дата обращения: 18.11.2024).

5. Зеньков Е.В. Совместное применение BIM- и CAE-технологий на примере разработки объектов капитального строительства // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2024. № 40. С. 91–95. https://doi.org/10.26160/2474-5901-2024-40-91-95.

6. Шеверова А.О., Зеньков Е.В., Чжан Л., Чэнь П. Организация процедур хранения, администрирования BIM-моделей и сервисов для совместной работы над BIM-проектами // Молодежный Вестник ИрГТУ. 2022. № 4. С. 788–793. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2022/04/articles/18 (дата обращения: 21.11.2024).

7. Куприяновский В.П., Тищенко П.А., Синягов С.А., Раевский М.А., Юдицкий А.А. Применение комбинированных технологий BIM-ГИС в строительной отрасли для различных категорий заинтересованных лиц: Обзор состояния в мире // ESRI CIS ArcReview. Режим доступа: https://arcreview.esri-cis.ru/2015/05/12/bimgis-technologies-for-stakeholders/ (дата обращения:18.11.2024).

8. Fonsati A., Cosentini R.M., Tundo Ch., Osello A. From geotechnical data to geobim models: testing strategies for an ex-industrial site in Turin // Buildings. 2023. Vol. 13. Iss. 9. P. 2343. http://dx.doi.org/10.3390/buildings13092343.

9. Moretti N., Ellul C., Re Cecconi F., Papapesios N., Dejaco M.C. Geobim for built environment condition assessment supporting asset management decision making // Automation in Construction. 2021. Vol. 130. P. 103859. http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103859.

10. Снежко И.В., Петренко Д.А. BIM-инструменты indorcad для разработки проектов на новом уровне // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 2 (13). С. 32–37/ http://dx.doi.org/10.17273/CADGIS.2019.2.5.

Информация об авторах / Information about the Authors

Толмачев Максим Дмитриевич,
магистрант,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
tolmachyovm@mail.ru

Maksim D. Tolmachev
Master's Student,
Architecture, Construction and Design School,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
tolmachyovm@mail.ru

Зеньков Евгений Вячеславович,
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
jovanny1@yandex.ru

Evgeniy V. Zenkov,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Mechanics
and Resistance of Materials Department,
Architecture, Construction and Design School,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
jovanny1@yandex.ru

Ященко Владимир Петрович,
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
vp_yashenko@mail.ru

Vladimir P. Yashenko,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Mechanics
and Resistance of Materials Department,
Architecture, Construction and Design School,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
vp_yashenko@mail.ru

УДК 7.012

Цвет в формировании креативной среды Дома детского творчества

© А.В. Чупрова[1], О.А. Абрамова[2], М.Г. Захарчук[1]

[1]Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация
[2]ООО «ЦЕХ.КОМ», г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена вопросам формирования предметно-пространственной среды Дома детского творчества № 5 города Иркутска для создания креативной и комфортной среды учреждения дополнительного обучения. Актуальность темы основана на утверждении, что деятельность большинства домов детского творчества направлена на развитие личности ребенка, формирование общей культуры, профессионального самоопределения. Именно поэтому так важно создать комфортную и творческую среду для детей, занимающихся в учреждении дополнительного обучения, выбрав гармоничное колористическое решение для модернизации интерьера и экстерьера, что позволит создать пространство, которое станет не только удобными, но и будет способствовать повышению творческого потенциала детей. В процессе работы над проектом формирования предметно-пространственной среды Дома детского творчества № 5 в городе Иркутске обучающиеся Иркутского национального исследовательского университета ознакомились с особенностями организации современных домов детского творчества, изучили условия создания эргономичной среды для детей, выполнив предпроектный анализ и обобщение данных по теме исследования. В результате предложенной концепции и разработанного дизайн-проекта был сформирован новый облик учреждения дополнительного образования для привлечения обучающихся, поскольку современным детям, занимающихся в кружках и студиях, необходим объект, обладающий художественной образностью, что, несомненно, увеличит посещаемость данного клубного учреждения.

Ключевые слова: цвет, творчество, комфорт, среда, экстерьер, интерьер

Colour in the formation of the creative environment of the Children's Art Center

© Anastasia V. Chuprova[1], Olga A. Abramova[2], Marina G. Zakharchuk[1]

[1]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation
[2]LLC “TSEKH.KOM”, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the issues of formation of the subject-spatial environment of the Children's Art Center No. 5 of the city of Irkutsk to create a creative and comfortable environment of the institution of additional education. The relevance of the topic is based on the assertion that the activities of most children's art centers are aimed at developing the child's personality, forming a general culture, and professional self-determination. That is why it is so important to create a comfortable and creative environment for children studying at the institution of additional education, choosing a harmonious colour scheme for modernizing the interior and exterior, which will create a space that will not only be comfortable, but will also contribute to increasing the creative potential of children. In the process of working on the project of forming the subject-spatial environment of the Children's Art Center No. 5 in Irkutsk, IRNITU students got acquainted with the features of the organization of modern children's art centers, studied the conditions for creating an ergonomic environment for children, having performed a pre-project analysis and generalization of data on the topic of the study. As a result of the proposed concept and the developed design project, the students created a new image of the institution of additional education to attract children, since modern children studying in clubs and studios need an object with artistic imagery, which will undoubtedly increase the attendance of this club institution.

Keywords: colour, creativity, comfort, environment, exterior, interior

Современный мир предъявляет новые требования к образовательному процессу, делая акцент на развитии творческих способностей и формировании компетенций XXI в. Детские дома творчества являются важным звеном в системе внешкольных учреждений, предлагая детям возможность раскрыть свой потенциал в различных сферах творчества. Деятельность детского дома творчества направлена на формирование общей культуры, развитие физических, интеллектуальных и личностных качеств детей дошкольного и школьного возраста.

Однако эффективность образовательной среды также в значительной мере зависит и от организации средового пространства. Современные исследования отмечают тот факт, что интерьер пространства школы влияет на эффективность и интенсификацию процесса обучения [1]. В настоящее время формирование предметно-пространственной среды и создание стимулирующей атмосферы становится ключевым в повышении качества образовательного процесса и творческого развития детей. Необходимо продумывать имеющиеся возможности эстетизации учебно-воспитательного пространства образовательных учреждений различными средствами дизайна [2, 3]. Разработка концепции для проектирования интерьера и экстерьера Дома детского творчества в городе Иркутске особенно актуальна, она стала ключевым результатом работы.

Креативная и комфортная среда учреждения дополнительного образования – это внутренняя и городская предметно-пространственная среда, система его условий, позволяющих сохранить психофизиологическое здоровье обучающихся, способствующих их оптимальной включенности во внешкольную деятельность для их успешной самореализации. Погружение в образовательную среду призвано способствовать осознанию учащимися своей неповторимости, оригинальности, непохожести на других, саморазвитию и личностному становлению. Особенно важным является самоопределение подрастающего поколения и стремление к самосовершенствованию.

Интеллектуальная комфортность является одним из важных составляющих понятия «комфорт». Это удовлетворенность учащихся своей деятельностью и ее результатами, а также удовлетворение потребности в получении умений и навыков. Психологический комфорт указывает на состояние радости, удовольствия, удовлетворения, которые учащиеся переживают, находясь в стенах учреждения образования, организованный межличностным взаимодействием обучающихся, родителей и руководителей. Следующим, и наиболее актуальным, является физиологический комфорт. Это соблюдение архитектурно-строительных, санитарно-гигиенических норм и правил.

Абрамова Ольга, обучающаяся в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИРНИТУ) по направлению «Современный дизайн», разработала предметно-пространственную организацию помещений учреждения дополнительного образования в аспекте модернизации досугово-развлекательной среды с целью создания современного выразительного общественного интерьера, удобного и интересного для детской аудитории.

Объект проектирования – предметно-пространственная среда Дома детского творчества № 5, расположенного по адресу: г. Иркутск, ул. Просвещения, д. 14 (рис. 1).

В начале работы было необходимо провести предпроектный анализ, являющийся комплексом мероприятий, который включает в себя изучение технических, экологических и социальных аспектов проектируемого объекта, а также оценку оптимальных решений по его художественно-эстетическому оформлению. Такое исследование выявляет специфичные особенности и условия существующей средовой ситуации, а также правила ее эксплуатации. Кроме того, одной из важных задач архитектурно-дизайнерского проектирования является приведение функционально-технологических процессов, протекающих в здании, в определенную ясную систему

а *б* *в* *г*

Рис. 1. Дом детского творчества № 5: а – существующий экстерьер; б–г – существующий интерьер (фото О.А. Абрамовой)

определить на этой основе взаимосвязь между отдельными помещениями или их группами [4, 5]. Так с помощью предварительного анализа выявляются все важные аспекты для разработки проекта и его реализации.

Архитектурные и дизайнерские объекты непосредственно, материально включены в течение жизни. Контакт с пользователем, посетителем, жителем разворачивается во времени, где изменяются не только пространственные соотношения и ракурсы восприятия, но и структура объекта [6]. Дом детского творчества представляет собой учебное заведение дополнительного образования, которое раскрывает таланты, дает шанс на самореализацию, развивает творческий потенциал молодого поколения. Для формирования новой предметно-пространственной среды необходимо разработать имидж-концепцию дизайн-проектирования открытого и внутреннего пространства Дома детского творчества. Дизайн-концепция вырабатывает своего рода предпроектную идею будущего решения, формулирующую принципы работы [7].

Студентка ИРНИТУ Абрамова Ольга решила разработать дизайн-концепцию яркого и увлекательного пространства, наполненного радостью и светом, поэтому использовала контрастные насыщенные цвета и акценты, создающие игровую атмосферу и вдохновляющие на творчество. Дизайнерское решение было принято, в том числе, на основании того, что яркие цвета стимулируют мозговую деятельность учащихся [3], а интересный интерьер способствует осуществлению учебно-воспитательной деятельности [8].

Благоустройство территории Дома детского творчества автор проекта выполнила с учетом функционального зонирования городского пространства (рис. 2). При формировании планировочной структуры предусмотрела необходимые площадки для отдыха и спорта, различных мероприятий и выставок, а также эргономичное оборудование, т. к. в процессе проектирования нового продукта важны такие параметры как функциональное удобство, стилистическое разнообразие форм, оригинальный дизайн [9].

а *б* *в* *г*

Рис. 2. Проект экстерьеров Дома детского творчества № 5 в г. Иркутске: а – генеральный план благоустройства территории; б–г – виды (автор: О.А. Абрамова; руководитель: М.Г. Захарчук)

При разработке дизайна интерьеров, в первую очередь, важно определить стилистику и цветовую палитру помещений. Цвет, как один из важнейших компонентов среды обитания человека, в проектной практике организуется в соответствии с конкретными условиями и учетом психофизиологии, психологии и эстетики[1].

Входная группа – это акцент объема общественного здания. Внимательность и ответственность при проектировании этого структурного узла, который является одним из существенных планировочных компонентов, важны и обязательны, ведь через помещения входной группы осуществляется перемещение потока людей извне в основные помещения сооружения и к решению данной зоны помещений необходимо подходить особенно ответственно [10]. Так цветовая гамма входной группы Дома детского творчества в разработанном проекте характеризуется теплыми, яркими оттенками, создающими атмосферу оптимизма и приветливости. Колористическое решение основано на гармоничном трехкомпонентном сочетании сиреневых, желтых и красных оттенков, где белый цвет как нейтральный фон смягчает яркость композиции (рис. 3, *а*).

Фойе и холл продолжают имидж-концепцию вестибюля, добавляя в нее новые триадные схемы. Это свободное пространство, в котором интересно находится и детям, и их родителям: здесь происходит сложная игра цвета и графики, что создает позитивный настрой на продуктивную творческую деятельность (рис. 3, *б*).

В оформлении актового зала автор сделала акцент на гармоничном сочетании цветов и фактур. Колористическая палитра зала решена в современной стилистике и направлена на создание камерной атмосферы, имеет аналоговую гамму сиреневых оттенков, создавая приглушенную таинственность и, одновременно, придерживается общей концепции проекта (рис. 3, *в*).

Колорит зала хореографии поддерживает имидж-концепцию и вписывается в общий концептуальный ряд. Комплиментарные оттенки будут способствовать физическому развитию и гибкости, а т. к. маленьким танцорам очень важно быть в хорошем расположении духа, то выбранные оттенки золотистого и сиренево-фиолетового тона помогут настроиться на позитивный лад (рис. 3, *г*).

В спортивном зале располагается боксерская студия. Цветовая гамма подобрана не случайно, т. к. синие и красные цвета активно используются в боксе и символизируют противоположные стороны двух соперников на ринге. Также, синий цвет позволяет сохранить «холодный разум» при тренировках, а красные боксерские груши акцентируют внимание на цели. Здесь создано ощущение брутальности, однако теплые акценты разбавляют «холодную» обстановку спортивного зала (рис. 3, *д*).

Яркие триадные цветовые сочетания кабинета директора тонизируют и повышают энергию, а их сочетание с ахроматическим белым – настраивает на позитивную коммуникацию (рис. 3, *е*).

Цветовая гамма музыкальной студии – это стильный образ звуков музыки. Музыка полна оттенков, а для учащихся вокальных курсов важно чувствовать себя легко и празднично. В этом может помочь доминирующий хроматический красный в сочетании с ахроматическими, раскрепощая и подготавливая к сцене, поэтому предложенная автором цветовая гармония создана, прежде всего, для развития музыкальных способностей детей (рис. 3, *ж*).

Конечно, в колористической палитре художественной мастерской присутствуют яркие, акцентные цвета, продолжающие тему игры и дополняя ее образным разнообразием. И вновь прослеживается триадная схема с акцентным желтым, а в дополнение приходит нейтральный белый, что дает позитивный настрой и сосредоточенность на творческом процессе (рис. 3, *з*).

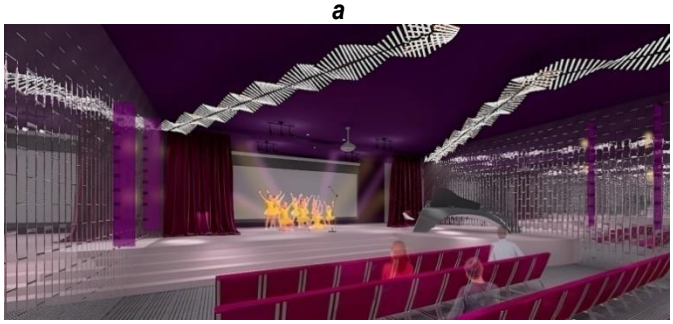
Абрамова Ольга в полной мере проявила способность проектировать креативную открытую и внутреннюю среду. Главным инструментом в проекте формирования пространства здания клуба стал цвет, т. к. настроение, самочувствие и поведение человека тесно связаны с колористической гаммой окружающей среды. Будущий дизайнер на практике применила знания и навыки, полученные при

[1] Рунге В.Ф. Эргономика и оборудование интерьера. М.: Архитектура-С, 2006. 160 с.

освоении курса «Цветоведение и колористика». Разработанная комплементарная палитра Дома детского творчества № 5 сочна и контрастна, а каждый оттенок решает свою задачу, создавая творческую атмосферу для развития детей.

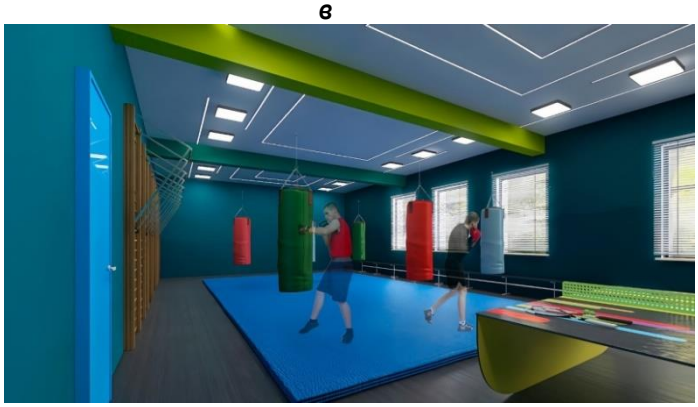
а

б



в

г



д

е

ж

з

Рис. 3. Проект интерьеров Дома детского творчества № 5 в г. Иркутске: а – вестибюль; б – фойе и холл; в – актовый зал, г – зал хореографии; д – спортивный зал; е – кабинета директора; ж – музыкальная студия; з – художественная мастерская (автор: О.А. Абрамова; руководитель: М.Г. Захарчук)

Основная деятельность Дома детского творчества направлена на развитие личности ребенка, формирование общей культуры, профессиональное самоопределение и стремление к творчеству. Автор проекта сформировала новую предметно-пространственную среду учреждения дополнительного образования, обладающую эмоциональной и эстетической выразительностью, способствующую развитию талантов, которая необходима для развития воображения учащихся, увлекающихся творчеством.

Список источников

1. Архипова А.А. Аспекты дизайна современной образовательной среды // APRIORI. Серия: Гуманитарные науки. 2015. № 2. С. 8.
2. Осипова Н.В. Эстетизация учебно-воспитательного пространства школы // Московский педагогический журнал. Режим доступа: https://www.mpjournal.ru.
3. Захарчук М.Г., Прищепа В.Е. Модернизация предметно-пространственной среды учреждения дополнительного образования для развития творческого потенциала учащихся // Молодежный вестник ИрГТУ. 2022. Т. 12. № 3. С. 517–523. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2022/03.
4. Леушкина А.А. Захарчук М.Г. Формирование нового пространства как опыт переосмысления роли библиотеки // Молодежный вестник ИрГТУ. 2021. Т. 11. № 4. С. 71–77. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2021/04/articles/11 (дата обращения: 10.09.2024).
5. Петухова Д.П., Захарчук М.Г. Выбор концептуального решения предметно-пространственной среды школы искусств для повышения творческого уровня учащихся // Молодежный вестник ИрГТУ. 2020. Т. 10. № 3. С. 30–35. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2020/03/articles/05 (дата обращения: 10.09.2024).
6. Власов В.Г. Дизайн-архитектура и XXI век // Архитектон: известия вузов. 2013. № 1 (41). Режим доступа: https://archvuz.ru/2013_1/0/.
7. Бурова Т.Ю.Егоров Д.А. Формирование дизайн-концепции в рамках курса художественное проектирование интерьера // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (30). С. 65–70.
8. Архипова А.А., Сырейщикова О.А., Христофорова И.В., Архипова Т.Н. Психология цвета в дизайне образовательной среды // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития современного общества: материалы XI междунар. науч.-практ. конф. (г. Москва, 09–10 апреля 2014 г.). Москва, 2014. С. 363–369.
9. Захарчук М.Г. Эргодизайн – инновационная технология // Архитектон: известия вузов. 2013. № 1 (41). Режим доступа: https://archvuz.ru/2013_1/0/.
10. Калинина Н.С., Фаткуллина А.А. Входные группы как особый раздел архитектурного проекта, акцент здания и произведение современного дизайна // Инновации и инвестиции. 2018. № 2. С. 172–178.

Информация об авторах / Information about the Authors

Чупрова Анастасия Вячеславовна,
студент,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
chuprova@vk.com

Anastasia V. Chuprova,
Student,
Architecture, Construction and Design Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
chuprova@vk.com

Абрамова Ольга Александровна,
дизайнер,
ООО «ЦЕХ.КОМ»,
664039, г. Иркутск, ул. Грибоедова, 3,
Российская Федерация
olga.abramova20@mail.ru

Olga A. Abramova,
Designer,
LLC “TSEKH.KOM”,
3 Griboyedov St., Irkutsk 664039,
Russian Federation
olga.abramova20@mail.ru

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

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

УДК 69.003

Анализ влияния санкций на отрасль строительства Российской Федерации в период 2014–2023 гг.

© В.А. Шобоева, Т.В. Добышева

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

Аннотация. В данной статье проведен детальный анализ влияния международных санкций на отрасли строительства в период с 2014 по 2023 г. Исследование охватывает не только основные тенденции, вызванные введением санкций, но и их масштабные последствия для различных сегментов строительного рынка. Рассмотрены адаптационные стратегии и меры, которые компании принимают для смягчения воздействия санкций и поиска новых рыночных возможностей. Изучена динамика изменений внутри строительного сектора в условиях введения санкций, выявляются основные вызовы и возможности, с которыми сталкиваются предприятия в свете геополитических изменений. Анализируются как краткосрочные, так и долгосрочные эффекты санкций, а также их влияние на инвестиционную активность, внедрение инноваций и развитие экспортного потенциала отечественных предприятий. Затрагиваются вопросы изменения бизнес-моделей и организационных структур строительных компаний под воздействием внешних факторов. Результаты работы позволяют глубже понять механизмы воздействия санкций на строительную отрасль и разработать эффективные подходы к управлению рисками и повышению конкурентоспособности компаний в условиях изменяющейся внешней среды.

Ключевые слова: отрасль, анализ, последствия, стратегии, геополитика

Impact analysis of sanctions on the construction industry of the Russian Federation (2014–2023)

© Valeria A. Shoboeva, Tatyana V. Dobysheva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article provides a detailed impact analysis of international sanctions on the construction industry in the period from 2014 to 2023. The article covers not only the main trends caused by the introduction of sanctions, but also their large-scale consequences for various segments of the construction market. The article examines the adaptation strategies and measures that companies are taking to mitigate the impact of sanctions and find new market opportunities. The article analyzes the dynamics of changes within the construction sector in the context of the introduction of sanctions, identifies the main challenges and opportunities faced by enterprises in the industry in light of geopolitical changes. It also analyzes both short-term and long-term effects of sanctions, as well as their impact on investment activity, innovation and development of export potential of domestic enterprises. The article addresses issues of changing business models and organizational structures of construction companies under the influence of external factors. The results of the conducted analysis allow us to better understand the mechanisms of the impact of sanctions on the construction industry and to develop effective approaches to risk management and increasing the competitiveness of companies in a changing external environment.

Keywords: industry, analysis, consequences, strategies, geopolitics

Введение

В последние годы санкции стали неотъемлемой частью международной политики и экономических отношений. Они применяются для наказания стран или организаций, нарушающих международное право или вмешивающихся во внутренние дела других государств. Однако санкции имеют различные последствия и одной из областей, которая может быть затронута, является строительная промышленность.

Санкции могут оказывать значительное влияние на отрасли строительства разных стран. В данной статье мы проанализируем их воздействие на отрасль строительства в Российской Федерации в период с 2014 по 2023 г. Будет рассмотрено как положительное, так и отрицательное влияние на различные аспекты строительной деятельности такие как инвестиции, технологии и конкурентоспособность компаний. Будут освещены стратегии и меры, которые предпринимаются для мини-

мизации негативных последствий санкций и поддержания устойчивости отрасли.

Анализ влияния санкций на российский рынок строительства в целом

Санкции – это важный инструмент внешней политики, который применяется государствами с целью оказания давления на другие страны и достижения своих интересов. Применение санкций может иметь различные последствия. Одной из сфер, которая может позитивно или негативно отреагировать на них, является строительство.

В современных условиях, при осуществлении финансовых вложений в строительство крупных объектов инфраструктуры, социальных и производственных целей (блоков, комплексов для проживания и многочисленных объектов общественного назначения), ключевыми факторами становятся риски макроэкономического уровня, включая ограничительные политические и экономические действия, направленные на Российскую Федерацию. Существующие санкции, наложенные различными странами и международными организациями, а также возможные санкционные меры, требуют от бизнесменов из России диверсификации источников поставок, в том числе замену строительных материалов.

Вопросы санкционного влияния на экономику России активно исследуются отечественными учеными. В.Ю Катосонов [1], А.П Паршев [2] изучают в своих трудах влияние западных санкций на российскую экономику, К.Ю. Татаров [3], Е.С. Куртбедина, И.В. Котляревская [4] анализируют деятельность отраслей российской экономики, наиболее пострадавших от санкционного воздействия.

Первые санкции против России были введены со стороны США, Европейского союза, Австралии, Новой Зеландии и Канады в марте 2014 г. В этот период были приняты меры по ограничению контактов с российскими компаниями после событий на Крымском полуострове. Эти действия затронули сотрудничество как в различных секторах, так и бизнес среди физических и юридических лиц.

В Россию был запрещен экспорт товаров и технологий двойного назначения в июле того же года, а выдача новых кредитов на проекты в России была приостановлена Европейским инвестиционным банком по рекомендации Европейского совета [5].

28 февраля 2022 г. Норвегия приняла решение о заморозке инвестиции Норвежского национального пенсионного фонда в российскую экономику, а также начала продажу имеющихся активов. Одновременно, государственные вливания в торговлю с Россией и любые инвестиции были приостановлены, что также затронуло участие в проектах, софинансируемых Российским фондом прямых инвестиций. Япония приняла решение ввести запрет на инвестирование в экономику России после 12 мая 2022 г., однако при специальном разрешении инвестиции все же могут осуществляться.

11-й пакет санкций против России был принят 23 июня 2023 г., после того как Республика Казахстан расширила список ограниченного экспорта в Россию и Беларусь на 741 новую позицию. Этот список включает в себя автозапчасти, полупроводники, промышленное оборудование и строительную технику стоимостью более 50 тыс. долларов США. Затем, 18 октября 2023 г., Европейский союз обновил список экономически значимых товаров, к ним относятся гидравлические двигатели, моторы, бетономешалки и оборудование для общественных работ.

В то же самое время 30 сентября 2023 г. все строительные и инженерные работы, проводимые в рамках проектов «Арктик СПГ-2», «Сахалин-1» и «Сахалин-2», освобождены от ограничений. С этого момента физическим лицам и предпринимателям разрешено инвестировать в экономику России, за исключением операций, которые приведут к долевому участию в капитале более 10 %. В этот же период решено запретить какие-либо строительные и инженерные действия на территории РФ [5].

В результате введения санкций, российская строительная отрасль столкнулась с рядом сложностей, таких как нехватка строительных ресурсов, высокая стоимость строительных материалов и топлива, нехватка квалифицированных специалистов, нарушение цепочек поставок и снижение спроса на первичное жилье и новое строительство. Эти факторы, в свою очередь, привели к уменьшению доходов населения и снижению общего спроса на строительные услуги.

Чтобы нивелировать негативные последствия санкций, руководство России приняло следующие документы: Стратегию развития промышленности строительных материалов на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу до 2030 г.[1]; Стратегию развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2035 г.[2]; Комплексную стратегию развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 г. и на период до 2035 г.[3]; Стратегию национальной безопасности Российской Федерации[4].

Ежегодно в РФ выделяются 330 млрд рублей на реализацию утвержденных планов в рамках программы импортозамещения, созданной в партнерстве с государством. Минцифры России запустило специальный сервис, который представляет собой маркетплейс с услугами и предложениями, где основное преимущество – отсутствие лишней бюрократии. Компании, ранее неспособные конкурировать с иностранными фирмами, теперь могут выпускать разнообразные продукты и предлагать их потребителям наряду с официальными товарами. В ближайшем будущем ожидается расширение базы данных с добавлением иностранных компаний, которые имеют надежные партнерские отношения. В данный момент база данных используется только для работы с отечественными организациями.

Импортозамещение имеет как свои плюсы, так и минусы. Позитивные аспекты могут включать следующее: появление новых предприятий, уменьшение зависимости от импорта, увеличение экспортных операций, создание дополнительных рабочих мест и сокращение безработицы, активизацию цифровизации и развитие внутренних инноваций.

Увеличение закупочных цен и тарифов приводит к росту расходов бюджета, что снижает конкуренцию на рынке и поддерживает отечественное производство. Рост негативных ожиданий предпринимателей сопровождается падением качества продукции и монополизацией [5].

Российская строительная отрасль несмотря на сложности из-за внешних ограничений все равно продолжает развиваться. Инвестиции в недвижимость в России показывают положительную динамику, что свидетельствует об устойчивом росте отрасли. Рост инвестиций также подтверждает эффективность российской политики импортозамещения. При расширении сектора производства строительных материалов в Российской Федерации особое внимание уделяется производству материалов для различных видов строительства – гражданского, промышленного и других.

Более 10 тыс. предприятий в различных промышленных регионах России производят материалы для строительной отрасли, в общей сложности 15 отраслей, распределенных более чем в 30 регионах.

За последние годы отрасль производства строительных материалов значительно укрепилась и продолжает успешно развиваться. Импорт стройматериалов снизился до минимума. Производственный индекс по производству стройматериалов в 2022 г. достиг 99,8 %, превысив средний показатель за предыдущие годы в 104,4 % в год. В текущий момент отрасль строительных материалов находится на пике своего успешного развития.

---

[1] Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // Правовая справочно-информационная система «КонсультантПлюс». Режим доступа: https://www.consultant.m/document/cons_doc_LAW_389271/?ysclid=lt2v1dqaah887065878 (дата обращения: 19.05.2024).

[2] Распоряжение Правительства РФ от 10.05.2016 № 868-р «О Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» // Правовая справочно-информационная система «КонсультантПлюс». Режим доступа: https://www.consultant.ru/law/hotdocs/46373.html?ysclid=lt2useczk4740933 (дата обращения: 19.05.2024).

[3] Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р (ред. от 29.11.2023) «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года» // Правовая справочно-информационная система «КонсультантПлюс». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430333/?ysclid=lt2ux5ywka966811799 (дата обращения: 19.05.2024).

[4] Распоряжение Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р (ред. от 07.11.2023) «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года» // Правовая справочно-информационная система «КонсультантПлюс». Режим доступа: https:// www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354707/?ysclid=lt2uyptoxy715987126 (дата обращения: 19.05.2024).

Производство строительных материалов внутреннего назначения широко ориентировано. На передовых позициях – керамический кирпич (1,9 %), затем листовое стекло (до введения санкций было 19,6 %), цементные изделия следуют на третьем месте (1,6 %). Российские производители владеют 95 % долей рынка и приращивают ее в конце каждого года. На данный момент количество работников в сфере достигло 829 тыс. человек, что на 0,6 % больше, чем в предыдущем году и их средняя зарплата составляет около 60 тыс. рублей в месяц [6].

До 2025 г. в России запланировано улучшение качества жилого фонда и сокращение использования некачественных материалов при строительстве на 60 %, а также снижение доли импортных материалов на 30 %. К 2035 г. цели развития промышленности строительных материалов включают улучшение качества и сокращение использования некачественных материалов на 60 %, а также снижение доли импортных материалов на 30 %.

Производство строительной продукции подчинено государственным программам и проектам, которые выделяют основные категории приоритетных товаров [7].

Для достижения нового уровня развития строительной отрасли необходимо уделить внимание следующим ключевым трендам. Решение административных вопросов – это один из основных аспектов, который позволяет развиваться отрасли строительства. Цифровизация играет огромную роль в процессах строительства, обеспечивая максимальную прозрачность и эффективность. Также необходимо учитывать кадровые вопросы, чтобы повысить производительность и эффективность работы в данной сфере. Максимальная прозрачность строительных процессов, разработка конкретных сценариев для новых компаний, мобилизация дополнительных ресурсов – все это важные аспекты, которые позволят достичь успеха в современной строительной индустрии [8–10].

Вопреки тому, что было обнаружено множество позитивных аспектов в рамках стратегии замещения импорта, применяемой в секторе строительства, ответы руководителей 50 фирм, специализирующихся на строительстве в Ленинградской области и городе Санкт-Петербурге, указали на отрицательные аспекты, связанные с воздействием санкций на конкретные предприятия. В частности, были зафиксированы задержки в сроках завершения работ, а также остановка поставок строительных материалов, оборудования для гостиниц и деталей для специализированной техники. Стоимость строительных материалов также резко возросла: за период 2020–2021 гг. цены в Российской Федерации в среднем выросли на 15 %, а к концу апреля 2022 г. в среднем на 31,39 % по сравнению с апрелем 2021 г.

В 2022 г. наблюдался резкий рост инфляции, достигнувший 11,92 %. Это привело к значительному повышению цен на конструкционную сталь, а особенно на арматуру, которая подорожала на 100 %. Кроме того, колебания процентных ставок и валютных курсов создают неопределенность на рынке. Ситуация осложняется риском неблагоприятных социально-политических изменений в стране или регионе. Необходимо также учитывать нестабильность экономического законодательства и текущей экономической ситуации при оценке условий для инвестирования и использования прибыли.

Таким образом, санкции, введенные в отношении России с 2014 г., существенно повлияли на отрасль строительства (таблица). Они привели к ограничению доступа к технологиям и оборудованию, снижению инвестиций в нефтегазовый и энергетический секторы, а также сокращению спроса на жилье и коммерческую недвижимость.

С одной стороны, санкции ограничили доступ к современным технологиям и передовым разработкам, что замедлило процесс внедрения инноваций в строительной отрасли. Например, российские компании были вынуждены искать замену западным технологиям, что привело к усилению российского технологического потенциала. Однако, несмотря на это, российская строительная отрасль нашла возможности для развития и модернизации с использованием отечественных технологий и ресурсов. С другой стороны, санкции снизили доступ к зарубежному капиталу и инвестициям, что негативно отразилось на инвестиционной активности в строительной отрасли. Многие проекты были заморожены или отложены, а инвесторы вынуж-

Анализ влияния санкций на отрасли строительства (2014–2023 гг.)

Год	Отрасль строительства	Влияние санкций	Примечание
2014	Жилищное строительство	Умеренное замедление темпов строительства из-за ограничений на импорт строительных материалов	Снижение спроса на новое жилье
2015	Инфраструктурное строительство	Значительное снижение инвестиций из-за ограничений доступа к иностранному капиталу	Задержки в реализации крупных инфраструктурных проектов
2016	Коммерческое строительство	Ограничение доступа к зарубежным технологиям и оборудованию	Снижение конкурентоспособности на рынке
2017	Промышленное строительство	Увеличение стоимости строительных работ из-за дефицита строительных материалов	Сокращение объемов новых промышленных объектов
2018	Транспортное строительство	Ограничения на поставки строительной техники и оборудования	Задержки в строительстве транспортной инфраструктуры
2019	Энергетическое строительство	Снижение инвестиций из-за ограничений на сотрудничество с иностранными энергетическими компаниями	Задержки в реализации энергетических проектов
2020	Коммунальное строительство	Увеличение стоимости проектов из-за ограничений на поставки оборудования и материалов	Снижение темпов развития коммунальной инфраструктуры
2021	Строительство логистики	Лимиты на снабжение машин и оборудований для строительства	Трудности при реализации логистических проектов
2022	Курортное строительство	Уменьшение инвестиций из-за отсутствия зарубежных инвестиций	Уменьшение строительства курортных объектов
2023	Аграрное строительство	Ограничения на поставки сельскохозяйственной техники и материалов	Снижение объемов новых сельскохозяйственных объектов

дены были искать альтернативные источники финансирования. В результате этого, инвестиции в строительство существенно сократились и отрасль испытывает трудности в привлечении необходимых средств для реализации строительных проектов.

Заключение

Несмотря на все ограничения, санкции посодействовали развитию отечественного рынка. Они дали возможность российским компаниям восстановить или увеличить производство. Что привело к возможности организации более стабильного внутреннего рынка способного восполнить ограниченный доступ к иностранным технологиям и товарам. Также санкции привели к увеличению господдержки отечественной строительной отрасли

Можно предположить, что строительная отрасль в условиях санкций будет развивать такие направления как:

– развитие отечественных технологий и товаров;

– укрепление внутреннего рынка, из-за развития отечественного производства;

– рост господдержки;

– поиск альтернативных источников финансирования.

В целом, можно отметить, что санкции негативно сказываются на развитии строительной отрасли, но она все же имеет перспективы и возможности для развития в рамках ограничений. Российские компании активно адаптируются к новым условиям и находят пути для совершенствования технологий и процессов производства. Кроме того, правительство предоставляет поддержку отрасли, чтобы стимулировать ее развитие и содействовать укреплению внутреннего рынка. Все это говорит о том, что отрасль строительства будет продолжать свое развитие и в условиях ограничений санкций.

Список источников

1. Катасонов В.Ю. Платежный баланс РФ по итогам 11 месяцев. И кое-что о статистической «алхимии» // РЭОШ. Режим доступа: https://reosh.ru/valentin-katasonov-platezhnyj-balans-rf-po-itogam-11-mesyacev-i-koe-chto-o-statisticheskoj-alximii.html (дата обращения: 13.05.2024).
2. Паршев А.П. Санкции Запада и ответы России. М.: Алгоритм, 2019. 256 с.

3. Татаров К.Ю. Строительный бизнес России в период экономических санкций // Строительство. Новые технологии, новое оборудование 2022. № 10. С. 54–57.
4. Куртбедина Е.С., Котляревская И.В. Тенденции на рынке строительной отрасли в условиях санкционного режима и импортозамещения // Весенние дни науки: междунар. конф. Студентов и молодых ученых «Весенние дни науки» (г. Екатеринбург, 21–23 апреля 2022 г.). Екатеринбург, 2022. С. 843–846.
5. Петров А.В. Что такое программа импортозамещения в России и в чем ее стратегия // Первый Бит. Режим доступа: https://www.1cbit.ru/blog (дата обращения: 23.05.2024).
6. Агафонова М.С., Мещерякова М.А. Особенности функционирования строительных предприятий в условиях пандемии и санкций // Организатор производства. 2022. Т. 30. № 4. С. 63–71. https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.30.4.006
7. Боровков С.К. Негативное влияние санкций на деятельность строительных компаний // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 12 (56). С. 737–740. Режим доступа: https://web.snauka.ru/issues/date/2015/12 (дата обращения: 13.05.2024).
8. Вайвер Ю.М. Обеспечение экономической безопасности инвестиционно-строительного бизнеса России в условиях санкций // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 12. С. 5885–5898. https://doi.org/10.18334/epp.13.12.120150.
9. Семенов К.А. Разработка прогноза развития строительной отрасли Российской Федерации // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 8 (134). https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.134.116.
10. Малова Н.Ю. Информационно-методическое обеспечение процедуры финансового контроля для предприятий строительной отрасли // Экономика строительства и городского хозяйства. 2022. Т. 18. № 1. С. 29–37. Режим доступа: https://esigh.ru/?cat=959 (дата обращения: 20.06.2024).

Информация об авторах / Information about the Authors

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

Valeria A. Shoboeva,
Student,
Architecture, Construction and Design Institute,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
shoboevav@mail.ru

Добышева Татьяна Васильевна,
к.э.н., доцент,
доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью,
Институт архитектуры, строительства и дизайна,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
expertiza@istu.edu

Tatyana V. Dobysheva,
Cand. Sci. (Economics), Associate Professor,
Associate Professor of the Real Estate Expertise and Management Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
expertiza@istu.edu

УДК 80

Диалектизмы Восточного Забайкалья

© Л.В. Бабкинова, А.Ю. Юринский

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

Аннотация. Представленная статья посвящена современному состоянию диалектизмов Восточного Забайкалья, заимствованных из бурятского языка. Материал для исследования был записан у наших информантов, уроженцев г. Борзя Забайкальского края В.И. Юринской, Л.А Швецовой. В работе мы опирались на теоретические труды А.А. Черкасова, А.П Майорова и др. Целью исследования было показать влияние языка коренного народа на русский говор Восточного Забайкалья. Собранный языковой материал классифицирован тематически: названия пищи и напитков; растения, природные объекты; названия животных, зверей; лексика, характеризующая человека (внешность, черты характера, взаимоотношения с другими людьми, нормы поведения). В отдельную группу выделены глаголы, представленные в форме инфинитива. Заимствованные бурятские слова в говоре забайкальцев претерпевают фонетические, словообразовательные, семантические и грамматические изменения. Они удобны в плане экономии языка, поскольку одно слово может выражать описание реалии, состоящее из нескольких слов. Кроме того, заимствования из бурятского языка имеют и экспрессивно-оценочный характер. Особый интерес представляет и переносное значение, которое появляется у данных слов, что свидетельствует об их русификации. Данные заимствования выполняют номинативную и коммуникативную функции, не сосредоточивая внимание на национальном колорите обозначаемых реалий и стали частью системы использующего их языка.

Ключевые слова: диалектизмы, язык коренного народа, буряты, русский говор, Восточное Забайкалье

Благодарности: авторы выражают благодарность Юринской Вере Иннокентьевне и Швецовой Ларисе Алексеевне за предоставленные материалы, используемые в данной статье.

Dialecticisms of Transbaikalia

© Lidiya V. Babkinova, Aleksei Yu. Yurinskiy

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This article is dedicated to the modern state of dialectisms of Eastern Transbaikalia, borrowed from the Buryat language. The material for the research was recorded from our informants, natives of Borzya in Zabaykalsky Krai - Yurinskaya V.I., Shvetsova L.A. The basis of the research is the theoretical works of A.A. Cherkasov, A.P. Mayorov and others. The aim of the study is to show the influence of the language of the indigenous people on the Russian dialect of Eastern Transbaikalia. The collected linguistic material is classified thematically: names of food and drinks; plants, natural objects; names of animals, beasts; vocabulary describing a person (appearance, character traits, relationships with others, norms of behaviour). Verbs presented in the infinitive form are singled out in a separate group. Borrowed Buryat words in the dialect of Transbaikalians undergo phonetic, word-formation, semantic and grammatical changes. They are convenient in terms of economy of language, since one word can express a description of reality, consisting of several words. In addition, borrowings from the Buryat language also have an expressive and evaluative character. Of particular interest is the metaphorical meaning that these words acquire, indicating their Russification. These borrowings serve nominative and communicative functions, not focusing on the national colour of the denoted realities, and have become part of the system of the language that uses them.

Keywords: dialectisms, indigenous language, Buryats, Russian dialect, Transbaikalia

Acknowledgement: this article deals with dialectisms provided by Yurinskaya Vera Innokentyevna and Shvetsova Larisa Alekseevna.

Диалектизмы Забайкалья представляют интерес для исследователя как богатый лингвистический материал. В нашей работе мы решили рассмотреть диалектизмы Забайкалья, заимствованные из бурятского языка.

Началом возникновения забайкальского диалекта считается вторая половина XVII в. Писатель, натуралист и горный инженер А.А. Черкасов, проживший в Забайкалье 16 лет, в своей книге «Записки охотника Восточной Сибири 1856–1863» писал: «Сибиряки не знаютъ слова сурокъ, оно для нихъ тоже незнакомо, какъ не сибиряку – тарбаганъ. Дѣйствительно, въ Забайкальѣ, въ разговорѣ съ про-

столюдинами, встрѣчается множество туземныхъ словъ, которыя непонятны новичку, не сибиряку, а между тѣмъ такъ употребительны въ простонародіи, что, имѣя съ нимъ сношенія, поневолѣ скоро выучиваешь и по оригинальности легко запоминаешь. Странно, что здѣсь общеизвѣстныя слова, какъ-тоі Тарбагàнъ, джумбура, черпелъ (2-хъ годов жеребенокъ) и многія другія не носятъ русскихъ названій и въ образованномъ мірѣ здѣшняго края! [1–5]».

Вышесказанное подтверждает А.П. Майоров, который считает, что заимствования из автохтонных языков вместе с обозначаемыми реалиями довольно быстро становятся достоянием материальной и языковой культуры русского населения Забайкалья. Для русских, населяющих такой регион, эти заимствования не являлись экзотизмами. Обозначая предметы и явления чужой культуры, иноязычные слова вместе с обозначаемыми реалиями довольно быстро становились достоянием носителей заимствующего языка, их материальной и духовной культуры. Так, например, наименования ганза, гуран, затуран, камус, каптагай, качерик, саломат, тарасун, чебак (меховая шапка), яман и мн. др. прочно вошли в речевой обиход русских, проживавших в XVIII в. в Забайкалье, а сами реалии широко использовались в их повседневной жизни [6–8].

В своей работе мы остановились на наиболее частотных диалектизмах, заимствованных из бурятского языка, встречающихся в русском говоре забайкальцев в настоящее время.

Данные диалектизмы мы распределили по тематическим группам.

Названия пищи и напитков:

Арца (бур. арса) – кисломолочный напиток.

Арбин – конское мясо с жиром, в бур. языке арьбан – жир в брюшной полости лошади (лакомое блюдо, употреблявшееся в сыром виде).

Шулэн – бульон, суп.

Бухлер – мясо, сваренное кусками в бульоне. *Бухлер из арбина получился очень густым и наваристым*.

Амасунина – толстая кишка у лошади.

Курунга – опара, в бурятском это пахта.

Растения, природные объекты:

Мангыр – степной лук. *Соседка посоветовала есть свежий мангыр от малокровия*.

Ургы, ургуйки – прострел (ветреница).

Гуджир – (бур. хужар) – солончак.

Названия животных, зверей:

Бурун – годовалый теленок. *Он еще подсосный наш бурун-то, ладный и круглый растет.*

Гуран – дикий козел от бур. гуран – самец косули (в период, когда у него отпадают рога).

Тарбаган – сурок (степной). *Вот тебе от меня сумка пыжиков, а Толька тебе вот, смотри. Медвежью шкуру держит и барана дубленого, и тарбагана на шапку, и кухлянку.*

Холзанка – лошадь, конь со светлой лысинкой на морде. *Холзанка быстро поняла, как правильно есть из рептуха.*

Лексика, характеризующая человека (внешность, черты характера, взаимоотношения с другими людьми, нормы поведения:

Хайранч – возглас сожаления.

Олганьша – личность, которая боится всякой внезапности.

Ботхул – человек, бежавший из тюрьмы, плена, дезертир. С начала установления советской власти до середины 1930-х годов – человек, тайно уходящий за кордон.

Брачоха (братчоха) – так называют круглолицую толстощекую женщину (девушку), внешне похожую на бурятку (метиску).

Карым – метис.

Гуран – прозвище коренного жителя Забайкалья. *Ты пил гуранский чай? Он крепкий, с молоком, сытной. Мать гуранка была и приучила нас пить такой чай, заварит в ковшике, яйцо тыды взболтат, соли, масла добавит и в печь, настояца.*

В отдельную группу вошли глаголы, представленные в форме инфинитива.

Глаголы:

Аргамжить – привязывать животное на длинную волосяную (кожаную, конопляную) веревку на пастбище (лугу).

Шаять – огонь, не разгоревшийся, а медленно дымящий.

Оголчить – встревожить от бур. айлгаха пугать.

Зундуглеть – сойти с ума. *Ох, как бы не озундуглеть от этай кавиды*.

Заимствованные бурятские слова в говоре забайкальцев претерпевают фонетические,

словообразовательные, семантические и грамматические изменения. Например: бур. омоhон – рус. амасунина (фонетическое и словообразовательные изменения, появился суффикс -ин-), бур. зунтэглэхэ – рус. зундуглеть (фонет. и словобразоват. (суффикс -е и суффикс инфинитива -ть) и др.

Есть и группа заимствованных бурятских слов, ставших диалектизмами Забайкалья без грамматических и фонетических изменений, без изменения семантики: бухлер, тарбаган, ургы.

Диалектизмы, которые изменили свое значение: арбин /арьбан (мясо с жиром, в бур. – конский жир), курунга (опара, в бур. – пахта).

Действительно, диалектизмы юго-восточного Забайкалья – явление удивительное и связано это с региональными языковыми контактами русского и бурятского населения. Интересна взаимосвязь разных языков в процессе возникновения диалектизмов. Здесь просматривается высокая восприимчивость русского языка к другим, его зависимость от них, отчего получилось мощное проникновение бурятского языка в его структуру. «Надысь халзанку зааргамжили» звучит так же понятно, как «Накануне коня с продольной лысинкой на морде привязали на длинную веревку за переднюю ногу, чтобы не ушел далеко и покормился» [9–10].

Заимствования из бурятского языка, встречающиеся в русском говоре Восточного Забайкалья, одним словом могут заменять целое описание (например, амасунина – толстая кишка лошади; бухлер – мясо, сваренное кусками с бульоном; холзанка – лошадь, конь со светлой лысинкой на морде; бурун – годовалый теленок). Кроме того, данные заимствования имеют экспрессивно-оценочный характер (например, зунтугло – бестолковый человек). Особый интерес представляет и переносное значение, которое появляется у данных слов, что свидетельствует об их русификации (например, гуран – 1. дикий козел и 2. прозвище коренных жителей Забайкалья).

Мы увидели, что большинство забайкальских диалектизмов, заимствованных из бурятского языка, связаны с традиционным укладом жизни коренного народа, включая вековые знания и методы скотоводства и охоты, природы края.

Рассматриваемые диалектизмы представляют собой живую, неподвластную времени и забвению языковую, культурную и нравственную связь между народами и поколениями. Языковое разнообразие диалектизмов говорит об уникальном языковом богатстве Забайкальского края.

Языковой материал свидетельствует о том, что совместное проживание на одной территории людей, принадлежащих к разным этносам, проявляется во взаимовлиянии языков и культур при сохранении индивидуальности и уважительном отношении к иной культуре. Необходимо отметить, что именно бурятские заимствования и представляют в русских говорах Восточного Забайкалья специфическую лексику забайкальского происхождения.

Список источников

1. Будаев Ц.Д. Лексика бурятских говоров в сравнительно-историческом освещении. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1978. 153 с.
2. Гончарова О.В. Понятия «наречие», «диалект» и «говор» в отечественной лингвистике // Филологические науки: вопросы теории и практики. 2015. № 7–2 (49). С. 52–54.
3. Егодурова В.М. Заимствования из бурятского языка в русских говорах старообрядцев (семейских) Забайкалья как отражение межэтнических взаимоотношений // Филология и человек. 2008. № 2. С. 87–96.
4. Майоров А.П. Функциональный статус автохтонных заимствований в забайкальском регионе XVIII века // Россия – Азия: становление и развитие национального самосознания: материалы Междунар. конф. (г. Улан-Удэ, 21–24 июня 2005 г.). Улан-Удэ, 2005. С. 92–94.
5. Майоров А.П. Региональный узус деловой письменности XVIII века: по памятникам Забайкалья: дис. …д.ф.н.: 10.02.01. Москва, 2006. 471 с.
6. Туркулец И.А. Проникновение диалектизмов в литературный русский язык // Современное педагогическое образование. 2023. № 5. С. 280–283.
7. Харташкина Р.Х. О взаимодействии русского и бурятского языков на уровне говоров // Социолингвистические исследования в Бурятии. Улан-Удэ: Бурятский науч. центр, Ин-т общественных наук, 1992. С. 121–130.
8. Черкасов А.А. Записки охотника Восточной Сибири 1856–1863. СПб.: Издание А.С. Суворина, 1884. 702 с.

9. Эрдынеева Э.Д. Русские говоры Бурятии: лексикологический и социолингвистический аспекты. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1992. 124 с.
10. Эрдынеева Э.Д. Бурятские лексические заимствования в русских говорах южной части Бурятии // Традиционная система управления кочевых сообществ Южной Сибири. Улан-Удэ, 2008. С. 179–183.

Информация об авторах / Information about the Authors

Бабкинова Лидия Валерьевна,
к.ф.н., доцент,
доцент кафедры рекламы и журналистики,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
babkinova@mail.ru

Юринский Алексей Юрьевич,
студент,
Институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Alekseiyurinskiy@mail.ru

Lidiya V. Babkinova,
Cand. Sci. (Philology), Associate Professor,
Associate Professor of the Advertising and Journalism Department,
Economics, Management and law School,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
babkinova@mail.ru

Aleksei Yu. Yurinskiy
Student,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Alekseiyurinskiy@mail.ru

On translation of commercial documents from English into Russian

© Aleksandr N. Borodachyov, Natalia G. Sivtseva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Currently, economic international relations are actively developing worldwide which requires a thorough study of economic discourse in all its genre and stylistic manifestations, as well as research into the results of translators' work in this area. The purpose of the study is to identify and analyze the main translation transformations used while translating commercial documentation from English into Russian. The article analyzes the concept of economic discourse and describes its distinctive features. Commercial documentation is considered to be a branch of economic discourse, as it regulates economic relations between business entities. The main difficulty in translating commercial documents lies in abundance of economic and legal terminology, which means the translator must have special knowledge in these areas. In addition, the translator is faced with the task of creating a trustworthy, but at the same time adequate and perfectly literate document in the target language. This goal is achieved by applying a number of complex transformations in translation. The frequency of using certain translation transformations is determined by the differences between the English and Russian languages, as well as differences in genre and stylistic requirements concerning commercial documentation in these languages.

Keywords: economic discourse, translation of commercial documents, translation transformations, specialized translation, adequacy of translation

УДК 81.255

Особенности перевода коммерческой документации с английского на русский язык

© А.Н. Бородачёв, Н.Г. Сивцева

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

Аннотация. В современном мире активно развиваются экономические международные отношения, что обусловливает необходимость тщательного изучения экономического дискурса во всех его жанрово-стилистических проявлениях, а также исследования результатов переводческой деятельности в этой области. Цель нашего исследования заключается в выявлении и анализе основных переводческих трансформаций, используемых при переводе коммерческой документации с английского на русский язык. В статье анализируется понятие экономического дискурса, описываются его отличительные черты. Коммерческая документация является разновидностью экономического дискурса, так как она регулирует экономические отношения между субъектами делового взаимодействия. Основная сложность перевода коммерческой документации заключается в его насыщенности экономической и юридической терминологией, что требует от переводчика особых знаний в этих сферах. Кроме того, перед переводчиком стоит задача создать достоверный, но при этом адекватный и безупречно грамотный документ на языке перевода. Эта цель достигается за счет использования ряда комплексных переводческих трансформаций при переводе. Частотность использования определенных трансформаций обусловливается различиями между английским и русским языками, а также различиями жанрово-стилистических требований к коммерческой документации на этих языках.

Ключевые слова: экономический дискурс, перевод коммерческой документации, переводческие трансформации, специализированный перевод, адекватность перевода

Economic discourse is a type of discourse which refers to speech production conveying certain economic ideas [1]. Since the economic activity of modern society has the the scheme "goods – money – goods", the scope of economic discourse is the quality of goods and services, production efficiency, regulation of cash flows, capital turnover, etc.

Among the peculiar parameters of economic discourse, the Russian linguists [2] note that the main distinguishing feature of economic discourse is its unique content, namely the terminological richness of the special, professionally significant information embedded in it. In addition to such features of economic discourse as its focus on transmitting cognitive information and multi-

functional nature, the special characteristics also include the stylistic heterogeneity of economic texts: the main communicative spheres involve scientific and professional economic activity, while non-professional economic activity is on the periphery; there is a diversity of communication participants (scientists, specialists, non-specialists) and a variety of communication situations.

The modern world is characterized by numerous trade relations between representatives of different countries both at the level of individuals or legal entities, and at the state level. Consequently, there is a need for high-quality translation of economic texts regulating these trade relations. In this article, economic discourse is considered as an object of translation, namely as a type of discourse characterized by traditional linguistic and extralinguistic parameters; it is marked by a variety of styles and genres, availability of professionally significant and terminologically abundant industry information and multifunctional nature.

As it was noted above, economic discourse has a wide range of its stylistic and genre manifestations; in this article the authors pay special attention to commercial documents and commercial correspondence accompanying them. Commercial documentation involves documents confirming the conclusion of commercial transactions; among them there are invoices, transport documents, documents of title or any other documents that are not financial documents [3], they also include various official documents of the company (contracts, statutory and foundation documents, catalogs, certificates, business plans). Commercial correspondence precedes preparation and conclusion of commercial documentation; it is a set of documents related to initial discussion and conclusion of commercial transactions, as well as their implementation and execution.

Commercial documentation must be translated properly and professionally, since the future success of an enterprise or organization often depends on the result of the translator's work. It is impossible to underestimate the quality of this type of translation. It is created both to accurately convey information and to interest potential commercial partners to get involved in business relations with a specific company, to create a certain business reputation in the market, to help promote new ideas and goods. In terms of complexity, commercial translation is comparable to legal and economic translations, and often includes these types of translation as accompanying ones [4].

Indisputably, translation of commercial documentation has some common features. When starting to translate commercial documents, a translator must clearly understand the specificity of translating business presentations, as they are often attached to commercial documents and serve to present the company to partners in the most favorable way. Besides, there are a lot of tables, graphs, diagrams, and complex calculations in commercial documents. This makes it necessary to know the basics of economic translation. Also, legal vocabulary is frequently used in commercial documents, and a translator cannot do without excellent knowledge of legal terminology.

Another feature of commercial documents is the abundance of vocabulary that is not used in general language. Such texts usually contain mandatory verb forms that would seem incorrect or inappropriate in a general or artistic text. Thus, without knowledge of all the lexical and stylistic subtleties of economic discourse, the translation of documents becomes impossible [5].

One of the main tasks of translating commercial documents is to make translated documents clear and polished. Only commercial documents that are exclusively smart and not just perfectly literate will bring the company the greatest benefit. The paradox is that the translation must remain accurate and reliable; commercial documentation prescribes a certain form of action, formulates principles for resolving controversial situations and develops rules of social behavior in society.

Achieving such adequacy in translation is associated with the ability to identify the translation problem correctly and apply the necessary translation transformations. According to the definition of A.V. Fedorov (quoted by [6]), adequacy is a complete transfer of the semantic content of the original which has full functional and stylistic correspondence to it; thus, the main task of the translator is to use various translation transformations skillfully. Most well-known linguists such as V.N. Komissarov, E.V. Breus agree on one thing, that the main types of transformations are grammatical and lexical. It should be emphasized that this kind of division is largely conditional,

since these two types of elementary translation transformations are combined with each other in practice, taking on the character of complex transformations. Let us consider and analyze some transformations used in the practice of translating commercial documentation.

Literal translation (syntactic assimilation) is a "zero transformation" in which the syntactic structure of the original is transformed into a similar structure of the target language due to existing parallel syntactic constructions [7]. As a rule, the use of this transformation is accompanied by some changes in structural components: for example, articles, linking verbs, and other auxiliary elements can be omitted. Also, changes in morphological forms and some lexical units can occur:

(1) Client is obliged to pay for the Services rendered by the Contractor in accordance with Article 6 hereof. – Заказчик обязан оплатить услуги, предоставленные Исполнителем, согласно условиям Статьи 6 настоящего Договора.

Sentence division is a transformation in which the syntactic structure of the sentence in the original is transformed into two or more predicative structures of the target language. English commercial correspondence is characterized by using complex sentences as usually the English authors of commercial documents tend to put as much information as possible into one sentence [8]. The Russian style is more characterized by the relative brevity of sentences containing informational materials:

(2) Documents on a finished product shipped index are sent, also we wait for your acknowledgement. – Документы на отгруженную продукцию отправлены. Ждем вашего подтверждения.

The opposite transformation is the integration of sentences, in which the syntactic structure in the original is transformed by integrating two simple sentences into one complex one:

(3) Yesterday we have received the container. We cannot clear of it because of incorrectly issued name of the recipient. – Вчера мы получили контейнер, который не можем растаможить из-за неправильно указанного имени получателя.

One of the most frequent transformations in the translation of commercial documentation is grammatical substitutions, in which a grammatical unit in the original is transformed into a unit with a different grammatical meaning in the target text; a grammatical unit of any level can be subject to substitution:

(4) I will try to contact our official representative as soon as possible to reduce the terms of shipment of production. – Я как можно скорее свяжусь с нашим официальным представителем для сокращения сроков отгрузки.

(5) Chinese prosperity can be a backer of our honest and good intentions. – Экономическое процветание Китая будет гарантом наших честных и благих намерений.

Within a certain context, the special semantic role of the English article can be compensated by using personal or demonstrative pronouns when translating into Russian:

(6) We are assured that according to these arguments the bargain will be recognized invalid. – Мы уверены, что благодаря вашим доводам, такая сделка будет признана недействительной.

Grammatical substitution of sentence parts often leads to restructuring of the entire syntactic structure. It can be caused by various factors, for example, in English passive voice constructions are used more often than in Russian, and the subject performs slightly different functions; apart from designating the subject of the action it can perform the function of the object of the action or be personified:

(7) The documents of payment are prepared by the finance department. – Финансовый отдел подготовил платежные документы.

(8) The last week saw an intensification of contractual relations with our partners. – На прошлой неделе наблюдалась активизация договорных отношений с нашими партнерами.

The substitution of sentence type often results in a syntactic reorganization similar to the transformations that occur when using the division or integration transformations:

(9) It is the big order and we can produce it in parts. – Этот большой заказ мы сможем изготовить частями.

Currently, there is no single classification of lexical transformations, so we will define the general ones and analyze them using the examples. When translating commercial documentation, translation transcription (General Motors – Дженерал Моторс) and transliteration (London –

Лондон) are used mainly to translate proper names. Transcription is often used together with calque translation (*petrodollar* – нефтедоллар). It is interesting that even if a term was loaned by the target language through transcription, in certain phrases it is still subject to semantic translation. Thus, the English word *business* has firmly entered the Russian language, but the phrase *business letters* is usually translated as "официальная/деловая переписка".

Contextual specification in the translation of commercial documentation is closely related to the polysemy of lexemes and their special terminological use in economic discourse. Thus, the following lexemes, which are often encountered in everyday discourse, may have narrower meanings when translating commercial documentation depending on the context: advice – авизо, извещение; collect – взыскивать, обналичивать; security – ценная бумага; floor – минимум; interest – процент, etc.

The reverse transformation – generalization – is mainly used when translating from Russian into English, which is due to the highly abstract nature of the English lexis. One of the few examples of generalization when translating commercial documentation from English into Russian is the translation of the words goods, commodity, merchandise as "товар", since the English versions have certain semantic differences.

The method of semantic modulation consists in replacing a dictionary variant with a contextual one (logically connected to the former) during the translation. If we take into account that all significant parts of speech are divided into three categories: objects, processes and features, then during translation we observe a striking variety of substitutions both within each category and between different categories [9]. A variety of semantic modulation is the method of holistic transformation, where the internal form of any segment of the speech is holistically transformed: from a separate word to a whole sentence:

(10) We also received underwriting commitments for our 600 MW coal project in Bulgaria – a major milestone for the project. – Мы также получили гарантированные обязательства по предоставлению средств на угольный проект 600 МВт в Болгарии – очень важный этап для проекта.

Lexical transformations allow for substitutions, additions, and omissions:

(11) The treaty was pronounced null and void. – Договор был признан недействительным.

Along with lexical and grammatical transformations, there are various complex transformations, the result of which is the complete change of the structure and parts of speech in the target language, however, the meaning remains unchanged. These include, in particular, antonymic translation:

(12) Please you not to delay the reply. – Прошу вас поторопиться с ответом.

Descriptive translation is rarely used when translating commercial documentation, as it increases the volume of the document in the target language, but in some cases its use is caused by the need to make an adequate translation. For example, the Candle Auction, a custom well known in England and in France, can be translated literally as "свечной аукцион", but for an uninformed person this may be a substitution of concepts, since this type of auction consists in the process of setting a price for an object while the candle burns, usually a very small one [10]. In this case, in order to avoid misunderstandings, it is necessary to use descriptive translation.

Thus, the study of commercial documentation allows us to conclude that they are full of linguistic means with a fixed semasiological connection (terms) and syntax that meets precise conditions of logical composition. The main task of economic translation is to convey the original information to the reader in an extremely clear and precise manner. This is achieved by logical presentation of factual information without explicitly expressed emotionality. Translation of commercial documents is completely focused on conveying the content, that is it is informative; therefore, the main function of commercial documentation is communication and one of the main tasks of the translator is to preserve the informative function of the original text while observing the norms of the target language, which is achieved through the skillful use of translation transformations.

Список источников

1. Калюжная В.В. Стиль англоязычных документов международных организаций. Киев: Наук. думка, 1982. 122 с.
2. Акулова Е.А. Типологические характеристики англоязычных учебных экономических текстов: дис. ... к.ф.н.: 10.02.04. СПб, 2008. 200 с.
3. Ханян Л.П. Языковые особенности английских текстов официально-делового стиля // Молодой ученый. 2023. № 35 (482). С. 191–194. Режим доступа: https://moluch.ru/archive/482/105703/?ysclid=m3ci3me9zl557630958 (дата обращения: 03.10.2024).
4. Кондратов Е.В., Кузнецова Т.И., Старкова Е.К. К вопросу об особенностях перевода экономического дискурса // Успехи в химии и химической технологии. 2021. № 11 (246). С. 31–33.
5. Уланович О.И. Дискурсивные характеристики деловой документации: язык современных деловых документов и их перевод // Язык. Право. Общество: сб. статей VI Междунар. науч.-практ. конф.(г. Пенза, 10–13 ноября 2020 г.). Пенза, 2020. С. 308–312.
6. Смирнова В.Н., Павлова А.Д. Проблема качества перевода коммерческой документации // Международный научный журнал Интернаука. 2017. Т. 2. № 3. С. 50–52.
7. Морозова Ю., Овчинникова М.В. Теоретические аспекты перевода деловой документации // Студенческая наука Подмосковью: материалы Междунар. науч. конф. молодых ученых 2016. (г. Орехово-Зуево, 08–09 апреля 2016 г.). Орехово-Зуево, 2016. С. 456–458.
8. Морозова О.Н., Глазкова М.М. Особенности перевода официально-деловой документации: перевод договоров и контрактов // Состояние, проблемы и перспективы развития современного образования: монография. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2023. С. 127–147.
9. Боблева Е.И., Ефимов Д.К. Особенности перевода официально-деловой документации // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2021. № 3 (51). С. 110–113. https://doi.org/10.52772/25420291_2021_3_110.
10. Кудинова В.И. Особенности деловой корреспонденции как жанровой разновидности официально-делового стиля // Альманах современной науки и образования. 2009. № 2 (2). С. 74–76.

Information about the Authors / Информация об авторах

Aleksandr N. Borodachyov,
Student,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
boradach.sasha07@gmail.com

Бородчёв Александр Николаевич,
студент,
Институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
boradach.sasha07@gmail.com

Natalia G. Sivtseva,
Associate Professor of Department
of Foreign Languages № 2,
School of Linguistics and Intercultural Communication,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation
s_nataly77@mail.ru

Сивцева Наталья Геннадьевна,
доцент кафедры иностранных языков № 2,
Институт лингвистики и межкультурной коммуникации,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
s_nataly77@mail.ru

УДК 81.27

Особенности перевода интернет-сленга с китайского языка на русский

© С.А. Фетисова, Е.О. Дзёган

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

Аннотация. Статья посвящена особенностям перевода интернет-сленга с китайского языка на русский. Технологический прогресс делает актуальным исследование процессов возникновения новых слов и фраз в рамках сферы интернет-общения. Авторы анализируют различные характеристики интернет-сленга, его формы выражения. Особое внимание уделяется способам словообразования в китайском языке, используемым китайскими интернет-пользователями. В статье также обсуждается уникальность цифровой аббревиации в китайском интернет-дискурсе, используемой для обхода цензуры, представлены примеры сленговый лексики на китайском языке. Анализ новых сленговых выражений в процессе их интерпретации показывает, что перевод сленга требует глубокого понимания как культурных, так и языковых аспектов: успешный перевод может быть осуществлен через поиск близких соответствий в целевом языке для сохранения нюансов значений посредством таких методов адаптации как транслитерация, калькирование, описательный перевод.

Ключевые слова: интернет-коммуникация, интернет-сленг, словообразование, заимствования, стратегии перевода

The peculiarities of translating internet slang from Chinese to Russian

© Svetlana A. Fetisova, Elena O. Dzegan

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article is dedicated to the peculiarities of translating internet slang from Chinese to Russian. Technological progress makes the study of the processes of the emergence of new words and phrases within the realm of internet communication relevant. The article analyses various characteristics of internet slang and its forms of expression. The article covers the ways of word formation in Chinese used by Chinese Internet users. It discusses the unique aspects of digital abbreviation in Chinese Internet discourse, used to circumvent censorship, and presents examples of slang vocabulary in Chinese. The article presents an analysis of new slang expressions, which in the process of their interpretation shows that the translation of slang requires a deep understanding of both cultural and linguistic aspects: a successful translation can be achieved through the search for close equivalents in the target language to preserve the nuances of meanings through adaptation methods such as transliteration, calque, and descriptive translation.

Keywords: Internet communication, Internet slang, word formation, loanwords, translation strategies

Стремительное развитие интернета и новых технологий стало одной из причин возникновения новых слов, в частности, компьютерного сленга. Интернет-сленг – это лингвистический феномен, новая форма языка, отличная от традиционных печатных средств массовой информации.

В научной литературе существует большое количество определений сленга. Более того, исследователь С.Я. Карасова обращает внимание и на различный подход к пониманию сленга, поскольку некоторые ученые отождествляют дефиниции «сленг» и «жаргон» [1]. Вместе с тем, согласно словарю лингвистических терминов Т.В. Жеребило, сленг – социальный диалект, групповой язык, характеризующийся экспрессивной направленностью[1]. Аналогичное определение дается в толковом словаре китайского языка[2].

Как правило, особенностями сленга являются многообразие форм его выражения, краткость и живость, широкий круг источников. Ряд

[1] Жеребило Т.В. Словарь лингвистических терминов. Режим доступа: https://rus-lingvistics-dict.slovaronline.com/3656-сленг (дата обращения: 04.10.2024).

[2] Словарь китайского языка. Режим доступа: https://www.hanyuguoxue.com/cidian/search?words (дата обращения: 06.10.2024).

исследований отмечают свойство сленга на свой лад преобразовывать исходную лексику [2]. Вместе с тем, сленгу свойственна некоторая размытость границ, в связи с чем говорить о сленге, как объекте наблюдения, можно лишь условно.

Для точного выбора стратегии перевода интернет-сленга, прежде всего, необходимо, рассмотреть способы словообразования китайского языка. Так, профессор А.А. Хаматова выделяет такие словообразовательные модели как:

– изменения в фонетической структуре слова;

– морфологические способы словообразования (аббревиация);

– лексические способы словообразования (метафора, метонимия);

– фразеологические преобразования [3].

Э.М. Берестовская называет следующие источники формирования сленга, которые характерны как для русского, так и для китайского языков: иноязычные заимствования; метафорика; развитие полисемии; антономасия; синонимическая или антонимическая деривация; аббревиация; замена слова паронимом; каламбурная подстановка [4].

С. Ван, А.В. Курьянович в рамках исследования способов пополнения русского и китайского молодежного жаргона приходят к выводу, что наиболее популярным способом словообразования в обоих языках выступает метафоризация [5].

Е.А. Строгонова в основу классификации словообразовательной модели китайского языка выделила фонетический и морфологический способ, лексические и фразеологические преобразования. Так, к фонетической модели, автор относит: заимствования из других языков на основе транслитерации и транскрипции; искажение существующих орфоэпических и орфографических норм; пародию на речь известных деятелей; сочетание букв и цифровых показателей, так называемая «цифровая аббревиация» [6].

Способ «цифровой аббревиации» образования сленговых единиц в русском языке не развит, в связи с чем его изучение представляет наибольший интерес. Стоит отметить, что одной из причин использования аббревиации в интернет-дискурсе Китая является попытка обойти жесткую цензуру.

Многие интернет-пользователи Китая вместо иероглифов используют буквы латинского алфавита. Например, GG – 哥哥 (старший брат), PFPF – 佩服佩服 (восхищаюсь), BT – 变态 (извращенец), PMP – 拍马屁 (подхалимничать).

Также существуют аналогичные термины, образованные от сокращений или изменений словосочетаний. Например, omg – 我的天 (Боже мой), Y – 为什么 (почему), GTG – 要走了 (от английского got to go), Nsdd 你说的对 (все верно говоришь), Xswl 笑死我了 (насмешил меня) и т. д. О.В. Павлова, Л.К. Раджабова в своем исследовании отмечают, что такое сжатие предложений происходит для достижения говорящим саркастического или комического эффекта [7].

Вместе с тем, многие из подобных выражений не соответствуют грамматическим нормам английского языка. Например, CU (see you – до свидания). Однако из-за своей простоты, удобства ввода и точности выражения, данные термины довольно часто используются при общении в интернете.

В общении также часто используются арабские цифры. Пользователи интернета, опираясь на созвучие и значение цифровых символов, выражают множество повседневных фраз в виде комбинаций цифр. Это просто и удобно в написании, легко воспринимается наглядно. Например: 886（拜拜啦）、9494（就是就是）. В основном, 10 арабских цифр имеют следующее значение:

0 – 你,

1 – 、意、你,

2 – 爱、饿，

3 – 生、想、深、真、散,

4 – 思、输、是、死、子、世，

5 – 我、往、呜、舞、苦、惟，

6 – 啦、了、聊、老、溜、理,

7 – 气、妻、亲、歉、去，

8 – 拜、别、不、吧、帮，

9 – 就、走、救、加、久.

Таким образом, через сочетания арабских цифр могут быть выражены различные словосочетания. Например: 7456 – 气死我了, 3344 – 生生世世.

В некоторых случаях происходит смешение арабских цифр, букв латинского алфавита, английских слов (смешанная аббревиация). Например:

7饭 – 吃饭 (есть, кушать),

city不city=洋气不洋气 (модно или нет),

PUA你= 控制你 (контролирую тебя).

Использование в китайском языке подобных сокращений исследователи связывают с омонимичностью китайского языка [8].

Отдельно хочется подчеркнуть такое свойство сленга, как его быстротечность и изменчивость. К примеру, аббревиатурой PUA пару лет назад можно было описать человека, который систематически изучает как повысить навыки привлечения другого человека с целью создания романтических отношений, то сейчас, указанный термин чаще используется для описания ситуаций, когда одна сторона в отношениях манипулирует другой через словесное унижение, отрицание действий и психологические давление.

12 декабря 2023 г. Государственный центр мониторинга и изучения лингвистических ресурсов Китая опубликовал 10 новых слов, которые активно использовались интернет-пользователями в 2023 г.: 爱达未来、烟火气、数智生活、村BA、特种兵式旅游、显眼包、主打一个××、多巴胺穿搭、命运的齿轮开始转动、新职人[3].

Проведенный нами анализ показал, что в Большом китайско-русском словаре[4] имеется перевод не всех слов. Здесь отсутствует перевод таких выражений, как 爱达未来, 数智生活, 新职人. Взяв в качестве материала указанные слова, предпримем попытку их перевода.

Для более точного перевода рассмотрим этимологию указанных выражений. Происхождение слова 爱达未来 следующее. В 2023 г. в Ханчжоу успешно прошли 19-е Азиатские игры. Девиз игр звучал следующим образом: «心心相融，@未来». Это китайская интерпретация олимпийского девиза «быстрее, выше, сильнее – вместе». Главной особенностью слогана Азиатских игр в Ханчжоу является символ «@». Таким образом, организаторы хотели указать не только на способность интернета объединить людей со всего мира посредством Азиатских игр, но также передать уверенность, оптимизм, готовность к различным вызовам, совместное стремление к прекрасному будущему.

Стоит отметить, что символ «@» в китайском языке читается как at, что соответствует английскому предлогу «в». По нашему мнению, «爱达» – это калька английского предлога at. Таким образом, @未来 и 爱达 можно перевести как «в будущее».

数智生活 – данное слово образовано из сложения следующих слов: «数字» – «цифра, число» и «智能» – «ум, интеллект; разум; способности».

Данное слово буквально описывает изменение жизни людей в связи с быстрым развитием технологий и искусственного интеллекта. 数智 также подчеркивает значимость совместного использования цифровых данных и накопленных знаний. Таким образом, 数智 можно перевести как цифровые знания, цифровой интеллект. Для перевода 数智生活, в русском языке близким соответствием будет «цифровая жизнь», «цифровой образ жизни».

Вместе с тем, как показал анализ, слово 数智生活 не получило широкого распространения, поскольку в китайском языке уже есть слово с похожим значением, которое на данный момент встречается намного чаще в обыденной жизни, а именно 智能生活.

新职人 описывает людей, обладающих специфическими профессиональными навыками и опытом, которые занимаются новыми профессиями.

В русском языке, аналогом могли бы стать такие слова, как «специалисты новых профессий» или «представители новых профессий». Также можно использовать термины «инноваторы» или «практики новых направлений».

---

[3] 2023年度十大网络用语 (10 интернет-сленгов 2023 года). Режим доступа: https://baike.baidu.com/ (дата обращения: 05.10.2024).

[4] Большой китайско-русский словарь. Режим доступа: https://bkrs.info (дата обращения: 17.09.2024).

Анализ и перевод вышеуказанных выражений показал, что интернет-сленг отражает актуальные события, происходящие в обществе, таким образом, он тесно связан с явлениями реальной жизни.

Вместе с тем, перевод сленга представляет собой уникальную задачу, требующую от переводчика не только глубоко понимания словообразовательных процессов внутри исходного языка, но и понимания культурных аспектов, традиций. Как уже не раз подчеркивалось в рамках данной статьи, сленг представляет собой не просто набор рандомных слов, а является показателем социальных трендов и уникальных жизненных реалий в любой стране. В связи с чем, при переводе сленговых выражений, необходимо избрать соответствующий способ адаптации в русском языке.

При переносе сленговых выражений из китайского языка в русский, прежде всего, необходимо проанализировать контекст употребления сленга, а также целевую аудиторию, на которую направлен перевод [9].

Е.Н. Пищерская выделяет следующие способы адаптации сленговой лексики: транслитерация; транскрипция; морфологическая адаптация; усечение; калькирование; описательный перевод; применение уже существующих в русском языке слов и выражений в новом значении [9].

Н.В. Зорина, К.В. Максимова рассматривают такие способы адаптации интернет-лексики, как: конкретизация, генерализация; заимствование; смысловое развитие; калькирование; антонимический перевод; транскрибирование; транслитерация; звуковое отсечение [10].

Наиболее удачным способом перевода сленговых единиц является поиск в переводящем языке близких соответствий. Данный способ позволяет максимально сохранить все оттенки и нюансы значений в переводимом слове.

Список источников

1. Карасова С.Я. Функционирование сленга в разных языках // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 65–2. С.149–152.
2. Петрова Л.Г., Мартиросян А.Г., Кравченко О.Н. Русский и китайский молодежные жаргоны как необходимые для изучения пласты лексики // Проблемы современного педагогического образования. 2022. С.219–222.
3. Хаматова А.А. Словообразование современного китайского языка. М.: ВКН, 2022. 232 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/365102 (дата обращения: 06.10.2024).
4. Береговская Э.М. Молодежный сленг: формирование и функционирование // Вопросы языкознания. 1996. № 3. С. 32–41.
5. Ван С., Курьянович А.В. Способы пополнения русского и китайского молодежного жаргона: когнитивные механизмы обусловленности // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2020. № 4 (210). С. 54–62.
6. Строганова Е.А. Сравнительный анализ словообразовательных моделей интернет сленга в русском и китайском языках в контексте влияния социальной среды // Вестник науки Сибири. 2014. №2 (12). С. 207–211.
7. Павлова О.В., Раджабова Л.К. Анализ словообразовательных механизмов формирования сленговых выражений молодежной среды в китайском языке // Филологические науки. Вопросы теории и практики. Philology. Theory & Practice. 2022. Т. 15. № 2. С. 559–563.
8. Волоконская А.С., Рудометова А.Ю., Капитонова Н.С. Особенности интернет-лексики современного китайского и английского языков // Современные исследования социальных проблем. 2020. Т. 12. № 6. С. 24–36.
9. Пищерская Е.Н. Способы адаптации англоязычной игровой лексики (геймерского сленга) в русском языке // Russian Linguistic Bulletin. 2023. № 6 (42). С. 1–4.
10. Зорина Н.В., Максимова К.С. Языковые тенденции в переводе сравнительных обзоров IT-сферы // Вестник Челябинского государственного университета. 2023. № 2 (472). С. 47–54.

Информация об авторах / Information about the Authors

Фетисова Светлана Анатольевна,
к.ф.н., доцент,
доцент департамента гуманитарных наук
Байкальского института БРИКС,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
s_fetisova@mail.ru

Svetlana A. Fetisova,
Cand. Sci. (Philology), Associate Professor,
Associate Professor of the Humanities Department,
Baikal School of BRICS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
s_fetisova@mail.ru

Дзёган Елена Олеговна,
магистрант,
Байкальский институт БРИКС,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Dzeganelena@mail.ru

Elena O. Dzegan,
Master's Degree Student,
Baikal Institute of BRICS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Dzeganelena@mail.ru

УДК 33

Анализ методов формирования фондов капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области

© О.А. Вологжина, Е.С. Дедюхина

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

Аннотация. Данная статья посвящена изучению процесса создания и использования денежных накоплений для капитального ремонта многоквартирных домов, с особым акцентом на методы, применяемые в Иркутской области в 2024 году. Капитальный ремонт таких домов играет ключевую роль в поддержании комфортных и безопасных условий проживания для граждан, поэтому в научной работе производится анализ существующих способов накопления денежных средств на проведение капитального ремонта, актуальность которого возрастает в условиях износа жилищного фонда и возрастающих требований собственников многоквартирных домов к комфортным жилищным условиям, а также осуществляется сравнение преимуществ и недостатков использования методов формирования фондов капитального ремонта многоквартирных домов на специальных счетах и на счете регионального оператора. В исследовании также рассматривается правовая база, обеспечивающая функционирование этих фондов, и приводятся статистические данные по собираемости взносов и количеству отремонтированных домов на территории Иркутской области. На основе собранной и проанализированной информации представлены рекомендации, необходимые для повышения эффективности процесса накопления и использования денежных средств для проведения ремонтных работ, включая предложения по стимулированию своевременной уплаты взносов и оптимизации учетных процессов. В заключении статьи авторы делают вывод о том, что формирование фонда капитального ремонта через счет регионального оператора является наиболее востребованным методом в Иркутской области, поскольку обеспечивает выполнение обязательств и проведение ремонта.

Ключевые слова: фонд капитального ремонта, специальный счет, счет регионального оператора, жилищный фонд

Analysis of formation funds methods for apartment buildings capital repairs in Irkutsk region

© Olga A. Vologzhina, Ekaterina S. Dedyukhina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article focuses on examining the process of forming and utilizing capital repair funds for apartment buildings, with a particular emphasis on the methods applied in the Irkutsk region in 2024. The overhaul of apartment complexes is crucial for maintaining comfortable and safe living environments for residents. Therefore, the study investigates the current approaches to accumulating funds for these repairs, especially as the ageing housing stock and growing expectations from property owners demand reliable maintenance solutions. It also explores the pros and cons of different funding strategies, such as special accounts versus accounts managed by a regional operator. Additionally, the study reviews the legal framework supporting these funds and offers statistical insights into contribution collection rates and the number of buildings renovated in the Irkutsk region. Based on this data, the authors propose recommendations to enhance the efficiency of fund collection and utilization, including strategies to encourage timely payments and improve accounting practices. The article concludes that forming a capital repair fund through a regional operator's account is the preferred approach in Irkutsk region, as it effectively fulfills obligations and ensures timely repairs.

Keywords: capital repair fund, special account, regional operator account, housing stock

В условиях износа жилищного фонда и возрастающих требований к комфорту и безопасности проживания, актуальность капитального ремонта многоквартирных домов в городах России, включая Иркутскую область, значительно возрастает. Проблематика старения жилищных фондов требует активных управленческих и финансовых решений для поддержания инфраструктуры в надлежащем состоянии. Целью нашего исследования является анализ существующих методов формирования фондов капитального ремонта.

Согласно статистике, приведенной на сайте 38.rosstat.gov.ru [1], площадь жилищного фонда Иркутской области за 2019–2023 гг. увеличилась на 3 304 тыс. м^2 (рис. 1).

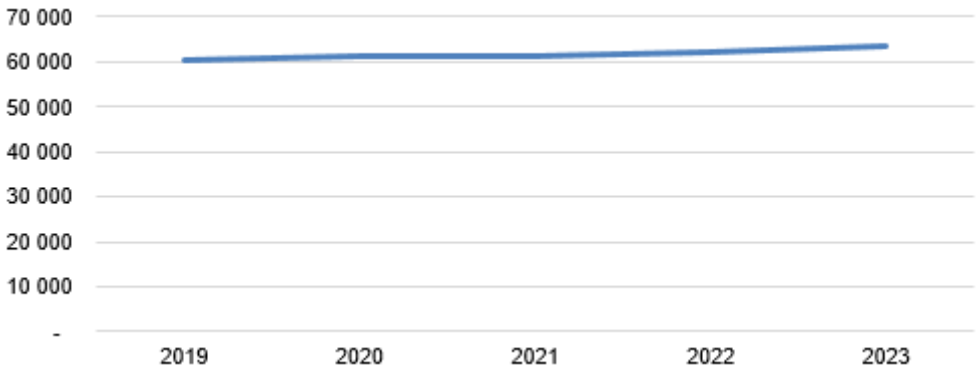


Рис. 1. Общая площадь жилищного фонда Иркутской области за 2019–2023 гг., тыс. м^2 общей площади

При этом основную долю в общем объеме жилищного фонда Иркутской области занимает частный фонд, доля которого составляет 93,34 % в 2022 г., 94,11 % в 2023 г. в общем объеме (рис. 2).

Согласно данным, опубликованным на официальном сайте Фонда капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области, в 2023 г. капитальный ремонт был проведен в 1128 многоквартирных домах.

В соответствии со статьей 158 Жилищного кодекса Российской Федерации (далее – ЖК РФ), каждый собственник помещения в многоквартирном доме обязан вносить средства на содержание общего имущества дома. Размер взносов определяется пропорционально доле в праве общей собственности и направляется на финансирование ремонтных работ.

В 2014 г. была основана специализированная некоммерческая организация «Фонд капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области» (далее – ФКР МКД), выполняющая функции регионального оператора капитального ремонта в этом регионе. Организация была учреждена Правительством Иркутской области через Министерство жилищной политики и энергетики.

Основные функции ФКР МКД Иркутской области включают:

1. Сбор взносов на капитальный ремонт от собственников помещений.
2. Открытие специальных счетов от имени фонда и проведение операций по ним, если на общем собрании собственники выбрали регионального оператора в качестве держателя специального счета [1].
3. Выполнение функций технического заказчика для проведения капитального ремонта.
4. Финансирование расходов, связанных с капитальным ремонтом из средств фондов и, при необходимости, из бюджетных средств.
5. Сотрудничеством с государственными и местными властями для обеспечения своевременного капитального ремонта.
6. Выполнением других функций, определенных законодательством и уставом Фонда.

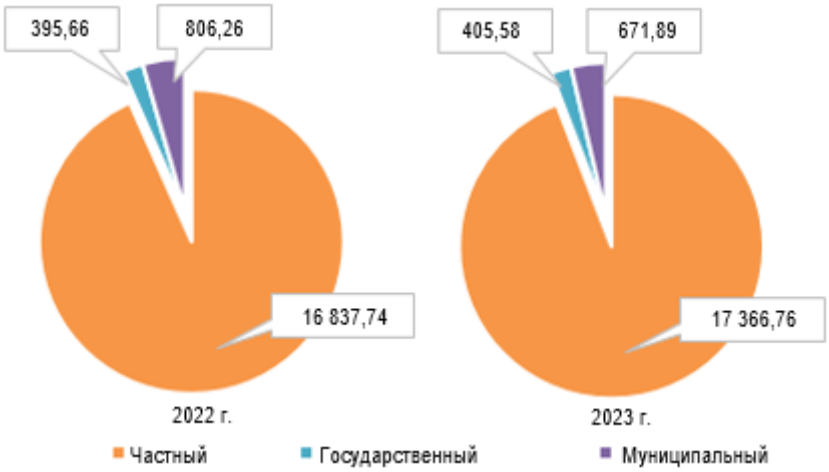


Рис. 2. Площадь жилищного фонда Иркутской области за 2022–2023 гг. по формам собственности, тыс. м^2

В настоящее время часть 3 статьи 170 ЖК РФ предоставляет собственникам право выбора метода накопления финансов для капитального ремонта: на счете регионального оператора или на специальном счете.

Региональный оператор капитального ремонта многоквартирных домов представляет собой специализированную организацию, назначаемую органами исполнительной власти на уровне субъектов Российской Федерации для выполнения функций по организации и проведению капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах.

Главной задачей регионального оператора является обеспечение качественного и своевременного капитального ремонта за счет собранных от собственников помещений в многоквартирных домах денежных средств.

Создание фонда капитального ремонта для многоквартирного дома на специальном счете включает в себя процесс накопления денежных средств, которые собственники жилья вносят для финансирования капитального ремонта общего имущества здания. Эти средства собираются на отдельном банковском счете, который открывается специально для данного дома. Эти деньги аккумулируются на отдельном счете в банке, который был открыт для конкретного дома. Управление данным счетом осуществляется выбранным собственниками уполномоченным органом. Специальный счет позволяет собственникам самостоятельно контролировать накопление и использование средств, а также планировать и организовывать выполнение ремонтных работ [2].

Способ формирования фонда капитального ремонта определяется собственниками на общем собрании жильцов многоквартирного дома (МКД). Для принятия данного решения необходимо более пятидесяти процентов голосов от общего числа владельцев помещений [3].

Собственники общего имущества обязаны вносить взносы на проведение ремонтных работ на основании платежных документов, которые предоставляются региональным оператором или организацией, уполномоченной открыть специальный счет (ч. 1 ст. 169 ЖК РФ) [4].

Рекомендуется выбирать метод накопления денежных средств на счете регионального оператора для домов, которым капитальный ремонт потребуется в ближайшем будущем. На специальном счете средства накапливаются в течение длительного времени, в то время как при использовании счета регионального оператора процесс формирования финансовых резервов может быть более оперативным, а нужную сумму можно возвращать после проведения ремонтных работ.

Если на собрании владельцев общего имущества таких домов был выбран специальный счет в качестве способа формирования фонда капитального ремонта, нужно определить:

– размер ежемесячного взноса на капитальный ремонт, который не может быть ниже установленного минимального размера, который определяется субъектом Российской Федерации;

– владельца;

– для открытия специального счета требуется сотрудничество с кредитным учреждением.

Специальный счет может принадлежать различным организациям, включая товарищества собственников жилья, региональных операторов, жилищные кооперативы, жилищно-строительные кооперативы или управляющие организации, ответственные за управление многоквартирным домом, согласно второй части статьи 175 ЖК РФ.

Накопление денежных средств на проведение ремонтных работ на специальном счете лучше всего выбрать домам, наименее нуждающимся в капитальном ремонте, тогда собственникам хватит времени накопить необходимую сумму.

По данным, размещенным в Государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ), по состоянию на 24.02.2024 г., в городе Иркутске общее количество МКД 5 899. Из них 5 096 домов включены в региональную программу капитального ремонта. В 5 077 МКД уже выбраны методы формирования фонда, в то время как информация о 19 домах отсутствует в системе. Указанная информация продемонстрирована на рис. 3.

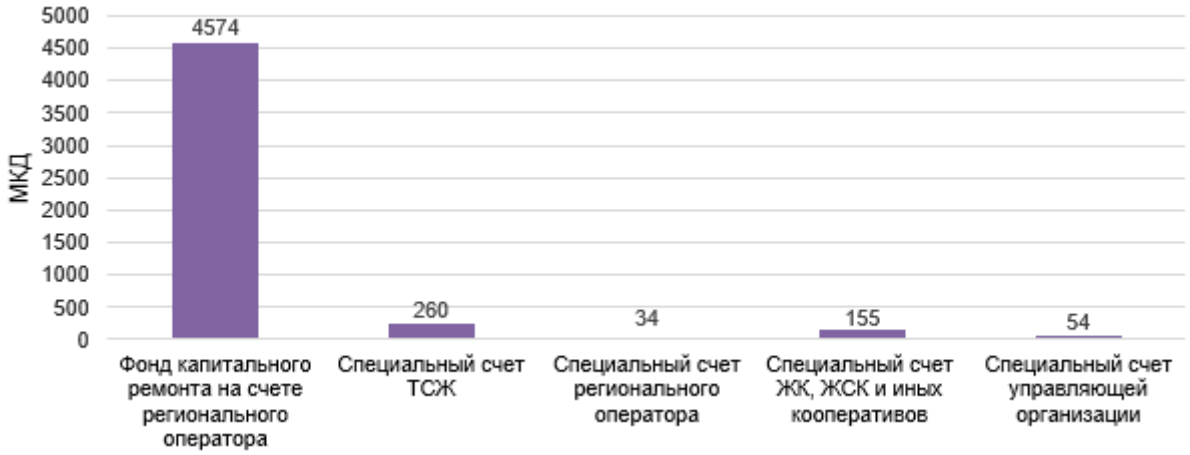


Рис. 3. Структура методов формирования фонда капитального ремонта многоквартирных домов в г. Иркутске

Диаграмма демонстрирует, что метод сбора финансовых средств для капитального ремонта МКД через счет регионального оператора является доминирующим, поскольку он был применен в 4 574 МКД, в отличие от метода накопления денежных средств на специальном счете, который применятся в 503 МКД.

В целях выполнения региональной программы капитального ремонта Иркутской области, утвержденной постановлением Правительства Иркутской области от 20 марта 2014 г. № 138 – п.п. «Об утверждении региональной программы капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах на территории Иркутской области», используется перечень услуг и работ по капитальному ремонту, регламентируемые частью 1 статьей 166 ЖК РФ, оказание и (или) выполнение которых финансируются за счет средств фонда капитального ремонта, который сформирован исходя из минимального размера взноса на капитальный ремонт, установленного нормативным правовым актом субъекта Российской Федерации, включает в себя ремонт, замену или восстановление(модернизацию) [5]:

– внутридомового электроснабжения;

– систем теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения, водоотведения;

– лифтов и их шахт, машинных и блочных помещений;

– крыши;

– подвальных помещений, относящихся к общему имуществу в многоквартирном доме;

– фасада;

– фундамента.

Источники формирования денежных средств для проведения ремонтных работ представлены на рис. 4 [6]:

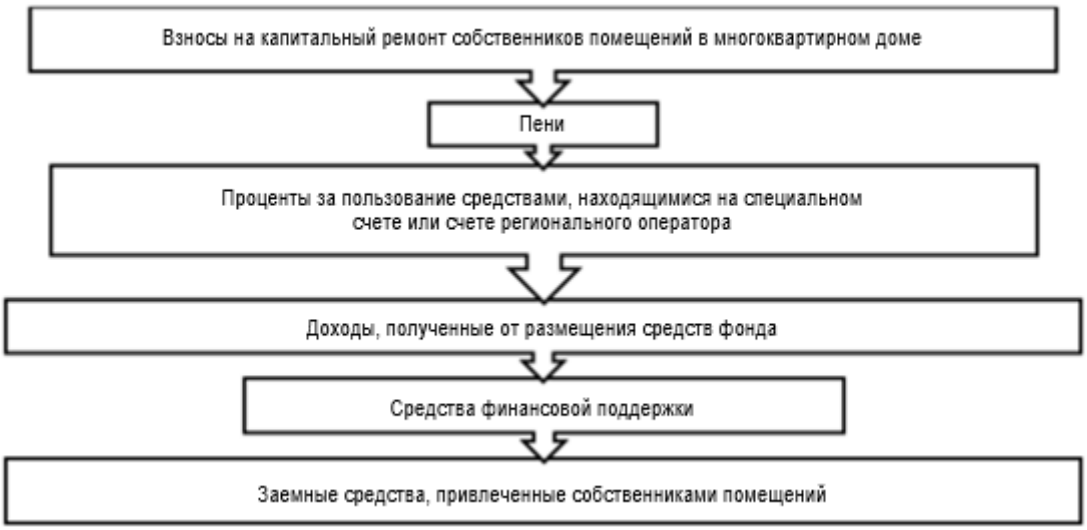


Рис. 4. Источники формирования фонда капитального ремонта

Дополнительно данные о собираемости взносов на ремонтные работы в Иркутской области за период с 2014 по 2023 г., представленные в таблице, демонстрируют, что уровень сбора взносов превышает 75 %.

Владельцы помещений в МКД обязаны уплачивать денежные взносы на проведение ремонтных работ каждый месяц [7].

Согласно части 8.1 статьи 156 Жилищного кодекса РФ, минимальный размер этого взноса устанавливается нормативным актом субъекта Российской Федерации на основании методических рекомендаций федерального исполнительного органа власти. Он зависит от общей площади помещения, типа и этажности здания, стоимости ремонтных работ и сроков эксплуатации его элементов.

Размер взноса может варьироваться в зависимости от муниципального образования и перечня работ, предусмотренных законодательством. Кроме того, на общем собрании собственников помещений многоквартирного дома может быть принято решение о повышении размера взноса.

Собственники помещений не обязаны уплачивать взносы на капитальный ремонт для домов, признанных аварийными и подлежащими сносу, а также в случаях, когда принято решение об изъятии земельного участка и жилых помещений для государственных или муниципальных нужд.

Каждый из методов накопления средств на капитальный ремонт имеет как положительные, так и отрицательные стороны [8].

Преимуществами накопления денежных средств для проведения капитального ремонта на специальном счете в банке является:

– средства фонда предназначены исключительно для капитального ремонта данного многоквартирного дома;

– собственники самостоятельно производят контроль за формированием денежных средств для проведения капитального ремонта;

– возможность проведения ремонта до установленного срока при накоплении достаточной суммы;

– собственники могут самостоятельно выбрать подрядчика, определить сроки, принять работы и выбрать кредитную организацию;

– возможность в любой момент изменить способ формирования фонда капитального ремонта многоквартирного дома.

Недостатками создания фонда капитального ремонта на специальном банковском счете являются:

– собственники должны самостоятельно оплачивать содержание и управление счетом, а также организовывать ремонтные работы и контролировать их выполнение;

– владельцы счета ведут взаимодействие с банком, где открыт специальный счет, без посторонней помощи;

– решение вопросов с должниками по уплате взносов ложится на плечи самих собственников.

Преимущества формирования фонда капитального ремонта через счет регионального оператора заключаются в следующем:

– капитальный ремонт проводится в домах, которые наиболее нуждаются в ремонте;

– субъект РФ несет ответственность за обязательства регионального оператора, обеспечивая выполнение всех обязательств, которые возложены на собственников помещений многоквартирного дома при использовании метода формирования денежных средств на специальном счете.

Недостатки метода формирования фонда капитального ремонта на счете регионального оператора:

– переход на специальный счет возможен через два года после решения собственников, если не установлен меньший срок;

– нехватка средств для выполнения обязанностей;

– взыскание взносов с неплательщиков возможно только через суд;

Собираемость взносов на капитальный ремонт на территории Иркутской области за период с 2014 по 2023 г.

Показатель	Период			
	2014–2021 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Собираемость взносов на капитальный ремонт на территории Иркутской области, %	75,81	87,12	78,28	85,94

– порядок проведения ремонтных работ определяется в соответствии с региональной программой капитального ремонта, которая реализуется на протяжении 30 лет (в результате многие собственники многоквартирных домов вынуждены оплачивать ремонтные работы, которые не планируются в ближайшей перспективе, что вызывает недовольство и ожидание) [9].

Таким образом, фонд капитального ремонта, размещенный на счете регионального оператора, представляет собой наиболее популярный способ накопления денежных средств в Иркутской области. В этом случае ответственность за организацию капитального ремонта и соблюдение обязательств по содержанию жилого фонда лежит на юридическом лице, назначенном органами исполнительной власти субъекта Российской Федерации.

Для достижения эффективного накопления финансов на капитальный ремонт нужно [10]:

1. Регулярный технический осмотр и оценка текущего состояния конструкций и инженерных систем МКД

2. Корректировка размеров взносов на капитальный ремонт в зависимости от стоимости материалов и услуг

3. Оптимизация учета и контроля платежей с помощью автоматизированных систем

4. Разработка мер по стимулированию своевременной уплаты взносов для повышения уровня собираемости денежных средств на капитальный ремонт, а именно:

– проведение собраний, отправка информационных бюллетеней и размещение уведомлений на стендах в подъездах, подчеркивающих значимость своевременной оплаты взносов и возможные последствия задержек;

– выставление отчетов о расходах, выполненных и запланированных работах на отдельных стендах для повышения доверия к управлению фондом;

– предложение скидок жильцам многоквартирных домов за регулярную и своевременную оплату взносов;

– с добровольного согласия жильцов ввести автоматическое списание денежных средств с банковского счета в размере взноса, а также ввести онлайн платежи через интернет-банкинг, мобильное приложение, личный кабинет на сайте и электронных кошельки;

– формирование культуры ответственности и взаимной поддержки среди жильцов через активные инициативные группы;

– разработка гибких условий уплаты взносов для жильцов, испытывающих финансовые трудности, например, индивидуальный график платежей или рассрочка.

Список источников

1. Курманбаев М.М. К вопросу об использовании специального счета для взносов на капитальный ремонт МКД // Право и государство: теория и практика. 2023. № 10 (226). С. 350–352. https://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_10_350.

2. Колтунова И.С. Некоторые проблемы сбора средств в фонд капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах // Молодой ученый. 2022. № 50 (445). С. 113–116.

3. Конорева А.И. Проблема проверки законности и обжалования решений общих собраний собственников помещений МКД // Вестник науки. 2024. Т. 1. № 12 (81). С. 486–495. Режим доступа: https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/article/19205?ysclid=m4hswds6yg485749129 (дата обращения: 15.10.2024).

4. Санникова Е.С. К вопросу о правах и обязанностях плательщиков взносов на капитальный ремонт и фондов капитального ремонта // Право и общество. 2024. № 1 (14). С. 57–59.

5. Маличенко И.П. Совершенствование механизма финансирования и реализации региональных программ капитального ремонта многоквартирных домов в России // Жилищные стратегии. 2021. Т. 8. № 4. С. 399–424.

6. Дедюхина Е.С., Добышева Т.В., Неудачин Е.А. Источники и способы финансирования капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов с использованием инновационных механизмов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 2 (7). С. 13–19.

7. Апрелкова А.Ю., Добышева Т.В. Анализ собираемости взносов на капитальный ремонт общего имущества многоквартирных домов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 3. С. 350–357.

8. Ковалевская Н.Ю., Щербакова И.Н., Файберг Т.В. Особенности механизма финансирования капитального ремонта жилого фонда // Baikal Research Journal. 2023. Т. 14. № 2. С. 438–449. Режим доступа: https://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=25862 (дата обращения: 15.10.2024).

9. Ермишина А.В., Клименко Л.В. Капитальный ремонт многоквартирных домов: проективные установки и поведенческие практики россиян // Вестник Института социологии. 2020. Т. 11. № 4. С. 190–212. https://doi.org/10.19181/vis.2020.11.4.685.

10. Генцлер И.В. Предложения по совершенствованию законодательства, регулирующего проведение капитального ремонта многоквартирных домов с использованием модели «Специальный счет» // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2023. № 7 (262). С. 19–23.

Информация об авторах / Information about the Authors

Вологжина Ольга Андреевна,
студент,
Институт экономики, управления и права,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
olia.voiog@mail.ru

Olga A. Vologzhina,
Student,
School of Economics, Management and Law,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
olia.voiog@mail.ru

Дедюхина Екатерина Сергеевна,
старший преподаватель кафедры экспертизы
и управление недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ded_es@mail.ru

Ekaterina S. Dedyukhina,
Senior Lecturer of the Expertise
and Real Estate Management Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ded_es@mail.ru

Linguocoaching as an innovative technology in the development and improvement of the business units functioning

© Denis M. Stepanov, Natalia A. Korepina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Modern requirements imposed on enterprises necessitate the transformation of management models for business structures. One of the contemporary methods in management is language coaching, which is based on corporate coaching. An effectively constructed model of business language coaching within an enterprise allows for broadening perspectives and defining clear goals, for which a specific action algorithm is developed. The essence of language coaching in a business context is in the gradual and maximally convenient transformation of theoretical knowledge of a foreign language into practical application within the enterprise. The article presents the purpose of the work – to study the approach of linguistic coaching as an innovative technology, the application of which is relevant for the development and improvement of the activities of business enterprises. The following methods were used for the research: theoretical generalisation, induction, comparison, analysis, and synthesis. The article provides the results of the work carried out, during which it was revealed that linguistic coaching is a modern tool for the financial development of enterprises through the definition of clear goals and an effective algorithm for achieving them with minimal effort, and it was also established that this tool is used to form the financial and economic stability of the organisation and scale up the company's activities.

Keywords: linguocoaching, business enterprises, business innovations, sustainable development, financial and economic development

УДК 334.024

Лингвокоучинг как инновационная технология в развитии и совершенствовании функционирования бизнес-единиц

© Д.М. Степанов, Н.А. Корепина

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

Аннотация. Современные требования, предъявляемые к предприятиям, определяют необходимость трансформации модели управления бизнес-структурами. Одним из современных методов в управлении считается языковой коучинг, основой которого является корпоративный коучинг. Эффективно построенная модель бизнес-лингвокоучинга на предприятии дает возможность расширить кругозор и определять четкие цели, для достижения которых разрабатывается специальный алгоритм действий. Сущность лингвокоучинга в условиях бизнеса заключается в постепенной и максимально удобной трансформации теоретических знаний иностранного языка к их применению в практике предприятия. Цель работы – изучение подхода лингвокоучинга как инновационной технологии, применение которой актуально для развития и совершенствования деятельности бизнес-предприятий. Для проведения исследования использованы следующие методы: теоретическое обобщение, индукция, сравнение, анализ и синтез. В результате проведенной работы было выявлено, что лингвокоучинг – это современный инструмент финансового развития предприятий через определение четких целей и эффективный алгоритм их достижения с применением минимальных усилий. Установлено, что данный инструмент используется для формирования финансово-экономической стабильности организации и масштабирования деятельности компании.

Ключевые слова: лингвокоучинг, бизнес-предприятия, инновации в бизнесе, устойчивое развитие, финансово-экономическое развитие

Throughout history, virtuosos, talented artists, and athletes have relied on a coach to help them excel. These coaches provided continuous feedback, aiding their trainees in enhancing their skills and overcoming obstacles to achieve success. In the business realm, coaches serve a similar purpose, assisting professionals who encounter challenges in their careers. The coach's role involves helping employees recognize when their behaviors deviate from productive norms and guiding them towards alternative actions that ensure success.

The rise of professional coaching is a response to the demands of contemporary society. Particularly, it signifies the need for wise decision-making in life. In business, it translates to an

increase in human resource efficiency by tapping into internal potential, making operational decisions, and fostering innovative actions and decision-making among workers [1].

Training and development have evolved alongside the intricate transformations of modern organizations, which strive to keep pace with rapid global changes. This system encompasses various facets such as individual knowledge, personal experience, and personal growth. Within an organizational framework, the coaching and growth subsystem integrates these facets through both formal and informal learning, training, and education. Experience, on the other hand, is gained through practical job execution, action learning, and mentoring [2].

Modern world requirements have a direct impact on business structures. The qualitative assurance of their functioning is carried out with the help of special tools. In the context of relationships in the business environment, there is a trend towards applying coaching. Coaching represents one of the modern development-oriented approaches based on the proper setting of goals and achieving high results. Language coaching can be viewed as one of the formats of coaching, which is not considered a new teaching method but serves as an integration of life and business coaching with traditional methodologies [3].

The term "coaching" is considered a relatively new term in the modern business space. Focusing on the original meaning of the term and its interpretation in English, it can be noted that the direct meaning of this concept relates to the transportation of a specific cargo from point "A" to point "B." Therefore, transferring the meaning of this term into the business space, it can be concluded that it serves as a tool to help achieve a specific goal or result [4]. In the business space, this approach is aimed at enhancing the potential of an enterprise or assisting in achieving certain objectives. The role of the coach is not to define specific goals for employees to achieve but to select the most optimal methods and steps toward achieving set goals [5].

Individuals undergoing coaching are recognizing its benefits, but organizations funding these services expect a return on investment (ROI). Effective coaching must cater to both the personal needs of clients and the overarching goals of the organization. Coaching That Count introduces a framework that accomplishes this dual requirement. It positions coaching as both a personal growth tool and a strategic organizational initiative. For coaching to be deemed strategic, it extends beyond the individual coaching experiences, actively aligning with and supporting business objectives. Successful coaching initiatives require careful management to ensure that each coaching relationship contributes meaningfully to the organization's strategic goals [6].

In a business context, one of the main roles of linguocoaching is expanding employees' thinking boundaries and developing a step-by-step action plan to achieve specific goals. According to Salomaa R., language coaching is aimed at identifying individual accelerators and providing assistance in finding quick solutions that help achieve the best results with maximum efficiency [6]. Juraeva G.B. and Lockwood J. emphasise that the coach, in this case, does not merely teach employees but ensures an increase in their motivation level along with a corresponding rise in genuine employee engagement. The language coach combats all obstacles that may arise for employees when learning a foreign language and applying it in practice [7, 8]. Accordingly, this work aims to study the linguocoaching approach as an innovative technology used for the development and improvement of business structures. The following methods are applied: theoretical generalisation, deduction, induction, comparison, analysis, and synthesis.

The growing trend of dyadic and group coaching as leadership interventions is evident in the business coaching sector's revenue, which saw a 5.6 % annual growth, reaching USD $15 billion in 2019. As organizations strive to address the leadership skills gap, this study explores the potential to adapt dyadic coaching models into group coaching formats. A thorough investigation was conducted, reviewing academic literature, coaching association reports, findings from research institutions, relevant online content, books, and business journals to analyze the theories and practices surrounding both coaching methods. The findings reveal that while certain aspects of dyadic coaching can indeed be transitioned to a group setting, the unique challenges associated with group dynamics make a direct scaling from dyadic to group coaching impractical [9].

The initial foundations of coaching as an independent direction were laid by Timothy Gallwey, who proposed the idea that coaching is a structured tool that does not teach but rather allows individuals to learn and maximally unlock their potential [10]. In the field of linguodidactics, there is a tendency to combine coaching and linguistics. The coaching techniques developed and individually tailored by language coaches make the process of learning a foreign language more effective. In such cases, the main focus is on utilising the latent capabilities of employees [11]. Here, the process of learning a foreign language occurs during the employees' work within the company. Sacco S.J. and De Koffi S. noted that this direction is particularly in demand for business units that collaborate with foreign partners or plan to scale their production and operations by entering foreign markets [12]. According to research conducted by Groves B., in this situation, a business language coach helps at the goal-setting stage to establish a connection between the employee's personal goals, motivation, capabilities, and the conditions under which these goals can be achieved with maximum benefit for both the company and the employee's motivation [13].

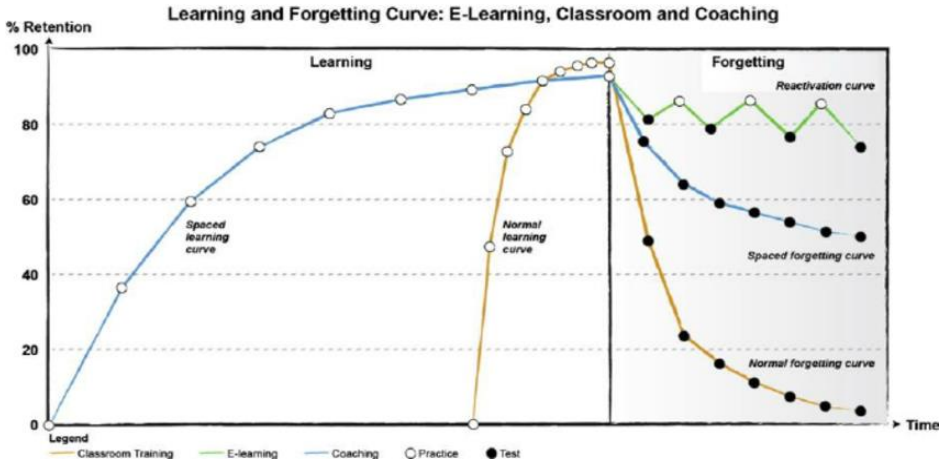
Thus, literature reviews have demonstrated that the primary significance of language coaching in business is in the gradual and most convenient transition from theoretical knowledge of a foreign language to its practical application within the enterprise. To fully understand the essence of language coaching and its effectiveness, it is advisable to consider the model of language learning through three methods: in-class, e-learning, and coaching (Figure). According to research by von Rosing M., von Scheel J., Fonseca M., and Foldager U., a scheme for learning and forgetting information was studied. This model revealed that language coaching is the most effective method for gradually learning information in practice. In comparison to standard language learning methods, the forgetting of acquired knowledge occurs much less frequently; thus, retention drops from 95 % to 50 %, while a similar level of knowledge in traditional language study formats decreases to nearly 0–5 % over the same period [14, 15].

It is important to understand that learning a language using the coaching method may take more time than standard learning formats. The authors of the research associate this with the fact that coaching within the functioning of business enterprises is not an oriented form of education but represents a model of integrating the process of learning English with the simultaneous implementation and use of knowledge in the enterprise's operations. Thus, linguocoaching in this case acts as:

– a scientifically grounded tool that simplifies language learning according to an effective training program and achievement of goals through coaching methodologies;

– an adaptive meta-tool that allows for effective management of the enterprise's progress.

This approach serves as an effective tool for working with human consciousness. It is based on the principles of goal setting, motivation formation, and language, where the latter defines one’s lifestyle and fosters a genuine belief in one’s abilities and feedback. The combination of these principles ensures the construction of an effective management model for the enterprise and its structural units.



Effectiveness of coaching in the learning and forgetting

The method we are studying relates to business coaching and has a positive impact on optimising the use of human resources, developing time management strategies, setting business priorities, and increasing enterprise productivity. In the framework of researching the role of linguocoaching in the functioning of business units, an analysis was conducted on the practical implementation, role, and effectiveness of this tool in the activities of individual enterprises. A brief analysis based on the results of this method's implementation is presented in the table below.

The empirical application of language coaching in the business of the following organizations has been studied: KMG Engineering LLP, Gazprom PJSC, Sberbank PJSC, and Triumph Group LLC. The study demonstrated that there was no full-fledged application of language coaching in the examined enterprises. Instead, it was observed that these organizations primarily implement corporate coaching that integrates aspects of language coaching. This approach facilitates a gradual and effective enhancement of employees' language abilities. KMG Engineering LLP and Gazprom PJSC apply corporate coaching with elements of a language coaching approach. This enhances the quality of work among employees, as well as the level and quality of management within the enterprise, positively impacting the company's financial and economic standing and facilitating entry into new markets. The first company employs a co-active approach, considering each self-sufficient with corresponding resources. This enables a personalised approach

Role of linguocoaching in the business units functioning

Business unit's name	Type of coaching used	Role of the instrument	Solved problems	Effectiveness
KMG Engineering LLP[1]	Corporate coaching with the integration of a linguocoaching approach includes a co-active method where the employee is viewed as a creative individual	Improving employee performance this positively impacts the financial and economic state of the company	Unleashing employee potential and maximising their productivity	Expanding horizons and improving understanding among colleagues by acquiring techniques aimed at achieving set goals
Gazprom PJSC[2]	The corporate coaching method is applied, and organised for department and division heads. Alongside this, elements of language coaching are reflected in the use of foreign language terms	The level of work and its quality, as well as accompanying management, are improved	Forming a management model for leaders is based on awareness and the differentiation of the methods used in practice	Scaling the opportunities for employment and language acquisition, so stabilising and developing team ties
Sberbank PJSC[3]	Career coaching with elements of language coaching	Assisting employees in adaptation, removing barriers, unlocking career potential, forming clear positions for each employee, and developing competencies contributing to the company's growth	Career advancement in the course of simultaneously addressing language issues and developing leadership skills	Fostering creative and cognitive processes among employees, acquiring language skills, and enhancing networking
Triumph Group LLC[4]	Implementing language coaching into the practice of experienced coaches	Development of language skills for coaching experts	Career progression, enhancing the demand and qualifications of employees	Increasing organisational reach and financial-economic growth of the company

[1] КМГ «Инженеринг». Access mode: https://www.kmge.kz/ [access date: 13.09.2024].
[2] Газпром. Access mode: https://www.gazprom.ru/ [access date: 13.09.2024].
[3] Sberbank. Access mode: https://www.sberbank.com/ru [access date: 13.09.2024].
[4] Triumph Group. Access mode: https://triumf.pro/ [access date: 13.09.2024].

to each worker, unlocking their potential and maximising productivity. The effectiveness of the tools applied within KMG Engineering LLP allows for broadening perspectives, improving understanding among colleagues, and acquiring techniques aimed at achieving set goals in financial and economic development. Gazprom PJSC actively implements foreign terminology across all structural divisions, supported by professional coaching. This approach enhances the awareness level of managers, stabilises the management model, and updates the methods used in practice. The effectiveness of this tool directly influences management capabilities, optimises work algorithms, develops language skills, and strengthens corporate relationship within the team. All these aspects positively affect the company's competitiveness and, consequently, its financial condition by improving its diverse skills and providing an individualised approach to clients.

Sberbank PJSC practices career coaching with elements of language coaching in its operations. This approach assists employees in adapting, overcoming barriers, unlocking career potential, clarifying each employee's position, and developing competencies that contribute to the company's growth. All these elements collectively foster the development of the enterprise's business strategy and its financial and economic aspects, ensuring stability and enhancing its networking.

Particular attention should be given to Triumph Group LLC. This organisation provides coaching services to other enterprises while incorporating language coaching into its own practices to prepare qualified experts in relevant scientific fields. This approach addresses issues such as career advancement, increasing the demand for and qualifications of employees to expand the reach to potential client organisations, and promoting financial and economic growth for the company.

Overall, the conducted research showed that there was no evidence of the independent use of language coaching without integration into corporate coaching. This circumstance is related to the fact that the application of linguocoaching in an enterprise must have certain prerequisites, and employees should be prepared for innovations. This ensures a gradual implementation of desired changes in the company's activities with a forecast for growth in financial indicators based on expected results. Consequently, the positive impact of linguocoaching is only possible based on its integration into an already stable management system of the enterprise. Only this allows for addressing problematic issues and stimulating the financial and economic development of business units.

Thus, the following conclusions can be formulated:

– linguocoaching is a modern tool for the development of enterprises and ensuring their financial stability;

– an increased level of effectiveness of the linguocoaching tool has been noted for those enterprises that practice integrating language coaching into corporate coaching, which prepares the groundwork for a gradual transition to a new level of management and operation;

– language coaching plays the role of a new innovative tool, the practical use of which has recently gained significant traction, as evidenced by its adoption even by organisations that provide coaching services (for example, Triumph Group);

– the role of linguocoaching in an enterprise is to assist employees in defining clear goals and the most effective algorithms for achieving them with minimal effort, where the long-term goal is to establish financial and economic stability for the organisation and scale its activities in the future;

– an individualised approach and specially developed strategy are the foundation of the methodological approach to teaching foreign languages in business contexts, allowing the company to establish networking, expand connections, and motivate employees, ensuring their engagement in the effectiveness of practical applications of tools.

Список источников

1. Pour M.H., Herat A.T. Business coaching competencies // International Journal of Human Resource Management and Research (IJHRMR). 2013. Vol. 6. Iss. 6. P. 15–28.

2. Tarry A. Coaching for organisational effecttiveness. A complex systems perspective // Организационная психология. 2013. Т. 3. № 4. С. 60–67. Режим доступа: https://orgpsyjournal.hse.ru/2013-3-4.html (дата обращения: 20.09.2024).

3. Juraeva G.B. Teacher competence in lingua-coaching approach // Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities. 2022. Vol. 12. Iss. 1. P. 276–282.

4. Juraeva G.B. A systematic approach in learning english language on the base of lingua coaching // Academicia: an international multidisciplinary research journal. 2021. Iss. 11 (1). P. 1382–1385. https://doi.org/10.5958/2249-7137.2021.00250.0.
5. Anderson D., Anderson M. Coaching that counts. UK: Routledge, 2004. 277 p.
6. Salomaa R. Expatriate coaching: Factors impacting coaching success // Journal of Global Mobility. 2015. Vol. 3. Iss. 3. P. 216–243.
7. Juraeva G.B. The importance of teacher competences in linguo-coaching approach // Namangan davlat universiteti Ilmiy axborotnomasi. 2023. Iss. 11. P. 655–661.
8. Lockwood J. Theorising communications coaching in Asian contact centres: what is the approach? // Industrial and Commercial Training. 2018. Vol. 50. Iss. 6. P. 312–325.
9. Wales C. Expanding the reach of coaching: Effectively scaling dyadic leadership coaching model to group leadership coaching modality. Seminar Paper. Platteville: University of Wisconsin-Platteville. 2021. 88 p.
10. Голви У.Т. Работа как внутренняя игра: Фокус, обучение, удовольствие и мобильность на рабочем месте. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. С. 5–26.
11. Borkowska-Kępska B. Language coaching as an approach to the development of the foreign language competencies of managers // Zarządzanie. Teoria i Praktyka. 2018. Vol. 24. Iss. 2. P. 43–50.
12. Sacco S.J., De Koffi S. A Case Study of Workplace Language Use Within Micro, Small, Midsize, and Large Companies: Insights from Language School Students in Abidjan, Ivory Coast // Global Advances in Business Communication. 2022. Vol. 9. Iss. 1. P. 3.
13. Groves B. Coaching, performing and thinking at work. Milan, 2013. 143 p.
14. Von Rosing M., Von Scheel J., Fonseca M., Foldager U. The Need for a Standardized and Common Way of Process Training // The complete business process handbook. 2015. P. 673–676.
15. Pirini J. Analysing business coaching: using modal density as a methodological tool //Journal Multimodal Communication. 2013. Vol. 2. Iss. 2. P. 195–216.

Information about the Authors / Информация об авторах

Denis M. Stepanov,
Student,
Baikal School of BRICS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
dstepanov24@icloud.com

Степанов Денис Михайлович,
студент,
Байкальский институт БРИКС,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
dstepanov24@icloud.com

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

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

УДК 159.9

Экспериментальный анализ эффекта профессионального выгорания в деятельности преподавателей французского языка

© Ю.В. Кузнецова

Московский государственный лингвистический университет, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В представленной работе приведены результаты экспериментального исследования, направленного на изучение эффекта профессионального выгорания у преподавателей французского языка лингвистического университета. Предпринята попытка анализа и обобщения эмпирических данных об особенностях данного процесса среди преподавателей. Контекст этого выгорания связан со спецификой обучения французскому языку в условиях предпочтительного выбора обучающимися разных уровней образовательной и профессиональной подготовки английского языка как доминирующего с точки зрения коммуникативной и ценностной значимости. Преподавание французского языка, как и любого другого иностранного – это ответственная задача, требующая от преподавателя постоянного контакта с учениками, внимательного выслушивания, исправления ошибок и корректной обратной связи. Чаще всего это происходит за счет внутренних резервов преподавателя, что приводит к его физическому и эмоциональному истощению и феномену профессионального выгорания, официально признанному болезнью. В результате интерпретации полученных данных на экспериментальном уровне было подтверждено, что работа в сфере «человек-человек» является одной из самых сложных, так как помимо профессиональных качеств, преподаватель должен воспитывать в себе моральные ценности и принципы, которые он может передать своим обучающимся в рамках воспитательной функции учебного процесса. Установлено, что 50 % преподавателей французского языка страдают от профессионального выгорания, что вызывает беспокойство и указывает на необходимость принятия мер и разработки его профилактики, поскольку эмоциональное истощение напрямую влияет на результаты профессиональной деятельности преподавателя и его отношение к работе.

***Ключевые слова*:** выгорание, преподаватели французского языка, стресс, профессиональная деятельность, психология

Experimental analysis of the effect of professional burnout in the activities of French language teachers

© Yulia V. Kuznetsova

Moscow State Linguistic University, Moscow, Russian Federation

Abstract. The presented article presents the results of an experimental study aimed at studying the effect of professional burnout among teachers of the French language at a linguistic university. The article attempts to analyze and summarize empirical data on the characteristics of this process among educators. The context of this burnout is related to the specifics of learning the French language in conditions where students of various levels of educational and professional training prefer to choose the English language as dominant in terms of communicative and value significance. Teaching the French language, like any other foreign language, is a responsible task that requires the teacher to maintain constant contact with students, attentive listening, correction of mistakes, and appropriate feedback. More often than not, this occurs at the expense of the teacher's internal resources, leading to physical and emotional exhaustion and the phenomenon of professional burnout, which is officially recognized as an illness. As a result of the interpretation of the obtained data at the experimental level, it has been confirmed that work in the "human-human" sphere is one of the most complex, as, in addition to professional qualities, the teacher must cultivate moral values and principles within themselves that they can impart to their students within the educational function of the learning process. It has been established that 50% of French language teachers suffer from professional burnout, which raises concerns and indicates the need for measures to be taken and the development of its prevention, as emotional exhaustion directly affects the results of the teacher's professional activity and their attitude towards work.

Keywords: burnout, French language teachers, stress, professional activity, psychology

Профессиональное выгорание – это хроническое состояние физического и эмоционального истощения, которое возникает в результате чрезмерной работы и/или постоянного стресса. Симптомы данного состояния проявляются как в физической усталости, так

и в чувстве психологического и эмоционального истощения. Согласно утверждению Г. Фрейденберга, эмоциональное истощение, вызванное усиливающимся проявлением апатии и равнодушия к своей профессиональной деятельности, может привести к спаду компетентности и, более того, к когнитивному регрессу человека, можно понять, что последствия данного расстройства не могут дать утешительного вердикта. Вот почему важно выявить перечень симптоматики, который поможет опознать и предотвратить указанные последствия. Заметив заранее проявление тех или иных сигналов, можно оказать немедленное вмешательство, чтобы избежать дегуманизации преподавателя по отношению к ученикам и негативные результаты деятельности учащихся, вследствие деморализации учителя [1].

Многие ученые предлагают свои модели синдрома выгорания. Идея состоит в том, что человек проходит несколько ступеней психического недомогания, после которых без всякого сомнения можно установить данное расстройство [2]. Одна из наиболее известных схем – трехфакторная модель К. Маслач[1]. Первая фаза, через которую проходит человек – это эмоциональная усталость, которая характеризуется депрессией, невозможностью контролировать эмоции, дефицитом энергии для выполнения базовых процессов, отсутствием энтузиазма к внешней обстановке, снижением эмоциональной активности. Второй этап – деперсонализация, которая сопровождается негативным отношением к людям, цинизмом и отстраненностью. И заключительный этап – редуцирование персональных достижений. Характерными симптомами этого этапа являются сниженная продуктивность с преуменьшением значимости собственных достижений, сниженный уровень самоуважения и уменьшение компетентности вследствие упадка профессиональной мотивации.

Свою схему предложил В.В. Бойко, в которой он также рассматривает три этапа. Первый этап он называет «тревожное напряжение», основа симптоматики данной фазы – это тревога, депрессивный настрой, тяжелое переживание психотравмирующих положений, недовольство собой. Второй этап – резистенция, сопровождаемая дефективным эмоционированием, дегуманистической дезориентацией, удержанием эмоций, спадом профессиональных способностей. И завершающий этап – истощение. Основные сопутствующие симптомы: существенный недостаток эмоционального реагирования, отстраненность, психосоматические отклонения [3].

Свою модель выдвинула и Т.И. Ронгинская, согласно концепции М. Буриша. В схеме, представленной Т.И. Ронгинской, есть шесть фаз для детального описания состояния человека с данным недомоганием. Первая фаза носит название «предупреждающая». Здесь характерны бессонница, чрезмерная интенсификация, недомогание и легкая апатичность. Вторая фаза характеризуется уменьшением показателя собственного участия. Симптоматикой являются: потеря эмпатии к коллегам и ученикам, классификация форм поведения к окружающим, основанная на стереотипизации, уклончивости по отношению к своей работе, частые опоздания, утрата жизненных целей. Третьей фазе присущи особые эмоциональные реакции. На данной стадии проявляются депрессия, резкое снижение стремлений и интересов, подавленность, безразличие и конфликтность. За ней идет стадия деструктивного поведения. Для нее характерны безразличие к любому виду деятельности, избегание какого-либо труда, девиантное поведение в отношении своей профессии, неспособность к адаптации к новым предметам или установкам. Пятая фаза сопровождается психосоматическими реакциями, где проявляется бессонница, мигрени, проблемы с артериальным давлением, неспособность прийти к состоянию физического и эмоционального покоя. Заключительная фаза – «разочарование», где жизненная установка принимает только негативный характер, пропадает стремление к жизни и наступает экзистенциальная безысходность [4].

Совершенно очевидно, что проблемное поле профессионального выгорания в целом и частная проблематика профессионального выгорания преподавателя французского языка имеет смысловые пересечения со сферой

[1] Пайнс Э., Маслач К. Практикум по социальной психологии. СПб.: Питер, 2000. 528 с.

психологической безопасности личности [5], психологией обеспечения безопасности обучения [6] и психологическими основаниями безопасности иноязычных образовательных практик [7]. Кроме того, новейшие научные публикации обнаруживают расширение [8] и углубление [9] названного проблемного поля за счет дифференции терминологии [10].

Обобщение изученного теоретического материала по проблемам профессионального выгорания преподавателей привело нас к мысли о необходимости эмпирической верификации феномена профессионального выгорания преподавателей французского языка с помощью тестирования. Для организации и проведения онлайн-опроса была использована платформа «Google Forms». Распространение ссылки на тестирование осуществлялось при помощи социальной сети «ВКонтакте» и e-mail рассылки. В исследовании приняли участие десять респондентов, из них один мужчина и девять женщин в возрасте от 22 до 54 лет (средний возраст – 34,5±10,78 лет). Все респонденты имеют высшее педагогическое образование и являются преподавателями французского языка. Стаж педагогической деятельности – от 4 до 32 лет (средний стаж – 13,1±9,16 лет). Пятеро (50 %) принявших участие в исследовании женщин не замужем, остальные (50 %) респонденты состоят в официальном браке. У трех (30 %) женщин есть дети, у остальных – семи (70 %) – детей нет.

Для выявления основных социально-демографических характеристик респондентов была разработана анкета, содержащая вопросы о возрасте, поле, семейном положении, наличии детей и стаже педагогической деятельности.

Диагностика профессионального выгорания осуществлялась при помощи методики «Диагностика уровня эмоционального выгорания В.В. Бойко» (в модификации Е.П. Ильина), которая предназначена для измерения степени «выгорания» в профессиях типа «человек–человек». Опросник содержит 35 утверждений о чувствах и переживаниях, связанных с профессиональной деятельностью. Обработка результатов осуществляется в соответствии с ключом методики и заключается в подсчете баллов по каждому симптому выгорания: неудовлетворенность собой, загнанность в клетку, редукция профессиональных обязанностей, эмоциональная отстраненность, личностная отстраненность (деперсонализация). Кроме того, вычисляется общий балл, который свидетельствует об уровне профессионального выгорания респондентов. Сумма баллов по каждому симптому интерпретируется следующим образом: 9 и менее баллов – не сложившийся симптом, 10–15 баллов – складывающийся симптом, 16 и более баллов – сложившийся симптом. Что касается показателя общего уровня выгорания, то: если сумма баллов не превышает 45, то «выгорание» полностью отсутствует, сумма баллов в интервале 50–75 баллов указывает на начинающееся «выгорание», если же ее значение превышает 80 баллов, то это говорит об устойчивом состоянии «выгорания».

В ходе тестирования были получены следующие результаты. На рис. 1 представлены средние по выборке значения выраженности симптомов профессионального выгорания.

На рис. 1 отражено, что такие симптомы профессионального выгорания, как неудовлетворенность собой, загнанность в клетку и деперсонализация находятся в стадии формирования. Показатели выраженности симптомов редукции профессиональных обязанностей и эмоциональной отстраненности выше средних значений, что говорит об их сформированности.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в данной выборке преподавателей французского языка наиболее ярко профессиональное выгорание проявляется в попытках облегчить или сократить обязанности, которые требуют эмоциональных затрат. Нередко обучающиеся обделяются элементарным вниманием, такое проявление безразличия может их глубоко травмировать. Преподаватели привыкают работать на уровне автоматизмов, стараясь исключить эмоции из сферы профессиональной деятельности. При этом в других сферах жизнедеятельности они продолжают испытывать полноценные эмоции.

Формирующиеся симптомы неудовлетворенности собой, загнанности в клетку и деперсонализации проявляются в том, что различные неудачи и отсутствие способности бороться с психотравмирующими обстоятель-

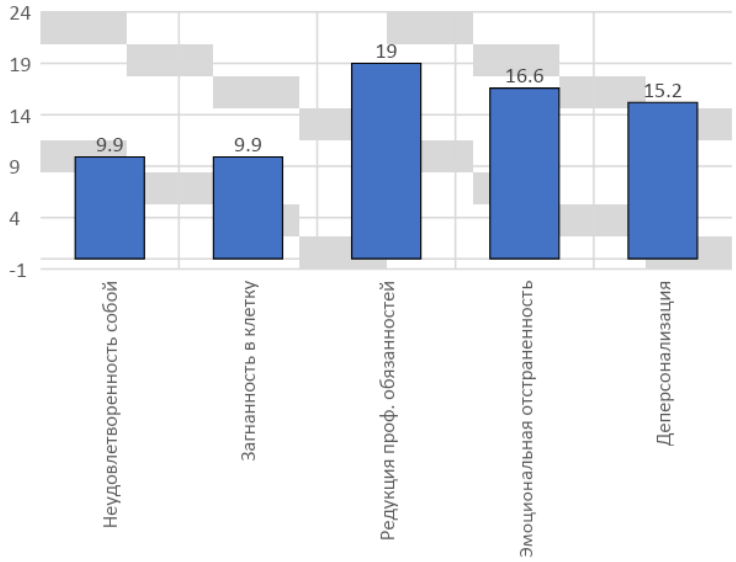


Рис. 1. Средние значения выраженности у респондентов симптомов профессионального выгорания

ствами вызывают у преподавателей чувство беспомощности и недовольства, что в итоге приводит к интеллектуальному и эмоциональному ступору, который, в свою очередь, может привести к деперсонализации, то есть к личностной отстраненности не только в профессиональной сфере, но и в личной жизни.

Распределение респондентов по уровням профессионального выгорания отражено на рис. 2.

Как показано на рис.2, низкий уровень продемонстрировали 40 % преподавателей – для них не характерны пресыщенность своей профессиональной деятельностью и низкий уровень удовлетворенности жизнью. Зачастую они отличаются позитивным отношением к обучающимся и коллегам, обладая высокими коммуникативными качествами.

Еще один преподаватель (10 %) обладает средним уровнем выгорания, под которым понимается периодическое проявление приглушения и сглаживания напряженности чувств, притуплением положительных эмоций, появлением отстраненности при взаимодействии с окружающими в рамках профессиональной деятельности, что часто сопровождается неудовлетворенностью жизнью и повышенной тревожностью.

У 50 % респондентов высокий уровень профессионального выгорания, то есть половине принявших участие в исследовании преподавателей французского языка присущи негативные эмоциональные состояния, они нередко испытывают чувство беспомощности, что проявляется в раздражительности, эмоциональной отстраненности, безразличии. Такие преподаватели характеризуются притуплением эмоционального отношения к окружающим и представлений о жизненных ценностях, а также снижением мотивации. Нередко у них отмечается равнодушие даже к своей жизни, не говоря уже обо всем остальном.

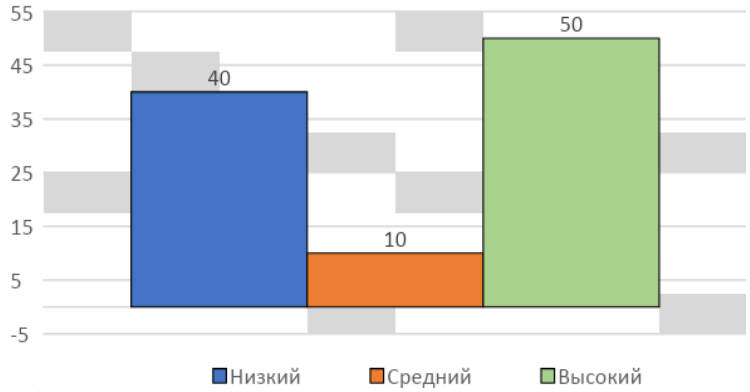


Рис. 2. Распределение респондентов по уровням профессионального выгорания, %

На данном этапе исследования мы можем констатировать, что наша гипотеза в той части, что преподаватели французского языка подвержены профессиональному выгоранию, нашла свое подтверждение.

Для проверки гипотезы о том, что чем больше стаж профессиональной деятельности преподавателя, тем ярче проявляются симптомы выгорания, мы разделили выборку на две группы в зависимости от стажа работы: в первую группу вошли респонденты со стажем до 10 лет, во вторую – более 10 лет. Затем вычислили средние значения по каждому симптому выгорания. На рис. 3 отражены результаты расчетов.

На рис. 3 мы видим более высокие показатели профессионального выгорания в группе преподавателей со стажем педагогической деятельности до 10 лет практически по всем шкалам. Исключение составил симптом неудовлетворенности собой, значения по которому незначительно выше в группе преподавателей со стажем более 10 лет.

Для проверки статистической значимости различий был использован U-критерий Манна-Уитни. Результаты расчетов представлены в таблице.

Итак, различия в показателях профессионального выгорания у преподавателей французского языка с разным стажем преподавательской деятельности не являются статистически значимыми. Следовательно, наша гипотеза о том, что чем больше стаж профессиональной деятельности педагога, тем ярче проявляются симптомы выгорания, не нашла своего подтверждения.

Необходимо отметить, что полученный нами результат довольно неожиданный, поскольку в исследованиях, проведенных в разные годы и описанных в литературе, как правило, доказывается влияние стажа педагогической деятельности на уровень профес-

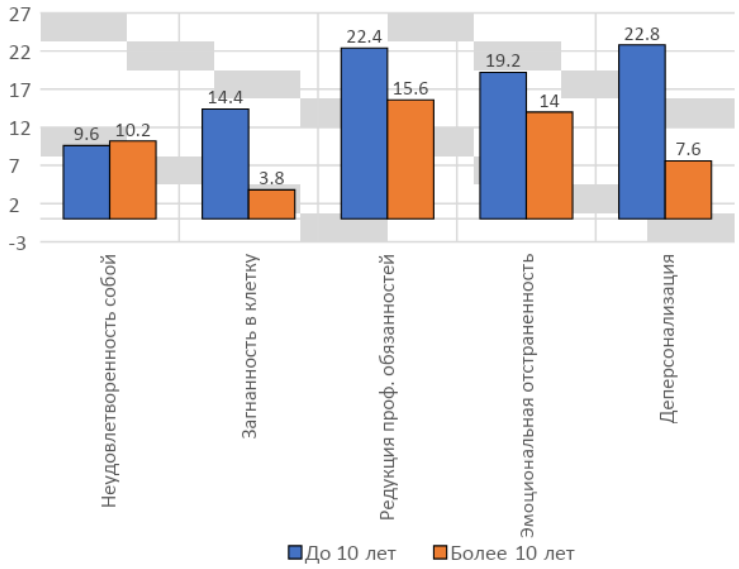


Рис. 3. Средние значения выраженности симптомов профессионального выгорания у респондентов с разным стажем деятельности

Результаты проверки статистической значимости различий в показателях профессионального выгорания у преподавателей французского языка с разным стажем педагогической деятельности

Показатель	Средние ранги		*U*-критерий	Уровень значимости
	до 10 лет	более 10 лет		
Неудовлетворенность собой	5,80	5,20	11,000	0,737
Загнанность в клетку	7,00	4,00	5,000	0,110
Редукция профессиональных обязанностей	6,40	4,60	8,000	0,338
Эмоциональная отстраненность	6,80	4,20	6,000	0,165
Деперсонализация	7,00	4,00	5,000	0,114
Общий показатель уровня выгорания	6,60	4,40	7,000	0,249

сионального выгорания педагогов. Возможно, малая выборка могла оказать влияние на такой спорный результат, что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований в данной области.

Таким образом, гипотеза исследования – преподаватели французского языка подвержены профессиональному выгоранию, при этом чем больше стаж профессиональной деятельности педагога, тем ярче проявляются симптомы выгорания, – подтверждена частично.

Можно предположить, что проведенное исследование может быть продолжено для получения более полных данных о характере и специфике профессионального выгорания у преподавателей французского языка с разным стажем профессиональной деятельности.

Список источников

1. Freudenberger H.J. Staff burn-out // Journal of Social Issues. 1974. N 30. P. 159–165. http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-4560.1974.tb00706.x.
2. Абраменко Н.Ю., Галкина Н.А. Эмоциональное выгорание как социально-педагогическая проблема // Вестник педагогических наук. 2024. № 1. С. 249–254. Режим доступа: https://vpn-journal.ru/archives/10913 (дата обращения: 15.11.2024).
3. Бойко В.В. Синдром «эмоционального выгорания» в профессиональном общении. СПб.: Питер, 1999. 350 с.
4. Ронгинская Т.И. Специфика синдрома выгорания в профессиях с высоким уровнем стресса // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 16. Психология. Педагогика. 2016. № 2. С. 107–121.
5. Краснянская Т.М., Тылец В.Г. Визуализация практики самообеспечения безопасности в приметах и обычаях студентов вуза // Психология и психотехника. 2015. № 11 (86). С. 1158–1166. Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=67214 (дата обращения: 15.10.2024).
6. Тылец В.Г., Краснянская Т.М. Система психологической безопасности высшего учебного заведения: подходы и концептуализация // Педагогика и просвещение. 2016. № 1. С. 50–59. Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=67688 (дата обращения: 21.10.2024).
7. Тылец В.Г., Краснянская Т.М. Психология обучения иностранным языкам в контексте педагогических концепций и образовательной практики // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2012. № 3. С. 186–189.
8. Пинигин В.Г. Профессиональное выгорание педагогов при дистанционном обучении // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2024. Т. 29. № 1 (96). С. 63–69. https://doi.org/10.24412/1999-6241-2024-196-63-69.
9. Минюрова С.А., Воробьева И.В., Кружкова О.В. Эмоциональное выгорание педагога: психологические факторы риска // Образование и наука. 2024. Т. 26. № 10. С. 106–130. https://doi.org/10.17853/1994-5639-2024-10-106-130.
10. Новик И.Р., Пиманова Н.А., Жадаев А.Ю., Мамаева Н.А. Профессиональное выгорание педагогов как актуальная проблема современности // Проблемы современного образования. 2024. № 5. С. 212–222. https://doi.org/10.31862/2218-8711-2024-5-212-222.

Информация об авторе / Information about the Author

Кузнецова Юлия Валерьевна,
студент,
Московский государственный
лингвистический университет,
119034, г. Москва, Остоженка 38/1,
Российская Федерация
u.kuznecova2607@gmail.com

Yulia V. Kuznetsova,
Student,
Moscow State Linguistic University,
38/1 Ostozhenka St., Moscow 119034,
Russian Federation
u.kuznecova2607@gmail.com

УДК 796

Париж-2024: XXXIII летние Олимпийские игры

© А.В. Малыхин, С.Д. Глухов

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

Аннотация. В статье рассматривается состояние олимпийского движения и поднимается проблема участия сборной России в летних Играх 2024 года в целом. Основная цель заключается в проведении исследования путем анализа основных этапов и процессов успешной подготовки, организации и проведения Олимпийских игр, в раскрытии запретов к российской сборной. Рассмотрены основные этапы и процедуры подготовки, организации и проведения XXXIII летних Олимпийских игр в Париже. Представлены основные объекты и спортивные арены, а также новые виды спорта, включенные в олимпийскую программу. Достаточно подробно рассмотрены эмблема и талисман летних Игр, особенности изготовления и дизайна медалей. На основе проведенного исследования следует, что современные Олимпийские игры являются не только местом демонстрации силы атлетов, но и политической площадкой для выражения соответствующих мнений и взаимоотношений стран в период экономических и политических отношений, основанных на принципе многополярности, то есть свободного и равноправного сотрудничества между странами.

Ключевые слова: XXXIII летние Олимпийские игры, объекты, спортивные арены, нейтральный статус, эмблема, талисман, медали

Paris 2024: XXXIII Summer Olympic Games

© Anatoly V. Malykhin, Sergei D. Gluhov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article raises the problem of the Russian national team's participation in the 2024 Summer Games and the overall state of the Olympic movement. The main purpose of the article is to conduct research, which consists in analyzing the main stages and processes of successful preparation, organization and holding of the Olympic Games, in revealing the prohibitions against the Russian national team during the period of sanctions and conducting a special military operation. The main stages and procedures of preparation, organization and holding of the XXXIII Summer Olympic Games in Paris – 2024 are considered. The article examines the main stages and procedures for the preparation, organization and holding of the XXXIII Summer Olympic Games in Paris, presents the main facilities and sports arenas, new sports included in the Olympic program and examines in detail the emblem and mascot of the Summer Games, the features of the production and design of medals. Based on the conducted research, it follows that the modern Olympic Games are not only a place to demonstrate the strength of athletes, but they are also a political platform for expressing relevant opinions and relations between countries during the period of economic and political relations based on the principle of multipolarity, that is, free and equal cooperation between countries.

Keywords: XXXIII Summer Olympic Games, facilities, sports arenas, neutral status, emblem, mascot, medals

Введение

Олимпийские игры – самое масштабное и грандиозное спортивное событие, за которым наблюдает весь мир. Исторически сложилось так, что Олимпийский принцип был определен в далеком 1896 г. основателем современных Олимпийских игр Пьером де Кубертеном: «Самое важное в Олимпийских играх – не победа, а участие, также как в жизни самое главное – не триумф, а борьба»[1]. Пьер Фреди, барон де Кубертен, французский спортивный и общественный деятель, историк, педагог, литератор, инициатор организации современных Олимпийских игр, Президент Международного олимпийского комитета (МОК) (1896–1916, 1919–1925). И именно им в 1913 г. был разработан один из символов Олимпийских игр – эмблема, состоящая из пяти сцепленных между собой колец (рис. 1). [1, 2].

К другим символам Олимпийских игр относят: Олимпийский огонь и факел, Олимпийский флаг и олимпийский девиз, Олимпийский гимн и конечно, Олимпийские медали.

[1] Штейнбах В.Л. Большая олимпийская энциклопедия: все об Олимпийских играх: чемпионы, тренеры, члены МОК, журналисты…, Олимпийские виды спорта, страны, города, термины, технические результаты всех олимпийских соревнований с 1896 по 2006 год. М.: Олимпия press, 2006. 966 с.

Рис. 1. Символ Олимпийских игр

Исходя из традиции, установленной в Древней Греции, во время проведения Олимпиады прекращаются военные действия и конфликты, страны-участники становятся равными между собой, а у спортсменов появляется возможность показать свой профессиональный уровень, продемонстрировать свою силу, выносливость, характер и мастерство, состязаться и завоевывать медали для своей родины [3]. На церемонии открытия XXIV зимних Олимпийских игр на стадионе «Птичье гнездо» в Пекине ныне действующий президент МОК Томас Бах сказал следующее: «В нашем хрупком мире, где растут разногласия, конфликты и недоверие, мы показываем всем: можно ожесточенно соперничать и при этом мирно сосуществовать в духе уважения. В этом и заключается миссия Олимпийских игр – объединить людей в ходе мирных соревнований. Мы строим мосты, а не возводим стены, объединяя людей во всем их многообразии» (рис. 2) [4, 5].

Актуальность выбранной темы

Современные Олимпийские игры являются не только местом соревнований атлетов, но и площадкой для выражения мнений и взаимоотношений в период экономических и политических разногласий, основанных на принципе многополярности.

Объектом исследования в данной статье является процесс подготовки, организации и проведения XXXIII летних Олимпийских игр.

Предмет исследования – XXXIII летние Олимпийские игры 2024 г. в Париже.

Цель исследования – проанализировать основные этапы и процессы для успешной подготовки, организации и проведения Олимпийских игр.

Задачи работы:

– изучить процесс выбора города-организатора Олимпийских игр;

– рассмотреть основные этапы подготовки к Олимпийским играм;

– проанализировать процесс проведения зимних Олимпийских игр 2024.

Рабочая гипотеза заключается в том, что на примере Олимпийских игр в Париже мы можем выявить закономерности и последовательность, успехи и конечный результат. Грамотное использование в дальнейшем все построенные и модернизированные стадионы, арены, транспортные развязки, парки.

Основные этапы и процедуры подготовки, организации и проведения Олимпийских игр обусловлены тем, что:

– подготовка и организация, это длительный процесс, в котором задействованы многие сферы жизнедеятельности, скрупулезные расчеты, ответственность и колоссальные денежные вложения;

– у города-организатора появляется возможность улучшить всю инфраструктуру, модернизировать и построить новые спортивные объекты, транспортные развязки (привлечь инвесторов, спонсоров);

– показать всему миру в красе страну и город, привлечь в дальнейшем больше туристов и гостей (правильно использовать построенную инфраструктуру и для будущего поколения оставить наследие).

Рис. 2. Томас Бах на церемонии открытия Олимпийских игр в Пекине-2022

XXXIII летние Олимпийские игры проходили в столице Франции – Париже с 26 июля по 11 августа 2024 г., они были третьими для Парижа, который ранее принимал Олимпиаду в 1900 и 1924 г. Париж-2024 стал важным событием, объединяющим спортсменов и болельщиков со всего мира, и оставил значительное наследие для города и страны.

Игры ознаменовали 100-летний юбилей с момента проведения Олимпиады в Париже в 1924 г., что подчеркивает важность Франции в истории олимпийского движения и ее вклад в развитие мирового спорта [3, 6].

Организация и подготовка

Подготовка к Играм началась еще задолго до 2024 г. Париж активно работает над созданием инфраструктуры, которая будет использоваться во время соревнований. Включает строительство новых спортивных объектов и модернизацию существующих, улучшение транспортной системы и развитие временного жилья для спортсменов и болельщиков. Для проведения соревнований задействовано 35 спортивных объектов. 14 из них расположены в радиусе 10 км от Олимпийской деревни. Большая часть объектов – уже существующие конструкции, которые будут использованы в нынешнем виде (или после реконструкции) в будущем. Часть соревнований пройдет на прилегающей к французской столице территории. Игры также примут департаменты Ле-Ивелин, Сена и Марна, О-де-Сен и Сена-Сен-Дени. Олимпиада затронет и другие города Франции. В частности, матчи футбольного турнира состоятся на стадионах в Бордо, Нанте, Лионе, Сент-Этьене, Ницце и Марселе. Турнир по серфингу будет проходить в Теахупоо на Таити во Французской Полинезии [4].

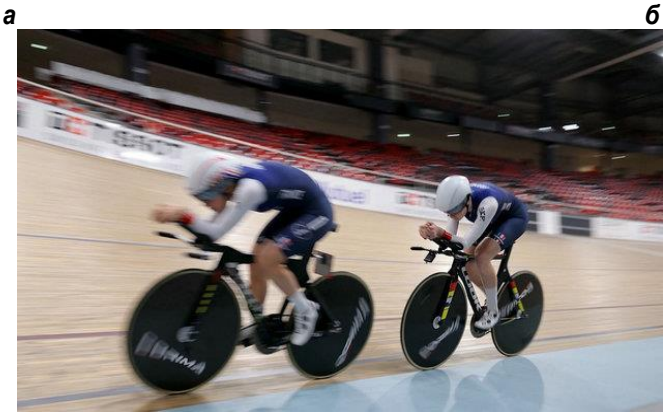
Основные объекты и спортивные арены (рис. 3):

– стадион «Стад де Франс» (фр. Stade de France) расположен в северном пригороде Парижа Сен-Дени и построен специально к чемпионату мира по футболу 1998 г. во Франции; во время проведения летних Олимпийских игр 2024 г. на стадионе пройдут соревнования по легкой атлетике, регби, а также состоится церемония закрытия Игр;

– арена «Берси» (фр. Palais Omnisports de Paris-Bercy – Bercy Arena): основное место проведения соревнований по гимнастике и другим видам спорта;

а

б



в

Рис. 3. Спортивные арены: а – стадион «Стад де Франс»; б – арена Париж-Берси; в – национальный велодром Сен-Кантен-ан-Ивелин

– национальный велодром «Сен-Кантен-ан-Ивелин» (фр. Vélodrome national de Saint-Quentin-en-Yvelines).

Олимпийская деревня расположена в департаменте Сен-Сен-Дени в нескольких километрах к северу от Парижа. Компания Solideo, которая занимается строительством объекта и, являющаяся основным подрядчиком, должна сдать порядка 2800 жилых помещений вместимостью 14 250 человек. В строительстве, начавшемся в октябре 2021 г., были заняты 4 000 человек. Работы обошлись почти в 2 млрд евро. Согласно высказыванию директора объекта Лорану Мишо: «…в олимпийской деревне разместят 206 иностранных делегаций, в холле кинотеатра будет круглосуточно работать столовая, сервирующая по 40 000 порций в день». Кроме того, на территории деревни разместят спортзал, медицинский центр, парикмахерскую, кафе и рестораны, магазин и почтовое отделение (рис. 4).

Новые виды спорта

Париж-2024 стал первым Олимпийским мероприятием, включающим в программу новые виды спорта, такие как брейк-данс, скейтбординг, спортивное скалолазание и серфинг. Эти дисциплины добавлены с целью привлечения более молодой аудитории и отражения современных тенденций в спорте. Важно отметить, что одной из ключевых целей является обеспечение экологической и социальной устойчивости, чтобы Игры были максимально экологичными, с использованием возобновляемых источников энергии, сокращением углеродного следа и минимизацией отходов. В плане социальной ответственности организаторы нацелены на создание доступной и инклюзивной среды для всех участников и зрителей.

На Играх в Париже спортсмены выступили в 32 видах спорта (48 различных дисциплинах). В олимпийскую программу вошли: академическая гребля, бадминтон, баскетбол, баскетбол 3×3, бокс, брейк-данс, борьба, велоспорт, водное поло, волейбол, пляжный волейбол, гандбол, гольф, гребля на байдарках и каноэ, дзюдо, конный спорт, легкая атлетика, настольный теннис, парусный спорт, плавание, прыжки в воду, прыжки на батуте, регби-7, серфинг, синхронное плавание, скейтбординг, современное пятиборье, спортивная гимнастика, спортивное скалолазание, стрельба, стрельба из лука, теннис, триатлон, тхэквондо, тяжелая атлетика, фехтование, футбол, хоккей на траве, художественная гимнастика.

Страны-участники в Играх 2024 года

На Игры в Париже отобрались представители 139 стран, также на Олимпиаде выступили «нейтральные спортсмены», которые не будут официально представлять ни одну страну. Из россиян в Играх приняли участие 15 спортсменов в нейтральном статусе. Россия и Беларусь не получили официальных приглашений для участия в Играх 2024 г. МОК объявил, что Россия и Беларусь не получат официальных приглашений, но при этом допустил к соревнованиям отдельных спортсменов, которые прошли квалификационный отбор на Игры в своих видах спорта и под нейтральным флагом (рис. 5).

Нейтральный статус – это лишь одно из условий, которому нужно соответствовать, чтобы попасть в Париж при соблюдении требований российским спортсменам:

Рис. 4. Олимпийская деревня

Рис. 5. Нейтральный флаг России

– соревноваться они смогут исключительно как нейтральные спортсмены без упоминания страны (называться команда будет «индивидуальные нейтральные атлеты»);

– участвовать в командных соревнованиях россияне и белорусы не будут;

– российская символика (в том числе флаг и герб) будут запрещены на всех официальных мероприятиях Игр;

– российские официальные лица, попавшие под санкции, не смогут посещать Игры;

– не будут допущены спортсмены, имеющие отношение к силовым структурам России и Белоруссии;

– все спортсмены должны согласиться с обновленной хартией, в которой говорится о мирных задачах олимпийского движения.

Эмблема и талисман летней Олимпиады в Париже

Перед каждой Олимпиадой дизайнеры сражаются за право придумать «лицо» Игр – талисманы и эмблему, которые с каждой Олимпиадой становятся все интересней и необычней (рис. 6) [7, 8].

Рис. 6 Эмблема летней Олимпиады в Париже

Эмблема Игр в Париже была представлена задолго до начала, еще в 2019 г. и представляет собой изображение олимпийского огня, в которое также вписаны губы символа Французской республики Марианны, что является «отсылом» и данью уважения первым в истории Олимпиад женщинам-участницам Игр. Замечательно то, что первые летние Олимпийские игры, на которых выступали женщины, проходили именно в Париже в 1900 г.

Талисман

Фрижи – это маленькие фригийские колпаки, которые служат мощным символом свободы, инклюзивности и способности людей выступать за большие и разумные дела. Фрижи раскрашены в красный, белый и синий цвета. На груди у них красуется золотой логотип Парижа-2024. Глаза Фрижей выполнены в виде «французской кокарды» – трехцветной розетки, которая стала национальным французским орнаментом. Примечательно, что исторически такие красные колпаки-шапки носили освобожденные рабы Фригии – древнего государства, располагавшегося на территории современной Турции. Во времена Французской революции в конце восемнадцатого века фригийские колпаки стали символом борьбы и свободы (рис. 7) [9].

Медали Олимпийских игр

Награды содержат кусок металла, который когда-то был частью Эйфелевой башни, являющейся символом Парижа и всей Франции. Это главное отличие наград Игр-2024 от 36 600 других медалей, которые были вручены со времен первых современных Игр в Афинах в 1896 г. Дизайн парижских наград разработал ювелирный дом Chaumet («Шоме»), который входит в группу компаний LVMH богатейшего бизнесмена Франции Бернара Арно. Сами медали изготовлены монетным двором столицы Франции (рис. 8) [10].

Рис. 7. Талисман Олимпиады в Париже

Рис. 8. Медали Олимпиады в Париже

XXXIII летние Олимпийские игры в Париже 2024 г. являются важным событием не только для Франции, но и для всего мирового сообщества. Они объединили спортсменов и зрителей со всех континентов, способствовали развитию спорта и укреплению международного сотрудничества. Игры в Париже стали ярким примером того, как спортивные мероприятия могут стимулировать развитие городов и стран, оставляя после себя позитивное наследие для будущих поколений. Олимпиада в Париже стала ярким событием мирового масштаба. Однако отсутствие сборной России на этом мероприятии из-за геополитических причин оказывает значительное влияние на международное спортивное сообщество. Меры, предпринятые российским правительством, направлены на поддержку своих спортсменов и обеспечение их участия в спортивных соревнованиях.

Закрытие Игр

В ночь на 12 августа состоялась торжественная церемония закрытия Олимпийских игр-2024 в Париже. Летние Олимпийские игры в Париже завершились 11 августа. Открытие церемонии началось с выхода французского пловца Леона Маршана, который взял частичку олимпийского огня из чаши в лампаду.

Олимпийский флаг спустили и передали от мэра Парижа Анн Идальго президенту МОК Томасу Баху, а затем мэру Лос-Анджелеса, который примет следующие летние Игры в 2028 г. Маршан появился на сцене с лампадкой и олимпийский огонь потушили. К сожалению, российские спортсмены, которые выступали на Играх в нейтральном статусе, не приняли участие в закрытии Олимпиады. Единственную медаль для России выиграли теннисисты, серебро Мирры Андреевой и Дианы Шнайдер в парном разряде.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного исследования, можно предположить, что Олимпийские игры являются не только местом соревнований физической силы и ловкости, но и площадкой для выражения талантов и творчества. Все это дает возможность спортсменам и различным представителям искусства поделиться своими достижениями и вдохновить публику к совершенству. Современные Олимпийские игры являются не только ме-

стом демонстрации силы атлетов, но и политической площадкой для выражения соответствующих мнений и взаимоотношений стран в период экономических и политических отношений, основанных на принципе многополярности, то есть свободного и равноправного сотрудничества между странами. При этом, несмотря на сложную международную обстановку в мире важно продолжать искать пути для поддержания международного спортивного сотрудничества и мира, развивать Олимпийское движение, дать надежду нынешнему и будущему спортсмену.

Список источников

1. Трескин А.В., Штейнбах В. История Олимпийских игр: медали, значки, плакаты. М.: АСТ, 2008. 205 с.
2. Духанина С. История Олимпийских игр // Юный эрудит. 2013. № 9. С. 18–19.
3. Гик Е.Я. История Олимпийских игр. М.: Эксмо, 2014. 352 с.
4. Дурново А.А. Олимпийские медали: [из истории Олимпийских наград] // Дилетант. 2018. № 4. С. 64–65.
5. Сапрыкина Н.И. Зажигают не зря олимпийский огонь: [из истории Олимпийских игр] // Читаем, учимся, играем. 2020. № 1. С. 91–94.
6. Мелик-Шахназаров А.З. Олимпионик из Артаксаты: [о победителе Олимпийских игр древности Вараздате]. М.: Физкультура и спорт, 1986. 125 с.
7. Бовищанский Т. Белый цвет победы: [история возрождения Олимпийских игр под руководством Пьера де Кубертена] // Пионер: иллюстрированный журнал для думающих ребят. 2013. № 11. С. 2–7.
8. Долгополова Е. Правила честной олимпийской игры: именно яркими проявлениями спортивного благородства вошли в историю первые игры (Афины, 6–15 апреля 1896 года) // Родина. 2016. № 7. С. 28–33.
9. Малов В.И. Сто великих олимпийских чемпионов. М.: Вече, 2007. 476 с.
10. Шанин Ю.В. Олимпия. История античного атлетизма. СПб.: Алетейя, 2001. 191 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

Глухов Сергей Дмитриевич,
студент,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
serega_gluhov-2015@mail.ru

Anatoly V. Malykhin,
Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Physical Culture Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., 664074 Irkutsk,
Russian Federation
malyxin18@list.ru

Sergei D. Gluhov,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
serega_gluhov-2015@mail.ru

УДК 624.152.5

Влияние параметров буровзрывных работ на основные показатели при ведении проходческих работ

© И.В. Перелыгин, В.М. Лысков

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

Аннотация. В данной статье дается оценка влияния основных параметров буровзрывных работ, общего количества шпуров, а также оценка технико-экономических показателей, к которым относятся удельный расход взрывчатого вещества и объем взорванной породы в забое при проведении горных выработок. Проходческие работы на рудниках и шахтах обычно ведутся с использованием буровзрывного способа. Данный способ является очень эффективным по сравнению с остальными, поскольку имеет возможность разрушения более крепких пород, при относительно наименьших затратах. Изучение параметров буровзрывных работ, например таких как диаметр шпуров, удельный расход взрывчатых веществ, линия наименьшего сопротивления и т. д, является неотъемлемой частью при составлении проектной документации, при этом существует множество других параметров, которые оказывают влияние на основные показатели при проходческих работах. Статья направлена на более полное изучение и анализ влияния некоторых параметров буровзрывных работ, на основные показатели при ведении проходческих работ, на основе уже сформированных учеными выводов и исследований. В работе также представлены более точные описания некоторых параметров буровзрывных работ в рудниках и шахтах. На основании данного анализа были сделаны выводы.

Ключевые слова: буровзрывные работы, параметры буровзрывных работ, количество шпуров, врубовые шпуры, удельный расход взрывчатых веществ

The influence of drilling-and-blasting parameters on the main indicators when conducting tunnelling operations

© Ivan V. Perelygin, Vladimir M. Lyskov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article evaluates the impact of the main parameters of drilling and blasting operations, the total number of boreholes, as well as the assessment of technical and economic indicators, which include the specific consumption of explosives and the volume of rock blasted in the face during mining operations. The tunnelling works in mines and shafts are usually carried out using the drilling and blasting method. This method is very effective compared to others, as it has the capability to break down stronger rocks with relatively lower costs. The study of drilling and blasting parameters, such as borehole diameter, specific consumption of explosives, line of least resistance, etc., is an integral part of the preparation of project documentation, while there are many other parameters that affect the main indicators during tunnelling operations. The article is aimed at a more comprehensive study and analysis of the influence of certain parameters of drilling and blasting operations on the main indicators during tunnelling activities, based on the conclusions and research already established by scientists. The article presents more accurate descriptions of certain parameters of drilling and blasting operations in mines and quarries. Based on the analysis, the article provides conclusions.

Keywords: drilling and blasting operations, drilling and blasting parameters, number of boreholes, log boreholes, specific consumption of explosives.

Введение

В настоящее время строительство горных выработок ведется с применением буровзрывных работ (БВР), при этом процесс разрушения пород взрывом очень проблематичен ввиду того, что весь процесс происходит в течение довольно короткого промежутка времени при большой динамической нагрузке [1, 2]. Поскольку при строительстве рудников требуются выполнения значительного объема работ по проведению подземных горных выработок, протяженность которых может достигать десятков километров. В дальнейшем развитие горнодобывающей промышленности требует усовершенствования технологии буровзрывных работ в направлениях повышения их безопасности, экономичности, эффективности, повышения коэффициента использования потенциальной энергии взрывчатых веществ, повышения качества взрывчатых

материалов, а также расширения области применения взрывных работ.

Изучение основных способов расчета параметров БВР (диаметр шпуров, удельный расход взрывчатых веществ (ВВ), линия наименьшего сопротивления и т. д.) при ведении проходческих работ и дальнейшее обоснование научного и практического подхода к расчету и составлению паспортов БВР являются одним из главных вопросов повышения эффективности при строительстве горных выработок на подземных рудниках. Разработкой методик для расчета параметров БВР занимались такие известные ученые как С.Р. Айверсон, А.П. Андриевский, Л.В. Баранов, В.И. Богомолов, Б.Н. Кутузов, О.Э. Миндели, С.М. Петухов, Н.М. Покровский, М.М. Протодьяконов, В.М. Рогинский, Н.И. Рыбин, А.Ф. Суханов, П.Я. Таранов и др.

Основные задачи:

– проведение анализа влияния общего количества шпуров на объем взорванной массы и удельный расход ВВ при проведении горных выработок;

– оценка влияния параметров врубовых шпуров на удельный расход ВВ.

Анализ влияния общего количества шпуров на основные показатели

Общее количество шпуров в забое по мнению профессора М.М Протодьяконова, в основном зависит от крепости пород, поперечного сечения горной выработки, где непосредственно и производятся взрывные работы. При этом оптимальное количество шпуров на забой позволит более рационально разместить взрывчатое вещество в массиве, а также воспроизвести наиболее точный контур проектного сечения выработки. Наибольшее распространение при расчете таких параметров БВР, как удельный расход ВВ и число шпуров в забое при проходке горных выработок получила методика, предложенная профессором Н.М. Покровским.

Удельный расход ВВ по данной методике рассчитывают по следующей формуле:

$$q_{\text{вв}} = q_{\text{эт}} \cdot f_0 \cdot v_{\text{заж}} \cdot e^{-1}, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где $q_{\text{эт}}$ – нормальный удельный расход эталонного ВВ, кг/м^3; f_0 – коэффициент структуры породы; $v_{\text{заж}}$ – коэффициент зажима, учитывающий величину площади забоя выработки и число обнаженных плоскостей, кг/м^3; e – коэффициент, учитывающий работоспособность ВВ.

Число шпуров в забое, рассчитываемое по этой же методике, определяют следующим образом:

$$N = \frac{12{,}7 \cdot q_{\text{вв}} \cdot S}{p \cdot d_{\text{з}} \cdot K_{\text{зап}}}, \text{ шт}, \quad (2)$$

где S – площадь поперечного сечения забоя, м^2; p – плотность ВВ, г/см^3; $d_{\text{з}}$ –диаметр заряда ВВ, см; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения шпуров (зависит от крепости горных пород).

Преобразуя, получим удельный расход определяется по формуле:

$$q_{\text{вв}} = \frac{p \cdot d_{\text{з}} \cdot N \cdot K_{\text{зап}}}{12{,}7 \cdot S}, \text{ кг/м}^3. \quad (3)$$

Из формулы 3 видно, что удельный расход ВВ – $q_{\text{вв}}$, прямо пропорционален общему числу шпуров в забое – N, а следовательно общее количество шпуров в забое напрямую зависит от удельного расхода ВВ, чем больше удельный расход ВВ, тем больше необходимо шпуров в забое.

Установление оптимального удельного расхода ВВ является сложной технической задачей. На практике существуют различные методики расчета удельного расхода ВВ, что позволяет лишь предварительно оценить значение параметра (расчетный удельный расход), что требует постоянную корректировку в соответствии с результатами взрывов (фактический удельный расход).

На практике применяются следующие методы определения удельного расхода ВВ:

– методика профессора А.Ф. Суханова [3]

– методики профессора. Б.Н. Кутузова [4];

– методики профессора В.Н. Мосинца [5];

– методика профессора М.М. Протодьяконова [6];

– методика профессора Н.М. Покровского [7].

Анализ методик расчета проектного удельного расхода ВВ представлен в табл. 1.

Такие методики используются при определении удельного расхода ВВ с учетом всех структурных особенностей пород таких как коэффициент использования шпура, поперечное сечение горной выработки и т. д. Количество шпуров также напрямую зависит от физико-механических свойств породы, размера и формы поперечного сечения выработки, диаметра шпура и др. При этом расхождение значений при сравнении расчетов по разным

Таблица 1. Анализ методик расчета проектного удельного расхода взрывчатых веществ

Показатель		Автор					
		А.Ф. Суханов	В.Н. Мосинец	Ш.И. Ибраев	Б.Н. Кутузов	Н.М. Покров-ский	М.М. Протодья-конов
Свойства горных пород	σ сжатие	0	1	0	1	0	0
	σ растяжение	0	0	0	1	0	0
	σ сдвиг	0	0	0	1	0	0
	Плотность горных пород	1	1	0	0	0	0
	Коэффициент крепости пород	0	1	1	1	1	1
Свойства взрывчатых веществ	Теплота взрыва	0	1	1	0	0	0
	Работа взрыва	1	1	1	0	1	1
Технологические параметры	Конструкция заряда и наклон шпура	1	0	0	1	0	0
	Расположение шпуров	0	0	0	0	0	0
	Сечение выработки	1	1	1	0	1	1
	Свободные поверхности	1	0	0	0	1	0
	Диаметр шпура	1	1	0	1	1	0
	Необходимое дробление	0	1	0	1	0	0

Примечание. 1 − наличие в расчетной формуле фактора; 0 – отсутствие в расчетной формуле фактора.

методикам для одних и тех же условий может быть довольно значительным. Именно поэтому удельный расход ВВ на практике чаще всего определяют опытным путем.

Объем взорванной горной массы в забое также зависит от некоторых факторов и может меняться не только от количества шпуров, их размера, применяемого вруба, но и от физико-механических свойств горных пород, таких как крепость горных пород, трещиноватость, пластичность и т. д.

Зависимость объема взорванной массы от количества шпуров можно выразить по следующим формулам:

Общая длина шпуров за цикл:

$$L_{\text{общ}} = N_{\text{вр}}L_{\text{вр}} + N_{\text{в}}L_{\text{в}} + N_{\text{к}}L_{\text{к}}, \text{ м}, \quad (4)$$

где $N_{\text{вр}}$ – количество врубовых шпуров, шт.; $L_{\text{вр}}$ – длина врубовых шпуров, м; $N_{\text{в}}$ – количество вспомогательных шпуров, шт.; $L_{\text{в}}$ – длина вспомогательных шпуров, м; $N_{\text{к}}$ – количество оконтуривающих шпуров, шт.; $L_{\text{к}}$ – длина оконтуривающих шпуров, м.

Подвигание забоя за один цикл:

$$L_{\text{п}} = L_{\text{ср}}\eta, \text{ м}, \quad (5)$$

где $L_{\text{ср}}$ – средняя длина шпуров, шт.; η – коэффициент использования шпура (КИШ), м; (обычно при практическом применении величина КИШ, составляет 0,8–0,9, но в идеале может достигать и 0,95).

Объем взорванной породы за цикл:

$$V = L_{\text{п}}S, \text{ м}^3, \quad (6)$$

где S – площадь поперечного сечения горной выработки, м^2.

Из формул 3–5 наблюдается прямая зависимость объема взорванной массы от длины и количества шпуров. При этом как было сказано ранее объем взорванной массы будет зависеть от других факторов и может меняться по мере подвигания горной выработки.

Анализ влияния количества врубовых шпуров на основные показатели

Наиболее важным элементом взрывного разрушения горных пород при проходке горных выработок является формирование врубовой полости. Эффективная работа вруба определяет эффективность взрывания в целом. Поскольку врубовая полость это наиболее значимая составляющая всего паспорта БВР, она помогает определить основные качественные характеристики произведенного взрыва (шаг подвигания забоя за цикл, требуемый развал породы и качественное ее дробление, достаточная устойчивость выработки и оконтуривание ее в соответствии с проектом), а разработка методик для расчета конструкции вруба выступает весьма важной задачей.

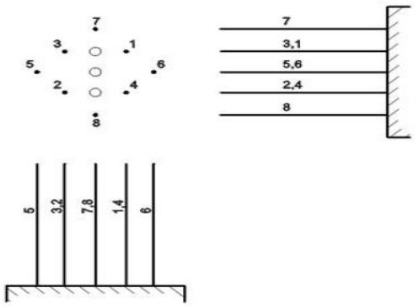
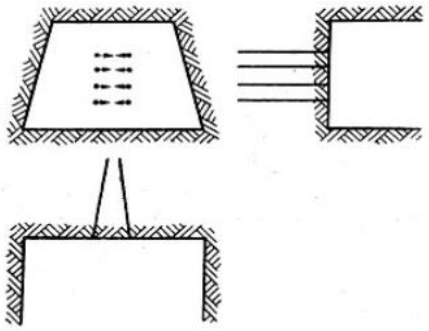
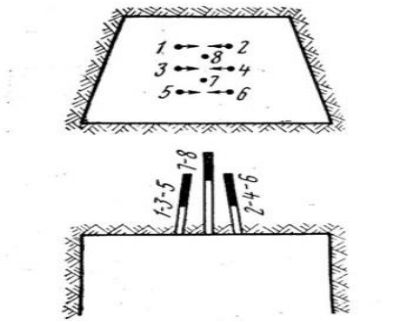
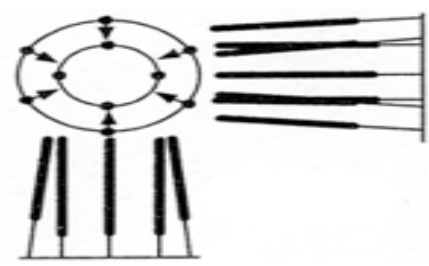
Врубовые шпуры предназначаются для создания дополнительной обнаженной поверхности, при этом данная поверхность помогает облегчить работу другим шпурам. В настоящее время тип взрывного вруба определяется в зависимости от физико-механических свойств пород, площади поперечного сечения горной

выработки, ее ширины, а также особенностями применяемого бурового оборудования и условиями залегания горных пород [8].

При взрывании основных врубовых зарядов ВВ порода разрушается на всю глубину. Количество врубовых шпуров определяется по их найденному размещению в выработке заданного сечения, при этом может оно может варьироваться также в зависимости от крепости горных пород (в среднем их количество составляет 3–6 шт.). Как исключение, в отдельных случаях при достаточно высокой крепости горных пород в центре забоя бурятся холостые шпуры (1–2 шт.), данные шпуры не имеют заряда и выступают в качестве дополнительной обнаженной поверхности [9, 10].

На сегодняшний день из всех многочисленных типов врубов наиболее прогрессивными являются прямые врубы с компенсационными шпурами или скважинами, пробуренными перпендикулярно к плоскости забоя выработки. Проведение выработок протяженно-

Таблица 2. Типы врубовых шпуров

Тип врубовых шпуров	Схема врубовых шпуров	Горно-геологические условия для данного типа
Прямые		Используется при любом сечении выработки. Глубина шпуров до 1,8 м в породах крепостью f до 7 в выработках с сечением до 20 м^2 при применении предохранительных взрывчатых веществ. До 2,2 м в тех же условиях при применении мощных взрывчатых веществ и до 2,5 м при S >30 м^2
Наклонные		Породы однородные, монолитные, трудно-взрываемые
Комбинированные		Породы однородные, монолитные, трудно-взрываемые. Глубины шпуров до 2,5 м
Воронкообразующие		Трещиноватые, но однородные породы. Глубина до 2,5 м. Инициирование одной ступенью электродетонаторов

стью более 20 м при подготовке и нарезке очистных блоков наиболее эффективно осуществлять с использованием компенсационных скважин для образования врубовой полости. При этом, прямые врубы целесообразно принимать для выработок небольшого сечения [11, 12].

Как показывает практика ведения взрывных работ, такие врубы характеризуются универсальностью применения, наиболее высокой работоспособностью в крепких породах, простотой исполнения, а также позволяют обеспечивать высокий КИШ.

Количество врубовых шпуров будет напрямую влиять на удельный расход ВВ, т. к. количество врубов будет зависеть от общего количества шпуров в забое, чем больше общее количество шпуров, тем больше шпуров во врубе, при этом удельный расход ВВ врубовых шпуров выше в 1,2–1,4 раз, чем у остальных шпуров (в зависимости от крепости пород).

Заключение

В результате проведенного анализа было выяснено, что общее количество шпуров напрямую влияет на удельный расход ВВ и объем взорванной массы, но при этом их число может меняться в зависимости от различных факторов, например крепости пород, поперечного сечения горной выработки трещиноватости, а также вязкости пород. Врубовые шпуры также оказывают большое влияние на удельный расход ВВ, ведь они напрямую зависят от общего количества шпуров и так же могут меняться в зависимости от тех же факторов.

Список источников

1. Кирсанов А.К. Анализ программных продуктов для проектирования буровзрывных работ при отработке месторождений подземным способом // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 2. С. 249–259.
2. Нурхонов Х. А., Латипов З.Е., Саидов К.А., Исломов М.А. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на параметры взрывных работ при проходке подземных горных выработок // Universum: технические науки. 2024. № 5–4 (122). С. 35–38.
3. Суханов А.Ф. Разрушение горных пород взрывом // Вопросы теории разрушения горных пород действием взрыва: сб. статей / под. ред. Н.В. Мельникова. М.: Академия наук СССР, 1958. С. 61–78.
4. Кутузов Б.Н. Методы ведения горных работ. М.: Горная книга, 2007. 471 с
5. Mosinets V.N., Gorbacheva N.P. A seismological method of determining the parameters of the zones of deformation of rock by blasting // Soviet Mining Science. 1972. Vol. 8. Iss. 6. P. 640–647.
6. Протодьяконов М.М. Материалы для урочного положения горных работ. М.: ЦК горнорабочих СССР, 1926. 634 с.
7. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. М.: Недра, 1977. 400 с.
8. Ракишев Б.Р., Орынбай А.А., Мусахан А.Б., Толеуов К.А. Обоснование параметров цилиндрического вруба в горизонтальной подземной выработке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 12. С. 31–46. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_12_0_31.
9. Должиков К.И., Мангуш С.К. Методика расчет параметров буровзрывных работ при проведении подземных горных выработок // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2012. № 11. С. 13–24.
10. Масаев Ю.А., Масаев В.Ю., Мильбергер Н.В., Кузнецова К.В. Анализ схем врубовых шпуров, применяемых при сооружении горных выработок и их классификация // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 3 (109). С. 37–43.
11. Мислибаев И.Т., Нурхонов Х.А. Методика расчета параметров для гладкого взрывания для обеспечения сохранность проектного контура в условиях рудника Каракутан // Orienss. 2022. № 9.
12. Копытов А.И., Масаев Ю.А., Масаев В.Ю. Совершенствование геотехнологии подготовки и отработки очистных блоков рудных месторождений с использованием взрывных и компенсационных скважин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6 (154). С. 75–83. https://dx.doi.org/10.26730/1999-4125-2022-6-75-83.

Информация об авторах / Information about the Authors

Перелыгин 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,
School of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
perelygin31102008@mail.ru

Лысков Владимир Мефодьевич,
к.э.н., доцент,
доцент кафедры разработки
месторождений полезных ископаемых,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
go_gor@istu.edu

Vladimir M. Lyskov,
Cand. Sci.(Economics),
Associate Professor,
Department of Mineral Deposits Development,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
go_gor@istu.edu

УДК 622.7

Оценка применения флокулянтов для сгущения продуктов обогащения руды с высоким содержанием глины

© З.Ч. Шонходоев, Л.Г. Васильева, Е.Л. Максимова, Б.Б. Цыбенов

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

Аннотация. В работе представлены результаты исследований по подбору флокулянтов для эффективного осаждения взвешенных частиц в водном растворе. Целью исследования является определение оптимального типа и дозировки флокулянта для сгущения пульпы и очистки вод. В статье идет сравнение различных марок флокулянтов с учетом анализа технологических параметров, таких как скорость осаждения, качество осветленного слоя, а также стабильность в разных условиях. Кроме того, изучались влияния различных факторов (содержание твердых частиц и химический состав воды) на эффективность работы флокулянтов. Полученные результаты позволяют определить наиболее эффективный реагент для данного типа руды, что в свою очередь позволит улучшить качество осветленного слоя и оптимизировать реагентный режим. Важно отметить, что использование правильных флокулянтов может значительно снизить затраты на переработку и повысить экологическую безопасность процесса. Дальнейшие исследования будут направлены на внедрение избранных флокулянтов в промышленную практику для достижения максимальной эффективности, также исследования будут сосредоточены на оценке долговременных эффектов от использования определенных флокулянтов и их воздействий на экосистемы, а также на разработке новых комбинированных материалов, способных улучшить эффективность флокуляции в условиях различных изменений окружающей среды.

Ключевые слова: сгущение, флокулянт, осаждение пульпы, обезвоживание отходов

Evaluation to use flocculants for thickening ore dressing products with high clay content

© Zandan Ch. Shonkhodoev, Liliya G. Vasilyeva, Elena L. Maksimova, Bair B. Tsybenov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The paper presents the results of research on the selection of flocculants for the effective deposition of suspended particles in an aqueous solution. The aim of the study is to determine the optimal type and dosage of flocculant for pulp thickening and water purification. The study includes a comparison of different brands of flocculants, taking into account the analysis of technological parameters such as: deposition rate, quality of the clarified layer, as well as stability under different conditions. The results obtained make it possible to determine the most effective reagent for this type of ore, which in turn will improve the quality of the clarified layer and optimize the reagent regime. Importantly, using the right flocculants can significantly reduce processing costs and improve the environmental friendliness of the process. Further research will focus on the implementation of selected flocculants in industrial practice to achieve maximum efficiency, and research will focus on the evaluation of the long-term effects of the use of certain flocculants and their effects on ecosystems, as well as on the development of new composite materials that can improve the efficiency of flocculation in the face of various environmental changes.

Keywords: thickening, flocculant, pulp precipitation, waste dehydration

Введение

Надлежащее обращение с отходами имеет решающее значение для минимизации экологических последствий и обеспечения оборотной воды при добыче полезных ископаемых. Сгущение, как ключевой процесс обращения с горными отходами, направлено на улучшение обезвоживания отходов и уменьшение общего объема хвостов. Понимание задействованных механизмов и технологий необходимо для оптимизации методов добычи отходов и обеспечения экологической устойчивости [1–2].

На практике существует два основных механизма сгущения. Физический механизм: сгущение зависит от нескольких физических процессов, включая седиментацию, осаждение и консолидацию. Гравитация способствует оседанию более плотных твердых частиц на дно отстойника или сгустителя, образуя концентрированную суспензию. Более крупные частицы осаждаются быстрее из-за их более

высоких скоростей осаждения. Кроме того, уплотнение, обусловленное весом вышележащего материала, способствует процессу утолщения.

Химический механизм: химические взаимодействия играют важную роль в сгущении. Неотъемлемой частью такого процесса является эффективное применение имеющихся на рынке реагентов – флокулянтов, которые используются для ускорения процесса сгущения [3–4]. При использовании реагентов флокулирующего действия снижается потребная площадь сгущения, что позволяет существенно сократить капитальные вложения при строительстве или реконструкции обогатительной фабрики. Основное преимущество флокулянтов в обеспечении прочного связывания частиц суспензии в относительно упругую пористую структуру, которая обладает достаточно высокой сопротивляемостью к разрушению под действием механической обработки. Кроме того, на эффективность применения флокулянта и соответственно на качественно-количественные показатели сгущения влияет химический состав хвостов, pH и ионная сила [5–6].

Целью данной работы являлось исследование процесса сгущения продуктов обогащения руды с повышенным содержанием глинистых частиц, для подбора необходимого сгустительного оборудования и реагентов для его эффективной эксплуатации.

Задачи исследования:

– изучение гранулометрических характеристик материала;

– исследования по статическому сгущению, в лабораторных установках, в том числе подбор реагентного режима с использованием флокулянтов;

– исследование по измерению концентрации веществ в осветленном продукте.

Материалы и методы исследования

В качестве исследуемого материала использовали пробу, полученную со слива гидроциклонов обогатительной фабрики. Отбор пульпы осуществляли перистальтическим насосом. Для обеспечения усреднения пульпы использовали верхнеприводную мешалку. Применяли следующие марки флокулянтов: Гранфлок (1400, 1400-6, 1415, 1415-2, 1415-5, 1415-6, 1435-1, 1435-3, 1435-5, 6045); Мегафлок (638, 5250, RO580, 345); Superfloc (N-100, RH4832).

Подготовка флокулянтов осуществлялась следующим образом: сначала растворяли в воде до концентрации 5 г/л, а затем до 0,5 г/л.

Плотность определяли пикнометрическим методом. Подготовка проб для измерения заключалась в следующем: отбирали из исходной пульпы примерно 80 г материала; высушили до постоянной массы; отобрали три навески по 13–15 г; далее проводили измерения следующим методом: определили массы пустого пикнометра, пикнометра с навеской, пикнометра с навеской и водой и пикнометра с водой [7–9].

Характеристику крупности определяли на ситовом анализаторе с набором сит 0,3; 0,2; 0,071; 0,063; 0,045 мм.

Также проводились исследования гранулометрического состава с использованием лазерного анализатора частиц «Analysette-22 NanoTec plus» в лаборатории физико-химических исследований металлургических процессов. Оборудование позволяет исследовать частицы с размерами 0,01…1000 мкм (т. е. от 10 нм до 1 мм). Для исследования частиц используется принцип дифракции лазерного излучения на дисперсных образцах: при попадании на частицу порошка лазерный луч отклоняется на некоторый угол, зависящий от размера частицы. Далее рассеянный луч попадает на детектор. Измерение интенсивности излучения, попавшего на каждый элемент детектора, и последующая математическая обработка сигнала позволяют определить размер частиц образца и оценить их форму [9, 10].

Исследование на чистоту слива проводилось на однолучевом спектрофотометре UNICO 1201. Отбор пробы воды осуществлялся пипеткой в момент достижения критической точки осаждения. Фиксировали оптическую плотность и светопропускание при длине волны 340 нм.

Эксперимент состоял из трех этапов: определение оптимального содержания твердого в пульпе, подбор предварительных флокулянтов и дозировок, определение скорости осаждения. Тесты первых двух этапов проводились на градуированных цилиндрах емкостью

250 мл, а третий этап в цилиндрах емкостью 1000 мл. Цилиндр переворачивали 4 раза. В первом этапе содержание твердого варьировалось: 10, 17, 21,5 %. Во втором этапе тесты проводили с различными флокулянтами и дозировками. Фиксировали время перемещения границы фаз на определенное расстояние. Также пульпу разбавляли до 4 % твердого, с целью ускорения процесса подбора флокулянта.

В третьем этапе на отобранных флокулянтах с известным расходом проводили тесты для определения скорости осаждения. Контролировали время осаждения до момента уплотнения осадка. Измеренные свойства пульпы представлены в табл. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 показана суммарная характеристика крупности ситового анализа, а на рис. 2 представлены дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам, проведенного на анализаторе. Результаты ситового анализа некорректны, т. к. тонкоизмельченные материалы обладают свойством к окомкованию. В процессе работы лазерного анализатора используется ультразвук в приемной кювете, который соответственно дезинтегрирует материал. В соответствии с чем, результаты лабораторных и аналитических исследований имеют расхождения.

Таблица 1. Свойства пульпы

Истинная плотность твердой фазы, т/куб.м	2,456
Значения pH пульпы	4,7
Температура пульпы, °C	20
Масса твердой фазы, г/л	243,09
Плотность пульпы, г/м^3	1,144

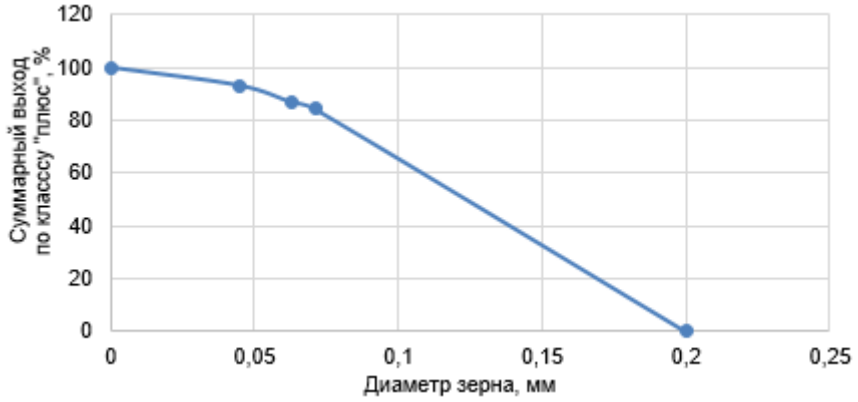


Рис. 1. Характеристика крупности исходного материала

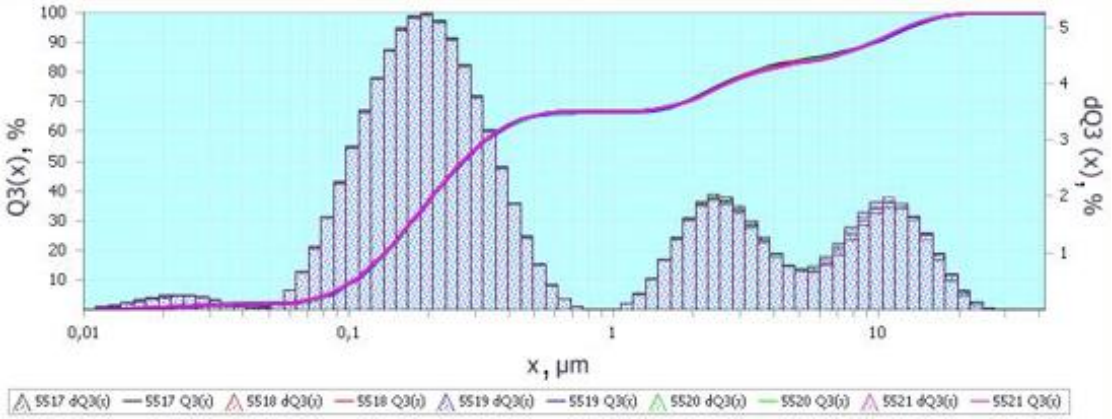


Рис. 2. Зависимость размера зерна от процентного содержания

Результаты тестов. На рис. 3 представлен график зависимости скорости осаждения от содержания твердого. Установлено, что при 10 % твердого имеется значительное изменение скорости осаждения. На рис. 4 приведено действие различных флокулянтов с различным расходом. Оптимальные показатели были зафиксированы с применением следующих реагентов: Superfloc RH4832, Гранфлок 1435-1. Заключительный тест проводили на данных реагентах.

На рис. 5 приведена кривая осаждения пульпы. В табл. 2 рассчитаны скорость осаждения и удельная нагрузка. Для того чтобы определить скорость осаждения необходимо на кривых осаждения пульпы отметить положение критической точки *Нк*, *tк* (если ее положение удалось зафиксировать в процессе опыта) или определить ее положение по методу Телмеджа и Фитча.

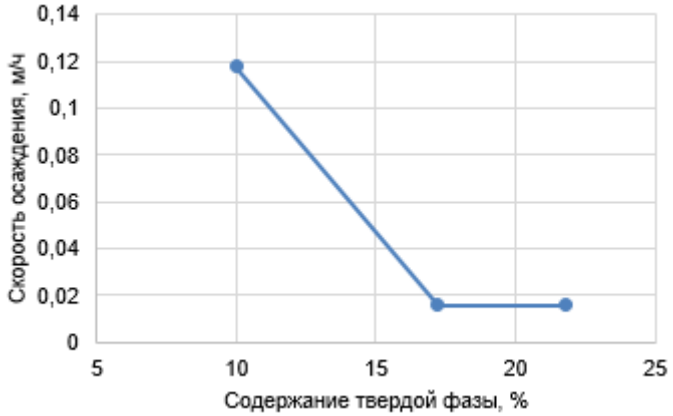


Рис. 3. График влияния содержания твердого на скорость осаждения

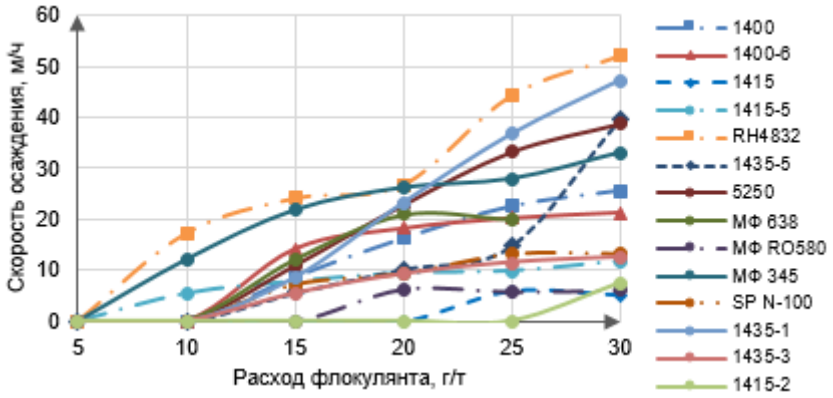


Рис. 4. Результаты предварительных исследований по выбору флокулянта

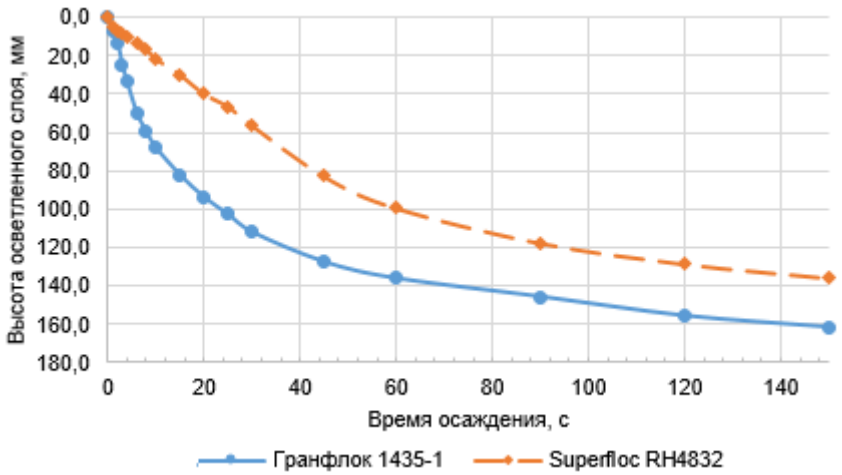


Рис. 3. Кривая скорости осаждения пульпы с флокулянтами Гранфлок 1435-1, Superfloc RH4832

Таблица 2. Результаты скорости осаждения пульпы и удельной площади сгущения

Параметр	Superfloc RH4832	Гранфлок 1435-1
Скорость осаждения, м/с	5,96	13,44
Удельная площадь сгущения, м·ч/т	0,6	0,3

Таблица 3. Результаты исследования спектрофотометра

Наименование флокулянта	Оптическая плотность, Абс	Светопропускание, %
Superfloc RH4832	0,059	87
Гранфлок 1435-1	0,032	92,8
Питьевая вода	0,012	97,3

Скорость осаждения пульпы $v_к$, м/с, рассчитывают по формуле [7]:

$$v_к = \frac{H_к}{t_к},$$

где $H_к$ – высота осветленной жидкости в критической точке, м; $t_к$ – время осаждения в критической точке, с.

Удельную площадь сгущения определяют по формуле:

$$S_{уд} = \frac{(R_и - R_к)}{v \cdot K},$$

где $R_и$– разжижение в исходной пульпе; $R_к$ – разжижение пульпы в критической точке; K – коэффициент запаса, учитывающий неравномерность работы сгустителя и равный 0,8.

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Спектрофотометрические показатели. В табл. 3 приведены результаты спектрофотометрического метода. Также для сравнения представлены результаты питьевой воды. Установлено, что при применении флокулянта Гранфлок 1435-1 приводит к более чистому сливу. Из данных результатов видно, что оптическая плотность (Абс) для флокулянта Гранфлок 1435-1 (0,032) ниже, чем для Superfloc RH4832 (0,059), что говорит о лучшей эффективности флокулянта Гранфлок 1435-1 в очистке воды. Светопропускание также выше при использовании Гранфлок 1435-1 (92,8 %) по сравнению с Superfloc RH4832 (87 %). Питьевая вода имеет еще более высокие показатели оптической плотности (0,012) и светопропускания (97,3 %), что подтверждает ее чистоту. Таким образом, использование флокулянта Гранфлок 1435-1 действительно улучшает качество воды и делает ее чище.

Заключение

В ходе работы определена характеристика руды и проведены предварительные испытания по сгущению и построен график зависимости изменения границы раздела осветленной жидкости от времени *H* = *f*(*t*). По результатам было определено оптимальное содержание твердого – 10 %.

После предварительных испытаний проведены исследования на подобраных флокулянтах: Superfloc RH4832, Гранфлок 1435-1. На основании полученных данных был проведен расчет удельной площади сгущения с результатами: для Superfloc RH4832 равной 0,6 м^2·ч/т и для Гранфлока 1435-1 равной 0,3 м^2·ч/т.

Таким образом выявлен эффективный флокулянт Гранфлок 1435-1. Для подтверждения полученных данных рекомендовано проведение опытно-промышленных испытаний.

Список источников

1. Рылов К.А., Бурдонов А.Е. Исследование сгущаемости хвостов обогащения железных руд // Обогащение руд. 2023. № 5. С. 51–56. https://doi.org/10.17580/or.2023.05.09.

2. Максименко О.А., Шонходоев З.Ч., Хвостанцева Д.С., Токарева А.В., Бурдонов А.Е. Исследование эффективности расслоения суспензии хвостов флотации полевошпатовой руды // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 28–30 апреля 2022 г.). Иркутск, 2022. С. 149–155.

3. Бауман А.В., Степаненко А.И., Баранова А.А. Теоретические основы и практика проектирования процессов и аппаратов сгущения рудных пульп // Обогащение руд. 2023. № 1. https://doi.org/10.17580/or.2023.01.07.

4. Bahmani-Ghaedi, A., Hassanzadeh, A., Sam, A., Entezari-Zarandi, A. The effect of residual flocculants in the circulating water on dewatering of Gol-e-Gohar iron ore // Minerals Engineering. № 179. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107440.

5. Teng T.T., Wong S., Low L. Coagulation-Flocculation Method for the Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater // The Role of Colloidal Systems in Environmental Protection. С. 239–259. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63283-8.00010-7.
6. Юнусов М.Ю., Бабаев З.К., Матчанов Ш.К., Матчонов Ш.Ш. Вещественный состав и технология обогащения кварц-каолиновой породы Ходжакульского месторождения // Обогащение руд. 2022. № 3. С. 17-21. https://doi.org/10.17580/or.2022.03.03.
7. Алексеев А.И. Комплексная переработка апатитнефелиновых руд на основе создания замкнутых технологических схем // Записки Горного института. 2015. Т. 215. С. 75–82.
8. Алексеев А.И., Зубкова О.С., Полянский А.С. Усовершенствование технологии обогащения сапонитовой руды в процессе добычи алмазов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2020. №. 1 (205). С. 74–80.
9. Кожонов А.К., Молмакова М.С., Дуйшонбаев Н.П. Выявление возможных причин проблем при обезвоживании продуктов флотационного обогащения // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т. 16. №. 3. С. 17–24.
10. Бричкин В.Н., Дубовиков О.А., Николаева Н.В., Беседин А.А. Обезвоживание красного шлама и основные направления его переработки // Обогащение руд. 2014. №. 1. С. 44–48.

Информация об авторах / Information about the Authors

Шонходоев Зандан Чимитдашиевич,
аспирант,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
zshonhodoev@yandex.ru

Zandan Ch. Shonkhodoev,
Postgraduate Student,
School of Mining and Subsurface Resource Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
zshonhodoev@yandex.ru

Васильева Лилия Геннадьевна,
студент,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
LilyVasilyeva1206@yandex.ru

Liliya G. Vasilyeva,
Student,
School of Mining and Subsurface Resource Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
LilyVasilyeva1206@yandex.ru

Максимова Елена Леонидовна,
студент,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
em53677@gmail.com

Elena L. Maksimova,
Student,
School of Mining and Subsurface Resource Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
em53677@gmail.com

Цыбенов Баир Биликтоевич,
студент,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
bairtsybenov5@gmail.com

Bair B. Tsybenov,
Student,
School of Mining and Subsurface Resource Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
bairtsybenov5@gmail.com

УДК 542.06

Синтез полых углеродных наносфер на темплатах наносилики рукавной пыли кремниевого производства

© В.Г. Галеев, С.А. Небогин, Н.А. Иванов

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

Аннотация. С развитием электронных устройств возникает потребность в создании емких и эффективных накопителей энергии. Суперконденсаторы (ионисторы), представляющие собой конденсаторы со сверхвысокой емкостью, вызывают большой интерес благодаря их высокой плотности мощности, эффективности процессов заряда/разряда, и отличной стабильности цикла. Многообещающим материалом для создания электродов суперконденсаторов являются полые мезопористые углеродные сферы за счет их высокой удельной площади поверхности, химической стабильности и возможности их функционализации. В данной работе авторы рассматривают возможность использования рукавной пыли кремниевого производства в качестве твердого шаблона (темплата) для получения полых углеродных сфер. Методом гидротермального синтеза получены образцы полых углеродных сфер, легированных азотом. Образцы были изучены методами просвечивающей электронной микроскопии, EDX–элементного анализа и сорбционного анализа поверхности и пористости. В полученных образцах диаметр углеродных оболочек составляет 20–300 нм, толщина оболочек 4–20 нм, удельная площадь поверхности образцов 243–281 м^2/г. Кроме того высокое содержание азота (~ 5 %) в образцах должно обеспечить увеличение емкости благодаря протеканию обратимых окислительно-восстановительных реакций за счет этих функциональных групп. Авторы пришли к выводу, что, используя рукавную пыль кремниевого производства в качестве темплата, возможно получить полые углеродные сферы, регулировать толщину оболочек, изменяя концентрацию прекурсора, и провести их легирование азотом в процессе синтеза. Полученный материал является хорошим кандидатом на роль эклектродного материала для суперконденсаторов.

Ключевые слова: материал, углеродные сферы, оболочка, твердый шаблон, суперконденсатор

Финансирование: *Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научно-образовательного центра «Байкал» (грант № FZZS-2024-0002).*

Synthesis of hollow carbon nanospheres on nanosilica sleeve dust templates from silicon production

© Vladislav G. Galeev, Sergei A. Nebogin, Nikolay A. Ivanov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. There is a need for high capacity and efficient energy storage due to the development of electronic devices. Ultracapacitors (ionistors) are capacitors with ultra-high capacitance. They attract the attention of researchers because of their high power density, efficient charge/discharge processes, and excellent cycle stability. Hollow mesoporous carbon spheres are a promising material for ultracapacitor electrodes due to their high specific surface area, chemical stability and the possibility of their functionalization. In the article, the authors consider the possibility of using silicon production sleeve dust as a solid template for the production of hollow carbon spheres. Samples of hollow carbon spheres doped with nitrogen were obtained by the method of hydrothermal synthesis. The samples were studied by transmission electron microscopy, EDX-elemental analysis and sorption analysis of surface and porosity. The diameter of the obtained carbon shells is 20–300 nm, the thickness of the shells is 4–20 nm, and the specific surface area of the samples is 243–281 m2/g. High content of nitrogen (~ 5 %) in the samples should provide capacity increase due to the occurrence of reversible redox reactions on these functional groups. The authors conclude that by using silicon production sleeve dust as a template, it is possible to obtain hollow carbon spheres, regulate the shell thickness by varying the precursor concentration, and carry out their nitrogen doping during the synthesis process. The obtained material is a good candidate as an electrode material for ultracapacitors.

Keywords: material, carbon spheres, shell, solid template, ultracapacitor

Funding: *The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the Baikal Scientific and Educational Center (grant no. FZZS-2024-0002).*

Введение

В условиях постоянного развития устройств, требующих эффективных и надежных источников энергии, возникает потребность в разработке доступных и функциональных электродных материалов, способных обеспечить долговечность, высокую мощность и длительный срок службы накопителей энергии, таких как суперконденсаторы [1]. Суперконденсаторы показывают себя как надежные устройства, благодаря быстрой зарядке и разрядке, высокой стабильности цикла и высокой плотности мощности [2–4]. В качестве электродных материалов могут быть использованы сульфиды и оксиды металлов и композитные материалы типа металл-полимер [5], а также различные углеродные материалы, например, графит или углеродные наноструктуры, среди которых выделяются полые мезопористые углеродные сферы (HCS). Они являются многообещающим электродным материалом ввиду высоких значений удельной площади поверхности, узкому распределению пор по размерам, низкой плотности и высокой химической стабильности [6]. Одним из преимуществ HCS является возможность их легирования серой [7], фосфором [8] или азотом [9], что приводит к улучшению их свойств как электродного материала за счет улучшения проводимости и увеличения емкости в результате протекания быстрых обратимых окислительно–восстановительных реакций на введенных функциональных центрах [10]. Среди выше перечисленных, лучшие результаты в качестве электродного материала показывают HCS, легированные азотом (NHCS) [11, 12].

Методы синтеза

Реактивы. Фурфурол ($C_5H_4O_2$) Ч «Компонент–реактив», сульфат аммония ($(NH_4)_2SO_4$) ЧДА «Компонент-реактив», гидроксид натрия (NaOH) ЧДА «Реахим», рукавная пыль газоочистки кремниевого производства. Все растворы были приготовлены в дистиллированной воде.

Рукавная пыль газоочистки кремниевого производства на 98 % состоит из сферических частиц аморфного диоксида кремния, со средним гранулометрическим составом порядка 0,2–0,3 мкм, которые будут играть роль твердых шаблонов. Состав рукавной пыли приведен в табл. 1.

Оборудование. Для синтеза образцов использовали реактор гидротермального синтеза ZOIBKD TGYF из нержавеющей стали. Анализ микроструктуры проводился с использованием просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) FEI Tecnai G^2 F20 (200кВ). Для проведения элементного анализа использовали систему EDX-анализа TEAM Apollo XLT (SDD). Анализатор удельной поверхности и пористости 3P Instruments Meso 112 использовали для получения изотерм адсорбции-десорбции азота (N_2) при температуре жидкого азота (77,35 К). Расчет удельной площади поверхности проводили по теории BET, для расчета удельного объема пор использовали теорию BJH.

Синтез NHCS. В данной работе в качестве твердого шаблона для получения NHCS методом гидротермального синтеза (ГТС) использовались сферические частицы аморфного диоксида кремния из рукавной пыли газоочистки кремниевого производства. Для этого готовилась 2,5 % суспензия рукавной пыли в 0,05М растворе сульфата аммония. Фурфурол использовали в качестве углеродсодержащего прекурсора. Навеску фурфурола добавляли в исходный раствор. Полученную смесь помещали в стальной автоклав с фторопластовым вкладышем объемом 250 мл. Процесс ГТС протекал в течение16 ч, при

Таблица 1. Данные рентгенофлуоресцентного анализа рукавной пыли

Рукавная пыль газоочистки кремниевого производства	Содержание, %	Погрешность, %
SiO_2	98,04	0,32
MgO	0,21	0,085
Al_2O_3	< 0,20	–
Na_2O	0,32	0,074
K_2O	0,39	0,082
CaO	0,39	0,070
$Fe_2O_{3(общ.)}$	0,53	0,046

температуре 200 °С и скорости вращения мешалки 300 об/мин и по окончании синтеза автоклав остывал до комнатной температуры. Частицы рукавной пыли, покрытые углеродистыми оболочками в результате гидротермальной карбонизации фурфурола, осаждали в центрифуге и отделяли от остатков раствора, затем сушили при температуре 100 °С. Просушенные частицы отжигали в вакууме в течение 1 ч при температуре 600 °С. Травление частиц-темплатов из диоксида кремния проводили в автоклаве при температуре 180 °С и скорости вращения мешалки 100 об/мин в течение 4 ч. Для травления использовали 200 мл 6М раствор гидроксида натрия. После травления темплатов из полученной суспензии осаждали углеродные частицы с помощью центрифуги. Полученный осадок промывали на фильтре дистиллированной водой. Образцы обозначили как NHCS-x, где x обозначает массовую концентрацию прекурсора.

Результаты и их обсуждение

В результате эксперимента были получены образцы NHCS из растворов с концентрацией фурфурола 0,5 %, 1%, 2 %, 3 %, которые были обозначены как NHCS-0,5, NHCS-1, NHCS-2 и NHCS-3 соответственно.

Формирование NHCS. Основным процессом, приводящим к образованию NHCS в ходе ГТС, является поликонденсация фурфурола по альдегидной группе. В процессе ГТС происходит также гидролиз сульфата аммония, приводящий к снижению pH и, соответственно, катализу процесса поликонденсации. В результате на поверхности темплатов образуются углеродистые оболочки. В процессе последующего отжига происходит дополнительная карбонизация и активация поверхности углеродных оболочек.

Морфология и структура. На рис. 1 представлены изображения фрагментов образца NHCS-3, полученные с помощью ПЭМ. На рис. 1, *а* представлено микроскопическое изображение непротравленного образца, на рис. 1, *б, в* – после процедуры травления темплата. В данном образце наблюдаются сферические углеродные частицы, имеющие большое количество полостей. Из рис. 1, *а* также видно, что углеродная частица формируется вокруг скопления частиц микросилики. Такой результат обусловлен в первую очередь относительно высокой концентрацией прекурсора.

На рис. 2 представлены изображения фрагментов образца NHCS-2, полученные с помощью ПЭМ. Образец содержит как скопления полых углеродных сфер с толщиной оболочек 10–20 нм, так и углеродные структуры, подобные образцу NHCS-3, содержащие большое количество полостей и углублений, оставленных темплатами. Уменьшение концентрации прекурсора приводит к увеличению соотношения количества NHCS к подобным углеродным структурам.

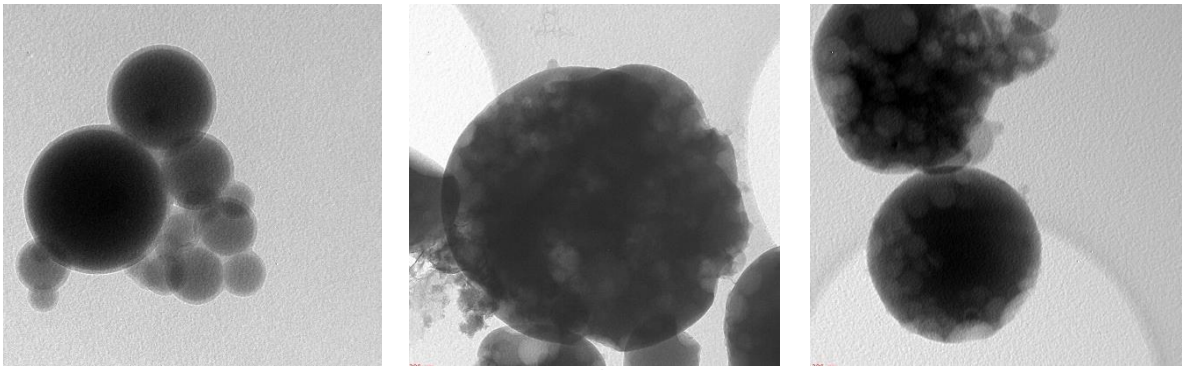
На рис. 3 представлены микроскопические изображения фрагментов образца NHCS-1. Образец состоит в основном из отдельных сферических оболочек диаметром порядка 50–100 нм с толщиной стенок порядка 8–15 нм и их скоплений. Также в образце содержатся аморфные углеродные наночастицы.

На рис. 4 представлены микроскопические изображения фрагментов образца NHCS-0,5. Образец представляет собой скопления углеродных оболочек с толщиной стенок 4–8 нм и тонких пористых углеродных дисков [13]. Образование углеродных дисков вызвано относительно малой концентрацией прекурсора. На рис. 5 с большим увеличением просматриваются участки с периодической структурой указывающие на квазикристаллическую природу фрагментов оболочек и дисков.

Анализ поверхности и пористости. Удельная площадь поверхности является важным параметром для NHCS, как для электродного материала, так как емкость суперконденсатора определяется емкостью двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности обкладок конденсатора.

На рис. 6 приведена изотерма адсорбции-десорбции азота при 77 К образцом NHCS-0,5, характерная также для остальных полученных образцов. Данная изотерма относится к IV типу по классификации IUPAC с гистерезисом, свидетельствующим о мезопористой структуре образца.

В табл. 2 приведены значения удельной площади поверхности ($S_{уд}$,) и объема пор ($V_{уд}$) для полученных образцов.



а *б* *в*

Рис. 1. ПЭМ-микрофотографии фрагментов образца NHCS-3:
а – до травления темплата; б, в – после травления

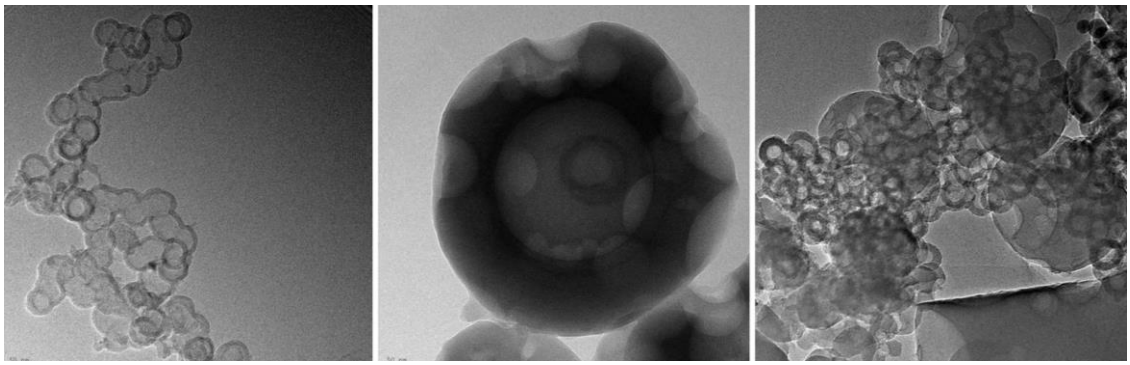


Рис. 2. ПЭМ-микрофотографии различных фрагментов образца NHCS-2

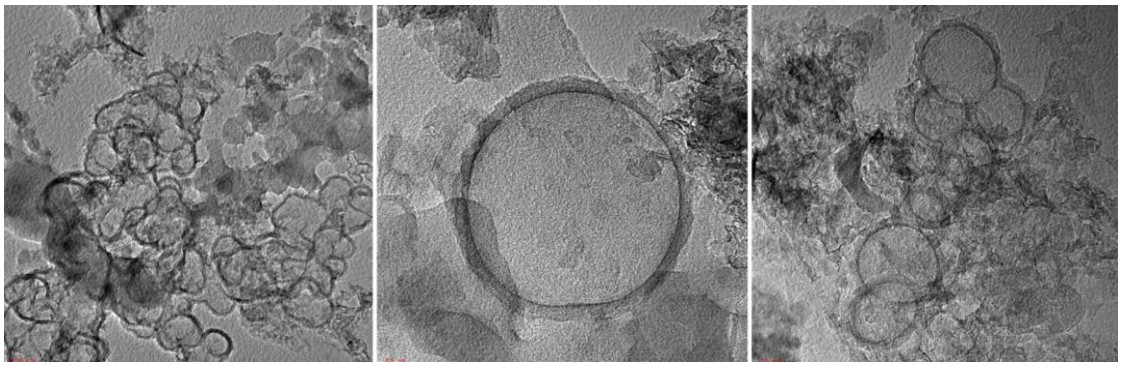


Рис. 3. ПЭМ-микрофотографии различных фрагментов образца NHCS-1

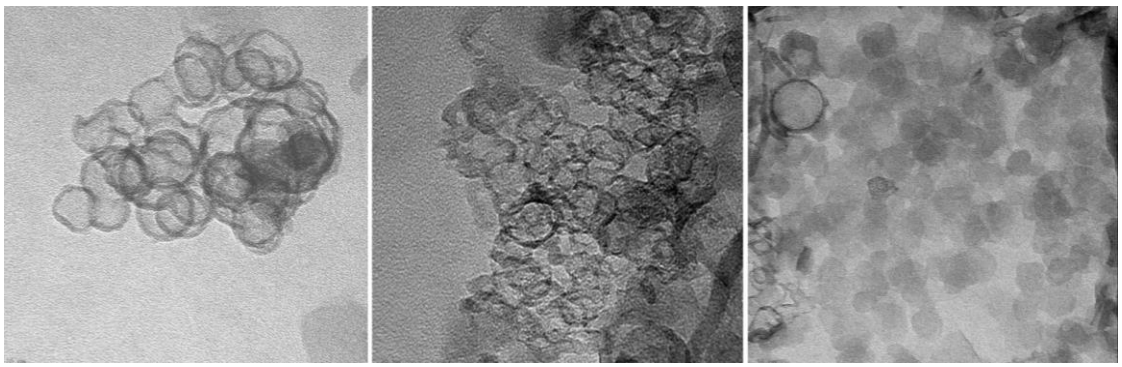


Рис. 4. ПЭМ-микрофотографии фрагментов образца NHCS-0,5

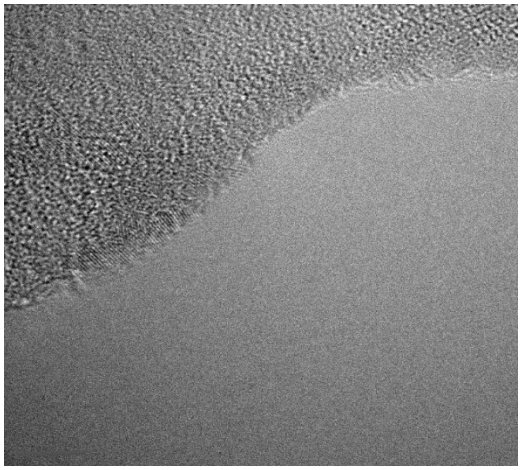


Рис. 5. ПЭМ-микрофотография фрагмента образца NHCS-0,5 (масштабный отрезок – 5 нм)

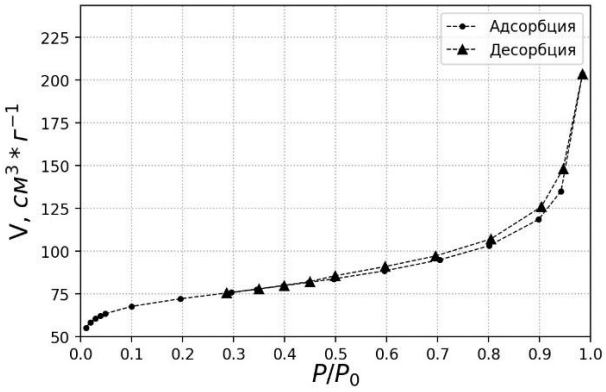


Рис. 6. Изотерма адсорбции-десорбции N_2 при 77 К образцом NHCS-0,5

Таблица 2. Характеристика поверхности образцов

Образец	$S_{уд}$, м²/г	$V_{уд}$, см³/г
NHCS-0,5	251	0,32
NHCS-1	243	0,29
NHCS-2	270	0,31
NHCS-3	281	0,21

Как видно из табл. 2, разница в удельной площади поверхности между образцами незначительна. Значения $S_{уд}$ для полученных образцов оказываются меньше, чем для других углеродных материалов, таких как активированный уголь (500–2200 м²/г), углеродные нанотрубки (1226 м²/г) [14], а также NHCS, полученные с использованием мягкого темплата (1517 м²/г) [15]. Увеличения удельной площади поверхности NHCS можно добиться с помощью активации поверхности путем прокаливания при температурах более 600 °C в присутствии щелочи KOH в токе инертного газа (до 1036 м²/г) [16].

Анализ состава. EDX-элементный анализ проводился для подтверждения содержания азота в полученных образцах. В табл. 3 указаны массовые соотношения углерода, азота и кислорода в полученных образцах. Результаты EDX-элементного анализа подтверждают, что *in situ* легирование HCS азотом прошло успешно.

Таблица 3. Массовое соотношение элементов в полученных образцах

Элемент	NHCS-3	NHCS-2	NHCS-1	NHCS-0,5
C, %	90,94	89,63	88,19	89,89
N, %	4,25	4,51	4,73	4,49
O, %	4,81	5,86	7,08	5,62

Заключение

Результаты данного исследования показывают, что рукавная пыль кремниевого производства может быть использована в качестве жесткого темплата для получения полых углеродных сфер. Варьируя концентрацию прекурсора, возможно влиять на толщину полученных углеродных оболочек и удельный объем пор материала. Возможность функционализации полученных углеродных оболочек как в процессе синтеза, так и путем постобработки, позволяет получать материалы, применимые в электронной промышленности, медицине и химической промышленности. В данной работе показано, что использование сульфата аммония как азотсодержащего допанта приводит к легированию полученных HCS азотом. Такой материал считается перспективным для создания на его основе электродов для суперконденсаторов.

Список источников

1. Asif M., Muneer T. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2007. Vol. 11 (7). P. 1388–1413. https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.12.004.
2. Simon P., Gogotsi Yu. Materials for electrochemical capacitors // Nature Materials. 2008. Vol. 7. P. 845–854. https://doi.org/10.1038/nmat2297.
3. Simon P., Gogotsi Yu., Dunn B. Where do batteries end and supercapacitors begin? // Materials science. 2014. Vol. 343 (6176). P. 1210–1211. https://doi.org/10.1126/science.1249625.
4. Xianjun Wei, Hongli Zou, Shuyan Gao Chemical crosslinking engineered nitrogen-doped carbon aerogels from polyanilineboric-acid-polyvinyl-alcohol gels for high-performance electrochemical capacitors // Carbon. 2017. Vol. 123 (3). P. 471–480. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.07.050.
5. Pazhamalai P., Krishnan V., Mohamed Saleem M.S., Kim S.J., Seo H.W. Investigating composite electrode materials of metal oxides for advanced energy storage applications // Nano Convergence. 2024. Vol. 11. P. 1–32. https://doi.org/10.1186/s40580-024-00437-2.
6. Chen J., Xia N., Zhou T., Tan S., Jiang F., Yuan D. Mesoporous Carbon Spheres: Synthesis, Characterization and Supercapacitance // International Journal of Electrochemical Science. 2009. Vol. 4 (8). P. 1063–1073. https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)15206-0.
7. Yang Z., Yao Z., Li G., Fang G., Nie H., Liu Z., Zhou X., Chen X., Huang S. Sulfur-Doped Graphene as an Efficient Metal-free Cathode Catalyst for Oxygen Reduction // ACS Nano. 2012. Vol. 6 (1). P. 205–211. https://doi.org/10.1021/nn203393d.
8. Wu J., Jin C., Yang Z., Tian J., Yang R. Synthesis of phosphorus-doped carbon hollow spheres as efficient metal-free electrocatalysts for oxygen reduction // Carbon. 2015. Vol. 82. P. 562–571. http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2014.11.008.
9. Strelko V., Kuts V., Thrower P. On the mechanism of possible influence of heteroatoms of nitrogen, boron and phosphorus in a carbon matrix on the catalytic activity of carbons in electron transfer reactions // Carbon. 2000. Vol. 38 (10). P. 1499–1524. http://dx.doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00121-4.
10. Trogadas. P., Fuller T.F., Strasser P. Carbon as catalyst and support for electrochemical energy conversion // Carbon. 2014. Vol. 75 (12) P. 5–42. http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2014.04.005.
11. Kuang-Hsu Wu, Da-Wei Wang, Dang-Sheng Su, Ian R Gentle. A Discussion on the Activity Origin in Metal-Free Nitrogen-Doped Carbons For Oxygen Reduction Reaction and their Mechanisms // ChemSusChem. 2015. Vol. 8 (17). P. 2772–2788. https://doi.org/10.1002/cssc.201500373.
12. Chuanlong Han, Shiping Wang, Jing Wang, Mingming Li, Jiang Deng, Haoran Li [et al]. Controlled synthesis of sustainable N-doped hollow core-mesoporous shell carbonaceous nanospheres from biomass // Nano Research. 2014. Vol. 7 (12). P. 1809–1819. http://dx.doi.org/10.1007/s12274-014-0540-x.
13. Bu Yuan Guan, Song Lin Zhang, Xiong Wen David Lou. Realization of Walnut-Shaped Particles with Macro-/Mesoporous Open Channels through Pore Architecture Manipulation and Their Use in Electrocatalytic Oxygen Reduction // Angewandte Chemie. 2018. Vol. 57 (21). P. 6176–6180. https://doi.org/10.1002/anie.201801876.
14. Chengxin Guo, Liangliang Ji, Na Li, Yaowen Li. N- and O-doped carbonaceous nanotubes from polypyrrole for potential application in high-performance capacitance // Journal of Power Sources. 2014. Vol. 247. P. 660–666. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.09.014.
15. Zhongguan Liang, Hao Liu, Jianping Zeng, Jianfei Zhou, Hongjian Li, Hui Xia. Facile Synthesis of Nitrogen-Doped Microporous Carbon Spheres for High Performance Symmetric Supercapacitors // Nanoscale Research Letters. 2018. Vol. 13 (1). https://doi.org/10.1186/s11671-018-2713-0.
16. Ze Chen, Yingfeng Tu, Rui Cao, Yuanhang Ge**.** N- and O-doped hollow carbonaceous spheres with hierarchical porous structure for potential application in high-performance capacitance // Journal of Power Sources. 2017. Vol. 363. P. 356–364. http://dx.doi.org/10.1016/j. jposour.2017.07.037.

Информация об авторах / Information about the Authors

Галеев Владислав Гаярович,
студент,
Институт высоких технологий
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
vlad-galeev-2002@mail.ru

Небогин Сергей Андреевич,
младший научный сотрудник лаборатории
комплексной переработки отходов
энерго-металлургического комплекса,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
s.a.nebo@yandex.ru

Иванов Николай Аркадьевич,
к.ф.-м.н., доцент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ivnik@istu.edu

Vladislav G. Galeev,
Student,
School of High Technology,
Irkutsk National Research Technical University
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
vlad-galeev-2002@mail.ru

Sergei A. Nebogin,
Junior Researcher of the Laboratory
for Integrated Recycling of Waste
from the Energy and Metallurgical Complex,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
s.a.nebo@yandex.ru

Nikolay A. Ivanov,
Cand. Sci. (Physics and Mathematics),
Associate Professor,
School of High Technology,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ivnik@istu.edu

УДК 669-1

Разработка технологической схемы и расчет оборудования для извлечения золота из руды с повышенным содержанием меди

© А.К Горячева, И.А. Сысоев

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

Аннотация. Золотодобывающая отрасль занимает важное место в металлургии цветных металлов и ее развитие становится все более актуальным. С каждым годом запасы легкоперерабатываемых золотосодержащих руд истощаются, что требует внедрения новых, более эффективных технологий для извлечения золота из сложных руд. В настоящее время переработка золотых руд с содержанием меди становится одной из ключевых проблем, так как медь не только является нежелательной примесью, но и представляет собой ценный попутный продукт. Эта ситуация усложняет весь технологический процесс. Медистые руды – это распространенный и сложный тип золотосодержащих материалов, где разнообразие медных минералов затрудняет процесс цианирования, увеличивая потребление цианида и снижая эффективность извлечения золота. При разработке технологических схем переработки таких руд важно учитывать, что в некоторых случаях извлечение меди может быть экономически оправданным и целесообразным. Таким образом, комплексный подход к переработке медистых золотосодержащих руд может привести к оптимизации процессов и повышению общей эффективности добычи.

Ключевые слова: золотосодержащая руда, упорная руда, химический состав, технологическая схема, цианирование, агитационное выщелачивание

Flow chart development and determination of the capacity of a machine to extract gold from ore with a high copper content

© Anzhelika K. Goryacheva, Ivan A. Sysoev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The gold mining industry occupies an important place in the metallurgy of non-ferrous metals, and its development is becoming increasingly relevant. With each passing year, the reserves of easily processed gold-bearing ores are depleting, necessitating the implementation of new, more efficient technologies for extracting gold from complex ores. Currently, the processing of gold ores containing copper is becoming one of the key issues, as copper is not only an undesirable impurity but also represents a valuable by-product. This situation complicates the entire technological process. Copper-bearing ores are a common and complex type of gold-containing materials, where the diversity of copper minerals complicates the cyanidation process, increasing cyanide consumption and reducing gold extraction efficiency. When developing flow chart for the processing of such ores, it is important to consider that in some cases, the extraction of copper may be economically justified and feasible. Thus, a comprehensive approach to the processing of copper-bearing gold-containing ores may lead to the optimization of processes and an increase in overall mining efficiency.

Keywords: gold ore, refractory ore, chemical composition, flow chart scheme, cyanidation, agitated leaching

На протяжении всей истории человечества было добыто свыше 165 тыс. т золота и процесс разработки месторождений этого драгоценного металла продолжается нарастающими темпами. По самым оптимистичным оценкам, в недрах планеты скрыто еще около 45–50 тыс. т золота. Ежегодно объем его добычи составляет приблизительно 3 тыс. т. Увеличение затрат на извлечение металлов из руд, наряду с истощением запасов высококачественного минерального сырья (таких как первичные россыпи, коры выветривания, окисленные коренные руды и первичные руды с низкой сульфидной минерализацией), а также ужесточение природоохранных норм, способствуют необходимости разработки новых технологий в сфере горнодобывающей промышленности [1–5].

Для определения технологии переработки руды в первую очередь нужно понимать вещественный состав руды (табл. 1).

Минеральный состав руды и фазовый анализ золота в руде представлены в табл. 2 и 3.

По результатам вещественного состава была сформирована схема (рисунок), которая обеспечивает высокую эффективность извлечения золота.

Таблица 1. Химический состав проб исходной руды

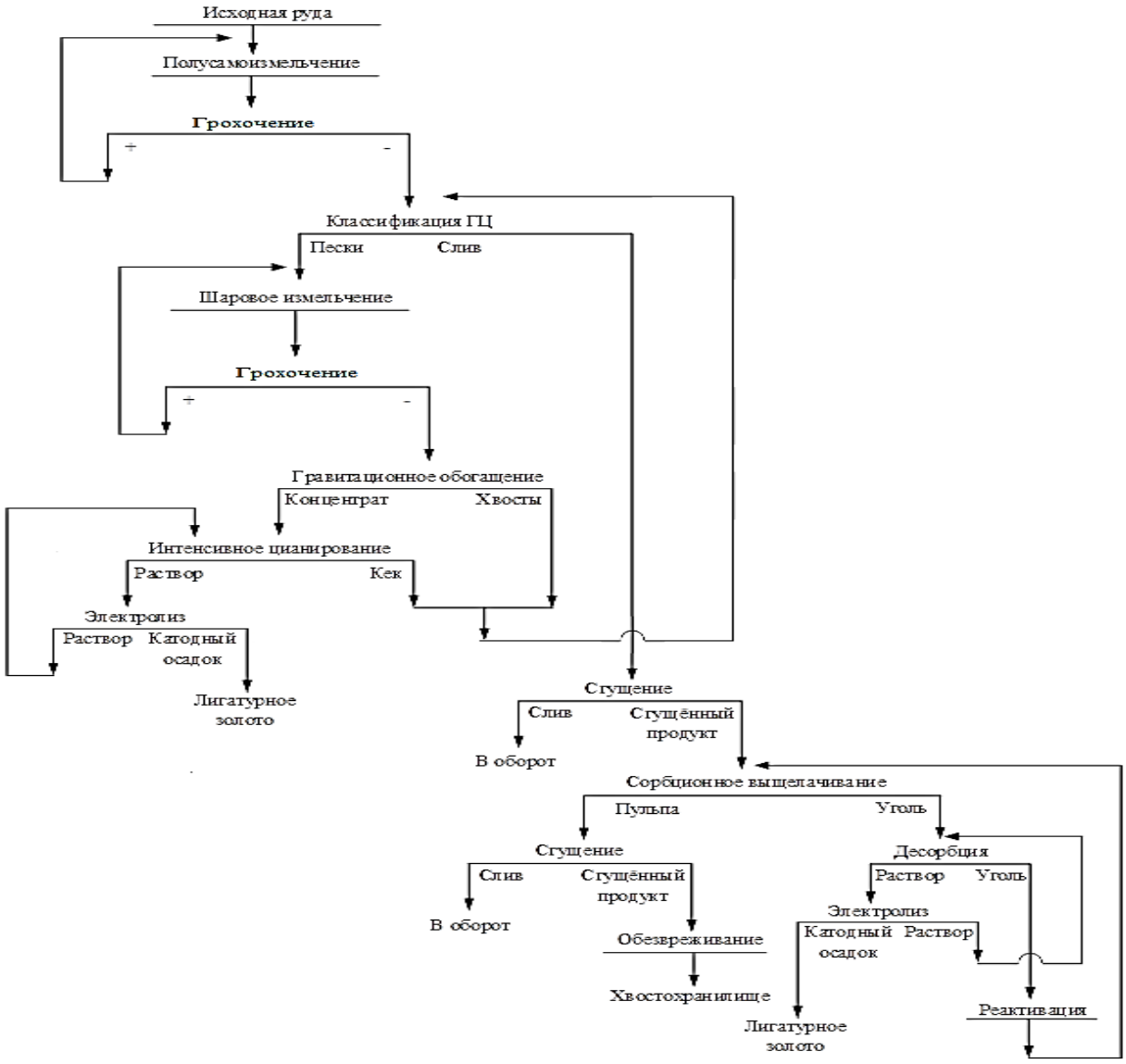
Элементы, компоненты	Массовая доля, %	Элементы, компоненты	Массовая доля, %
SiO2	80,1	$Cu_{общая}$	0,257
Al_2O_3	7,76	$Cu_{окисленная}$	0,0018
CaO	2,62	$Cu_{сульфидная}$	0,205
K_2O	1,98	Zn	0,0087
Na_2O	<1,00	Pb	0,0016
MgO	1,23	Cd	< 0,0002
MnO	0,074	Cr	0,028
P_2O_5	0,039	Ba	0,022
TiO_2	0,408	Bi	< 0,0010
$C_{общ}$	0,56	W	< 0,0050
CO_2	1,75	Mo	0,0011
$Fe_{общ}$	2,49	Ni	0,0021
$Fe_{окисленное}$	1,52	Sn	< 0,0050
$Fe_{сульфидное}$	1,17	Sr	0,010
$S_{общ}$	1,43	As	0,011
$S_{сульфатная}$	< 0,25	Au, г/т	3,43
Sb	< 0,0050	Ag, г/т	3,59

Таблица 2. Минеральный состав проб исходной руды

Минералы	Массовая доля, %
Породообразующие минералы	
Кварц	71,0
Мусковит, серицит	16,0
Хлорит	4,0
Кальцит	4,0
Полевые шпаты	1,0
Рудообразующие минералы	
Пирит-марказит	2,2
Халькопирит	0,6
Гидроксиды железа	0,6
Сфалерит	Ед. знаки
Акцессорные минералы	
Минералы титана, эпидот, амфиболы, пироксены	0,6
Итого	100,0

Таблица 3. Результаты фазового анализа золота в руде

Форма золота	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
Свободное, в том числе: – при крупности 2 мм – при доизмельчении до крупности 60 % класса -0,071 мм – при доизмельчении до крупности 95 % класса -0,071 мм	2,28 0,78 1,22 0,28	70,59 24,15 37,77 8,67
В виде открытых сростков	0,77	23,84
Всего в цианируемой форме	3,05	94,43
В кислоторастворимых минералах и пленках	0,01	0,31
В сульфидах	0,14	4,33
В нерастворимых в царской водке минералах и кварце	0,03	0,93
Итого	3,23	100,0



Рекомендуемая технологическая схема переработки руды

Технологическое исследование руды проводили методом агитационного цианидного выщелачивания в бутылочном агитаторе.

В ходе эксперимента было осуществлено гравитационное обогащение, за которым последовали интенсивные процессы цианирования и сорбционного выщелачивания. Исследования проводились с учетом различных размеров измельчения руды, а также варьировались концентрации цианида натрия в растворе для выщелачивания и продолжительность самого процесса. В результате были установлены параметры для обезвреживания хвостов, полученных в ходе цианирования, которые представлены в табл. 4.

Интенсивное цианирование гравиоконцентрата позволило извлечь до 98,6 % золота в концентрат при содержании золота в растворе 1089 мг/ дм^3.

Для определения извлечения золота из хвостов гравитации при различной крупности измельчения были проведены исследования по цианированию проб, измельченных до класса крупности 80 %, 85 %, 90 %, 95 % класса -0,071 мм. Цианирование проводили в бутылочном агитаторе при следующих условиях: соотношение Ж:Т=2:1, загрузка CaO составляла 2 кг/т, с отбором проб через 12, 24, 48 и 72 ч; при концентрации NaCN: 1 г/ дм^3. Для оценки извлечения золота использовался метод баланса. Это подразумевает расчет отношения массы золота, которая перешла в цианистый раствор, к общей массе, состоящей из золота, оказавшегося в растворе, и золота, оставшегося в твердой фазе [6]. Полученные данные представлены в табл. 5.

Таблица 4. Результаты исследований по гравитационному обогащению

Продукт	Выход, %	Содержание, г/т	Извлечение, %
Концентрат	0,1	2210	65
Хвосты	99,9	1,19	35
Исходная руда	100	3,4	100

Таблица 5. Результаты выщелачивания руды при различной крупности измельчения

Крупность	Концентрация Au в растворе, мг/ дм³				Содержание в кеке, г/т	Содержание по балансу, г/т	Извлечение, %	Расход реагента, кг/т	
	12 ч	24 ч	48 ч	72 ч				NaCN	CaO
80%	0,42	0,54	0,53	0,56	0,224	1,19	91,85	4,0	1,7
85%	0,44	0,52	0,55	0,58	0,213	1,15	91,70	4,5	1,6
90%	0,61	0,55	0,57	0,56	0,201	1,18	94,02	3,8	1,9
95%	0,60	0,54	0,58	0,55	0,199	1,17	94,44	4,1	1,8

Таблица 6. Результаты исследования оптимальной концентрации цианида натрия

Концентрация NaCN, г/дм³	Концентрация Au в растворе, мг/дм³				Содержание в кеке, г/т	Содержание по балансу, г/т	Извлечение, %	Расход реагента, кг/т	
	12	16	24	36				NaCN	CaO
1	0,47	0,48	0,55	0,53	0,201	1,18	94,02	4	1,9
0,5	0,43	0,49	0,58	0,55	0,187	1,22	94,32	2	1,9
0,2	0,44	0,47	0,56	0,54	0,231	1,23	90,57	1,3	1,9

Как следует из данных табл. 5, измельчение руды с крупности 80 % -0,071 мм до крупности 95 % -0,071 мм увеличивает извлечение золота при прямом цианировании в среднем на 3 %.

Для нахождения наилучшей концентрации цианида натрия и плотности пульпы, материал с крупностью 90 % в классе -0,071 мм подвергали прямому цианированию при следующих параметрах: соотношение жидкой и твердой фаз – 2:1, концентрация NaCN – 1, 0, 5 и 0,2 г/дм³, добавление CaO – 2 кг на тонну, а также продолжительность процесса выщелачивания составила 24 ч. Полученные результаты представлены в табл. 6.

Анализ полученных данных показывает, что максимальное извлечение золота, достигшее 94,32%, наблюдается при цианировании гравитационных хвостов с концентрацией цианида в растворе 0,5 г/дм³. В этом случае расход цианида составляет 2 кг на тонну, а извести – около 1,9 кг на тонну.

При снижении концентрации комплексообразователя до 0,2 г/дм³ наблюдается падение извлечения золота до 90,57 %, что обусловлено замедленной скоростью растворения металла [6, 7].

Измельчение руды рекомендуется осуществлять в две стадии: полусамоизмельчение на первой стадии с производительностью 254 т/ч и шаровым помолом – на второй стадии с производительностью 254 т/ч. Расчет требуемого количества и объема мельниц выполнен по стандартной методике [8].

Для первой стадии измельчения следует использовать мельницы полусамоизмельчения (МПСИ) производительностью 270 т/ч. К установке рекомендована мельница MZ 75×28, вместимостью 125 м^3.

Для второй стадии измельчения используются две шаровые мельницы MQY 4.0×6.0, производительностью 143,2 т/ч и вместимостью 69,8 м^3 каждая.

Технологическая схема состоит из двух стадий классификации: I стадия – в цикле полусамоизмельчения руды по крупности 45 % класса -0,071 мм на грохоте; II стадия – на хвостах гравитации центробежного концентратора по крупности 95 % класса -0,071 мм в гидроциклонах, работающих в замкнутом цикле с шаровой мельницей. Для определения необходимого количества гидроциклонов был учтен полный технологический резерв, что подразумевает наличие одной батареи в эксплуатации и второй в резерве.

В рамках первой стадии классификации проведен расчет инерционного грохота, осно-

ванный на стандартной методике определения нужной площади просеивающей поверхности [8, 9]. В результате общая площадь для грохочения составила 8,7 м^2. В связи с этим, рекомендуется использовать инерционный грохот модели ГРС 2000×5000 РИФ, производимый НПО «РИВС», или аналогичные устройства от других производителей с сопоставимыми техническими параметрами.

Для второй стадии классификации – в гидроциклонах. Объемная производительность по питанию гидроциклона (ГЦ-250) составит 55,14 м^3/ч. Рекомендуемое количество гидроциклонов составляет 13 шт.

В качестве основного оборудования для обогащения необходимо использовать центробежные сепараторы с периодической разгрузкой концентрата. Для достижения оптимальных технологических результатов целесообразно применять сепараторы Knelson.

На подрешетном продукте грохота предлагается установить центробежные концентраторы модели КС-XD 30, которые также обеспечивают периодическую разгрузку концентрата (2–3 раза в час). Учитывая сложные условия эксплуатации, такие как наличие грубозернистого материала на выходе мельниц и высокий процент твердых частиц в питании, целесообразно использовать аппараты повышенной прочности из серии XD.

Для оптимизации процесса на выходе мельницы МШЦ рекомендуется установить два центробежных концентратора модель КС-XD 30, которые будут осуществлять периодическую разгрузку концентрата с частотой 3–4 раза в час.

Концентраты первой стадии гравитационного обогащения подлежат интенсивному цианированию, при этом кеки от цианирования возвращаются в цикл второго этапа измельчения.

Для процесса сгущения на этапе сорбции используется слив из гидроциклона с содержанием твердых частиц на уровне 30 %. Сгуститель должен обеспечивать производительность по твердым материалам в объеме 6096 т в сутки, при этом достигается массовая доля твердых частиц в сгущенном продукте на уровне 60 %. Согласно проведенным исследованиям, удельная площадь сгущения для высокоскоростного сгустителя составляет 6,3 м² на тонну в сутки. Таким образом, необходимая площадь для сгущения составляет 967 м^2.

Принимаем высокоскоростной сгуститель диаметром 40 м, тогда полезная площадь сгущения будет составлять 1256 м^2.

Для расчета и выбора агитаторов сорбционного цианирования хвостов гравитации определяем объем агитационных чанов -6321,6 м^3. Выбираем 19 агитаторов сорбции объемом 342 м^3.

Для эффективного цианирования концентратов, полученных в процессе гравитационного обогащения, используются аппараты периодического действия от компании АО «Иргиредмет». При учете установленных режимов работы центробежных сепараторов, ожидаемая нагрузка на гравиоконцентрат составит приблизительно 3 т в сутки. Модуль интенсивного цианирования Август КШ-3, согласно техническим характеристикам, обеспечит заданную нагрузку. Установку интенсивного цианирования рекомендуется оборудовать соответствующим модулем электролиза ГЦН-40. Для достижения эффективного выщелачивания концентратов потребуется около 12 ч. Весь процесс переработки концентрата займет примерно от 20 до 24 ч.

Процесс десорбции золота включает кислотную обработку, нейтрализацию щелочью, десорбцию и электролиз, термическую реактивацию. Процессы кислотной обработки, нейтрализации щелочью, десорбции и электролиза осуществляются в периодическом режиме.

Для процесса десорбции используются стальные колонны. Их объем должен быть рассчитан так, чтобы обеспечить производительность 0,18 м³/ч по углю, учитывая, что время, необходимое для десорбции, составляет 14–16 ч. Чтобы достичь этих параметров, потребуется две колонны объемом по 3 м³. В состав оборудования для десорбции объемом 3 м³ входят две колонны для кислотной обработки, каждая из которых также имеет объем 3 м³ и две колонны для нейтрализации аналогичного объема.

Кроме того, установка десорбции включает в себя электролизное оборудование, работающее под давлением и обеспечивающее производительность по растворам на уровне 0,42 м³/ч.

Далее будет подробно будет рассмотрен выбор оборудования для сушки и плавки катодных осадков. Сушильные и плавильные печи должны обеспечивать ежедневную продуктивность катодного осадка на уровне 4,08 кг в сутки.

Для процесса сушки катодных осадков предусмотрена печь сопротивления ШСП-0,25-500, а для обжига используется печь СН0-4.8.4/10И1. Для плавки катодных осадков в слитки применяется индукционная плавильная установка УИП 30-10-0,03 с графитовым тиглем АС-18, имеющим рабочий объем 4 л.

Печь реактивации должна обеспечивать угольную производительность на уровне 4,3 т в сутки. В качестве оборудования для этой установки выбрана барабанная печь ZSL-200, обладающая производительностью 200 кг/ч (что соответствует 4,8 т в сутки) и произведенная в КНР.

Выбор оборудования для обезвреживания осуществляется аналогично агитаторам цианирования. Для процесса обезвреживания предусмотрен приток 264 м³/ч, а общая продолжительность обработки составляет 5 ч. Этот период включает в себя основные этапы: хлорирование (1 ч), контрольное хлорирование (1 ч), выдержку (1 ч), обработку железным купоросом (1 ч) и подщелачивание (1 ч). В качестве оборудования выбраны три агитатора с механическим перемешиванием, обладающие полезным объемом 342 м³, с учетом коэффициента заполнения 0,85.

Хвостовой сгуститель, имеющий производительность 211 м³/ч, направляет свои продукты на агитацию в два последовательно установленных реактора из нержавеющей стали. Для подкисления отработанного цианистого раствора в реакторы добавляются серная кислота и гидросульфат натрия. Время обработки раствора составляет 15 мин.

Соответственно, расчетный объем агитаторов (с учетом коэффициента заполнения – 0,85) составляет 66 м^3. Для агитации принимаем емкости 4,5×5,0 с рабочим объемом 72 м^3.

Для определения оптимальных условий нейтрализации цианистых соединений и расчета расхода необходимых реагентов были проведены эксперименты по обезвреживанию продуктов выщелачивания золота из руды с использованием метода хлорирования. Процесс обезвреживания осуществлялся поэтапным введением раствора гипохлорита кальция с концентрацией активного хлора 10,0 % в обрабатываемую пульпу. Уровень pH поддерживался на минимальном значении 10 за счет добавления извести. Расход активного хлора составил 4,3 кг/т, CaO – 1,77 кг/т. После обезвреживания pH составил 8,5.

В жидкой фазе хвостов цианирования руды содержится примерно 200–300 мг/дм³ меди, которая присутствует в форме цианидных комплексов, главным из которых является $[Cu(CN)_3]^{2-}$. Были проведены эксперименты по извлечению меди из раствора и регенерации связанного с ней цианида. Испытания осуществлялись в закрытой емкости, где была предусмотрена возможность подачи реагентов и перемешивания раствора. Исходный раствор помещали в емкость, затем добавляли рассчитанное количество сульфида натрия в виде $Na_2S·9H_2O$, предварительно разбавленного дистиллированной водой. После этого вводили разбавленный раствор серной кислоты с концентрацией 104 г/дм³ H_2SO_4, что привело к снижению pH раствора до 3,06. Образовавшийся осадок был отфильтрован, а фильтрат перенаправлен в щелочной раствор с концентрацией 20 г/дм³ NaOH [10, 11].

Результаты пробного теста по кондиционированию раствора выщелачивания приведены в табл. 7.

Получены высокие показатели извлечения меди и регенерации цианида, что подтверждает эффективность применяемого способа кондиционирования раствора методом осаждения сульфида меди в кислой среде. Данные показатели были достигнуты при относи-

Таблица 7. Результаты пробного теста по кондиционированию раствора выщелачивания

Концентрация в исходном растворе		**Расход реагентов (100 % активности), кг/м³**		**Концентрация в кондиционированном растворе**		**Извлечение меди, %**	**Регенерированный NaCN, кг/м³**	**Регенерация (извлечение) NaCN, %**
Cu, мг/дм³	NaCN, %	$Na_2S·9H_2O$	H_2SO_4	Cu, мг/дм³	NaCN, %			
200	0,05	0,46	1,73	2,6	0,103	98,8	0,51	99

тельно низком уровне pH раствора, который равен примерно трем. Это связано с необходимостью значительных затрат серной кислоты, а также с требованиями к использованию коррозионностойкого оборудования. Кроме того, существует риск потерь цианида в виде синильной кислоты в атмосферу.

На основании проведенных лабораторных исследований была разработана схема водношламовой обработки. Также был осуществлен выбор и обоснование ключевого технологического оборудования.

Определение оптимального режима и применение развитых гравитационных схем обогащения обычно позволяет извлечь золото и медь в гравитационный концентрат с удовлетворительными технологическими показателями. Золотомедные концентраты обрабатываются на заводах, специализирующихся на медеплавлении. В данной работе акцентируется внимание на успешном исследовании закономерностей извлечения меди из руд, содержащих золото. Также были получены исходные данные, которые являются основой для дальнейшей разработки технологии и выбора соответствующего технологического оборудования.

Список источников

1. Адамов Э.В. Технология руд цветных металлов. М.: МИСИС. 2007. 470 с.
2. Щербина О.Ю. Добыча и запасы золота регионов России в сравнении с мировым рынком // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2021. № 2 (66). http://dx.doi.org/10.24412/1999-2645-2021-266-17.
3. Иванов А.И, Алексеев Я.В, Черных А.И, Наумов Е.А, Куликов Д.А, Тарасов А.С и др. Благородные металлы Российской Федерации – состояние минерально-сырьевой базы и перспективы ее развития // Отечественная геология. 2022. № 1. С. 3–25.
4. Теляков Н.М, Дарьин А.А, Луганов В.А. Перспективы применения биотехнологий в металлургии и обогащении // Записки горного института. 2016. Т. 217. С. 113–124.
5. Баранов В.Ф., Вайсберг Л.А. Тенденции развития технологии и техники рудо подготовки // Современные методы технологической минералогии в процессах комплексной и глубокой переработки минерального сырья: материалы международ. совещания «Плаксинские чтения – 2012». (г. Петрозаводск, 10–14 сентября 2012 г.). Петрозаводск, 2012. С. 12–16.
6. Захаров Б.А., Меретуков М.А. Золото: упорные руды. М.: Руда и Металлы, 2013. 452 с.
7. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Переработка хвостов обогащения золотосодержащей руды гидрометаллургическими методами // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 2020. № 4. С. 293–304.
8. Струков К.И. Состояние и перспективы развития золотодобычи на Южном Урале // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2020. № 3. С. 7–8.
9. Барченков В.В. Технология гидрометаллургической переработки золотосодержащих флотоконцентратов с применением активных углей. Чита: Поиск. 2004. 242 с.
10. Валиков С.В., Гудков С.С., Емельянов Ю.Е., Богородский А.В., Епифоров А.В., Болдырев А.В. и др. Автоклавное окисление золотосодержащих руд и концентратов. Иркутск: Иргиредмет, 2016. 471 с.
11. Тимощик О.А., Щелокова Е.А., Касиков А.Г. Влияние условий получения аморфного кремнезема золь-гель методом на его свойства // Труды кольского научного центра РАН. 2019. Т. 10. № 1–3. С. 368–375.

Информация об авторах / Information about the Authors

Горячева Анжелика Константиновна,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
goryachevaangela03@bk.ru

Anzhelika K. Goryacheva,
Student,
School of High Technologies
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
goryachevaangela03@bk.ru

Сысоев Иван Алексеевич,
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
ivansys@istu.edu

Ivan A. Sysoev,
Cand. Sci. (Eng,), Associate Professor,
Non-Ferrous Metals Metallurgy Department,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ivansys@istu.edu

УДК 669.056.9:669.056.91

Получение защитных покрытий на поверхности серебра химическим способом

© И.Д. Матвеенко, М.Ю. Кузьмина

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

Аннотация. Целью данной статьи является изучение возможности получения защитных покрытий на поверхностях серебряных деталей и изделиях из серебра химическим методом в растворах, содержащих элементарный йод. Рассмотрены возможности использования серебра в различных отраслях промышленности, в том числе в пищевой. Предложена методика защиты серебра и его сплавов от потемнения с использованием водного и спиртового растворов элементарного йода. Установлены условия получения устойчивых покрытий, состоящих из йодида серебра, предохраняющих от потемнения поверхность деталей и имеющих красивый золотисто-желтый цвет, схожий с цветом золота или латуни. Показано, что образующиеся пленки йодида серебра имеют надежное сцепление с серебром или серебряно-медным сплавом. Полученные покрытия образцов устойчивы к легким царапинам и к химическим воздействиям агрессивных сред, которые возможны при производстве пищевой продукции.

Ключевые слова: серебро и серебряные сплавы; защитные покрытия; водные и спиртовые растворы элементарного йода; йодид серебра.

Obtaining protective coatings on the surface of silver by a chemical method

© Igor D. Matveenko, Marina Yu. Kuzmina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The purpose of this article is to study the possibility of obtaining protective coatings on the surfaces of silver parts and silver products by a chemical method in solutions containing elemental iodine. The article examines the possibilities of using silver in various industries, including the food industry. The article proposes a method for protecting silver and its alloys from darkening using aqueous and alcoholic solutions of elemental iodine. The article describes the conditions for obtaining stable coatings consisting of silver iodide, which protect the surface of parts from darkening and have a beautiful golden-yellow colour, similar to the colour of gold or brass. The article shows that the resulting silver iodide films have reliable adhesion to silver or silver-copper alloy. The resulting coatings of the samples are resistant to light scratches and to the chemical effects of aggressive media, which are possible in the production of food products.

Keywords: silver and silver alloys; protective coatings; aqueous and alcoholic solutions of elemental iodine; silver iodide.

Введение

Серебро – ковкий, блестящий, пластичный благородный металл серо-белого цвета, стандартный электродный потенциал его ($E^{o}_{Ag+|Ag}$) составляет +0,799 В. Изделия из этого металла применяются в электротехнике, медицине, пищевой и ювелирной промышленности. Серебро используют главным образом в виде сплавов: из них чеканят монеты, изготавливают ювелирные и бытовые изделия, лабораторную и столовую посуду. Широкое применение серебра в пищевой промышленности обусловлено особенностью его физических и химических свойств [1–4].

Для изготовления разнообразных изделий, а также в пищевой и электронной промышленности используется как чистое серебро, так и его сплавы с медью и платиной[1–3]. Марки серебра и серебряных сплавов регламентируются ГОСТ 6836-2002[4]. Стандарт устанавливает марки серебра и серебряных сплавов, предназначенных для изготовления полуфабрикатов, изделий (листов, лент, полос, фольги, проволоки, труб, профилей, литых заготовок и других) методом литья, горячей или холодной деформации.

В обозначении марок буквы означают Ср – серебро, Пл – платина, Пд – палладий,

[1] Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 2007. 526 с.
[2] Калюкова Е.Н. Свойства металлов и их соединений. Ульяновск: УлГТУ, 2009. 156 с.
[3] Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 2008. 742 с.
[4] ГОСТ 6836-2002 Серебро и сплавы на его основе. М.: Стандартинформ, 2006.

М – медь. В случае серебра и серебряно-медных сплавов цифры после буквенного обозначения сплава обозначают массовую долю серебра в тысячных долях (пробах), например, Ср 999,9 Ср 999, СрМ 970, СрМ 960 и др. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление сплава марки СрМ 875 (вторичный) с массовой долей суммы примесей до 1 %. Для серебряно-платиновых, серебряно-палладиевых и серебряно-палладиево-медных сплавов цифры после букв показывают массовую долю второго и третьего компонентов, например, СрПл-4, СрПд-20, СрПдМ-30-20 и др. Серебро и серебряные сплавы в основном применяются при изготовлении разрывных и скользящих контактов, электротехнических проводников и ювелирных изделий. Широкое использование серебра и его сплавов в электротехнике обусловлено тем, что при комнатной температуре оно имеет самую высокую электропроводность среди всех известных металлов. Удельное электрическое сопротивление серебра составляет $1{,}59 \cdot 10^{-8}$ Ом·м при температуре 20 ºС. Серебро является также относительно тугоплавким металлом, температура плавления которого 962 °С. Сплав марки СрМ 950 может быть применен также для струн музыкальных инструментов.

Применение серебра в пищевой промышленности

Благодаря своим уникальным свойствам серебро и его сплавы находят широкое применение в пищевой промышленности. В частности, изделия из серебра используются для хранения вина. Установлено, что цвет вина зависит от присутствия тех или иных ионов металлов, а также от того, с каким металлом оно контактирует [5]. Серебро не меняет цвет вина, в то время как контакт с оловом и железом оказывает влияние на его внешний вид [6].

Также изготавливают изделия из серебра для лабораторной и бытовой посуды. Серебро входит в состав сплавов, из которых изготавливают элементы для кухонной техники (соковыжималки, кофеварки).

Серебро используется в обширной номенклатуре электрических контактов в аппаратуре разных мощностей, используемой в пищевой промышленности. Высокие значения теплоемкости (25,36 Дж/(К·моль)), теплопроводности (429 Вт/(м·К) при 298 К) и удельной электропроводности серебра ($62 \cdot 10^6$ См/м при 298 К) обеспечивают по сравнению с другими металлами наименьший нагрев контактов и быстрый отвод тепла от контактных точек. Серебро применяют тоже для непосредственного нанесения на диэлектрики, в качестве электродов, в производстве керамических и слюдяных конденсаторов. Для этого практикуют метод выжигания или испарения в вакууме [5]. Блестящие тонкие покрытия применяются также для различных электротехнических целей – электростатического и электромагнитного экранирования электронных приборов, изготовления радарных зеркал, бумажных, полистирольных или слюдяных конденсаторов электросопротивлений, потенциометров, кинескопов, выпрямителей, контактов включения. В этих случаях серебряные покрытия являются наиболее эффективными.

Металлические серебряные покрытия с низкой адгезией используются в гальванопластике, а покрытия, обладающие способностью отражать или поглощать световые лучи – в производстве пищевой упаковки [7, 8].

На предприятиях пищевой промышленности серебро используют для обеззараживания. В число важнейших направлений развития пищевой инженерии входят предотвращение потерь, сохранение качества и обеспечение биологической безопасности продуктов питания на всех стадиях производства и последующего хранения [9]. Серебро практикуют для изготовления пищевой упаковки с антисептическими свойствами на основе наночастиц серебра размером от 1 до 100 нм, что включает в себя следующие стадии: синтез золя наночастиц серебра; нанесение золя на упаковочный материал (контейнер); высушивание при комнатной температуре [10]. Одним из способов повышения безопасности продуктов питания является ввод в упаковочный материал добавок, обладающих антимикробными и антиоксидантными свойствами, позволяющими замедлить рост поверхностной микрофлоры. Основными требованиями, предъявляемыми к антимикробным добавкам, является их санитарно-гигиеническая безопасность при контакте с пищевыми продуктами и стабильность на всех стадиях пере-

работки упаковки. Эксплуатационные характеристики упаковочных материалов после введения добавок должны сохраняться. Развитие нанотехнологий позволило получать материалы, которые обладают уникальными свойствами и дают возможность значительно увеличить сроки хранения пищевых продуктов. Благодаря особым физическим и химическим свойствам серебра представляют интерес наночастицы этого металла и материалы, полученные с их использованием [9]. Важными свойствами наночастиц серебра являются бактерицидная и антивирусная активности. В связи с этим они могут быть использованы для придания упаковочным материалам биоцидных свойств. Основным условием применимости наночастиц серебра в производстве упаковки является их способность к закреплению на поверхности и в порах упаковочного материала. Это может быть осуществлено при использовании различных вариантов основы и разных технологий нанесения наночастиц на поверхность материала [9, 10].

Серебро используют также в дисперсноупрочненных наноструктурированных электроконтактных материалах на основе серебряных порошков, которые востребованы современной промышленностью. Их использование имеет назначение в электротехнике и электронике [6].

В пищевой промышленности используется так называемое пищевое серебро (пищевая добавка Е174), которое представляет собой белый, блестящий металл. Пищевая добавка Е174 разрешена для использования в России. В малых дозах серебро оказывает благотворное влияние на организм человека, повышает иммунитет и убивает болезнетворные бактерии. Чрезмерное употребление может привести к нарушению работы или гибели клеток, неврологическим расстройствам, нарушению работы почек, хронической усталости, головным болям, сбоям в работе желудочно-кишечного тракта. Пищевое серебро может быть использовано для украшения ряда блюд, придавая им современный или даже футуристический вид [5]. Добавка Е174 применяется в пищевой промышленности для декоративного оформления эксклюзивных блюд, в частности кондитерских изделий и тортов. Однако, из-за высокой стоимости данная добавка используется довольно редко. Е174 также используется в упаковочных материалах для предотвращения роста бактерий и грибков, обеспечивая безопасность и качество упакованных пищевых продуктов.

Достоинствами пищевого серебра являются [5]:

1. Противомикробные свойства. Добавка Е174 обладает сильными противомикробными свойствами. Использование ее может помочь предотвратить рост болезнетворных бактерий и грибков в продуктах питания, что способствует безопасности и увеличению срока годности пищевых продуктов.

2. Консервирование продуктов. Добавка Е174 часто используется в технологиях консервирования продуктов для предотвращения порчи и продления срока годности продуктов. Она может помочь сохранить свежесть и качество продуктов на более длительный период.

3. Улучшение вкуса продуктов питания. В ряде случаев добавка Е174 может усиливать вкус определенных пищевых продуктов. Он может придать тонкий металлический привкус, который часто желателен в определенных блюдах. Некоторые напитки, особенно с металлическим привкусом, могут содержать Е174 в качестве усилителя вкуса.

Серебро используется для получения серебряной воды, которая применяется в фармацевтической промышленности для стерилизации и увеличения сроков хранения ряда лекарственных препаратов [11, 12]. Этот химический элемент добавляют в специальные системы фильтрации. В практике водоподготовки применяется как серебро, так и его соли. Получил признание метод обеззараживания воды электролитическим серебром – растворением в воде металла с помощью электрического тока. В работах Л.А. Кульского был установлен высокий антимикробный эффект серебра уже при концентрации 0,05 мг/дм^3, а также показано, что серебро обладает широким спектром антимикробного действия, подавляя различные микроорганизмы и вирусы [11]. Серебро является высокоэффективным обеззараживающим средством в отношении таких патогенных микроорганизмов, которые вызывают острые кишечные инфекции. Гибель возбудителей дизентерии, сальмонеллезов и энтеропатогенной кишеч-

ной палочки под действием серебра наступала в основном через 40–50 мин при концентрации его 0,1–0,2 мг/дм^3. Установлено также, что серебро обладает ценным свойством консервировать воду на длительное время. Вода, обработанная серебром в концентрации 0,1 мг/дм^3, сохраняет высокие санитарно-гигиенические показатели в течение года и более [11, 12]. С целью сделать этот метод доступным и способствовать его широкому внедрению в различных отраслях были определены оптимальные условия получения водных растворов серебра и разработана простая, компактная, автоматически действующая аппаратура – ионаторы типа ЛК различного назначения и производительности [12]. Ионатор ЛК–30, предназначенный для установки на предприятиях пищевой промышленности, заводах безалкогольных напитков, в плавательных бассейнах, обеспечивает растворение и дозирование до 15 г/ч серебра. Высокую оценку воде, обработанной серебром, дали наши космонавты. Практика показала, что обработка бортовых запасов питьевой воды серебром обеспечивает сохранение ее высоких органолептических и санитарно-гигиенических свойств в условиях космических полетов различной продолжительности. Серебро также оказалось прекрасным консервантом минеральной воды [11]. В настоящее время на многих заводах безалкогольных напитков России минеральную воду обеззараживают серебром. Благодаря этому отпала необходимость выдерживать готовую продукцию с целью улучшения ее бактериологических показателей, что дало значительную экономию средств. Используется серебро и в пищевой промышленности при консервировании и дезинфекции фруктовых и овощных соков и некоторых продуктов питания. Нашла устойчивое признание и применение серебряная вода и в быту. Бытовые ионаторы ЛК–31 и ЛК–27Б, представленные на рис. 1, предназначены для приготовления электролитических растворов серебра («серебряной воды») с целью их использования для дезинфекции и консервирования воды, предназначенной для питья, дезинфекции тары, посуды, овощей, фруктов [5].

Ионатор – генератор коллоидных ионов серебра, имеет два электрода из чистого серебра (999,9). На приборе имеется тумблер-переключатель (реверс подачи электричества то на один электрод, то на другой). Это нужно для того, чтобы не происходило одностороннее истощение одного электрода, а могли периодически работать оба.

Защита металлов и конструкций от коррозии покрытиями

Для защиты металлов и металлических конструкций от воздействия окружающей среды в настоящее время широко используются металлические и неметаллические защитные покрытия. В промышленности для защиты черных и цветных металлов от атмосферной коррозии применяют оксидирование [7, 8]. Особенно широко применяют оксидирование алюминия и его сплавов. Основной промышленный способ нанесения – электрохимическое оксидирование в растворах электролитов. Процесс проводят в гальванической ванне на аноде, используя растворы серной кислоты, хромовой или щавелевой кислот. Оксидная пленка, образующаяся в результате

Рис. 1. Ионатор (ионизатор) ЛК-27Б – осеребритель воды

анодного окисления алюминия, хорошо защищает от атмосферной коррозии, служит прекрасным грунтом под лакокрасочное покрытие. Пленка устойчива к воде и некоторым минеральным кислотам, однако легко растворяется в щелочах. Она состоит из кристаллической γ-модификации Al_2O_3 и аморфного оксида алюминия [13–15].

Тонкие барьерные пленки образуются на титане при анодировании его в растворах и расплавах электролитов. При этом, состав пленки будет зависеть от электролита, в котором они образованы. Методом рентгеноструктурного анализа исследован состав оксидных слоев на титане при его окислении в нитратных расплавах в гальвано- и потенциостатических условиях. Состав образующихся оксидных пленок слабо зависит от природы расплава и определяется в основном температурой процесса. В потенциостатическом режиме при температурах выше 593 К преимущественно образуется TiO_2 (рутил), а при более низких температурах (513–553 К) – TiO_2 (анатаз) и $Ti_{10}O_{19}$. Состав пленки, полученной в гальваностатическом режиме, более неоднороден, включает так же ряд низших оксидов (Ti_4O_7, Ti_3O_5, Ti_2O_3, TiO) и зависит от плотности поляризующего тока. Для снижения эксплуатационных расходов, связанных с высокотемпературным проведением процесса анодирования, выполнены исследования по электрохимическому окислению титана в водных растворах кислородсодержащих кислот и щелочей в гальвано- и потенциостатических условиях в интервале температур 293**–**323 К. Рассмотрен процесс анодирования титана в водных электролитах с целью получения оксидных покрытий, обладающих высокой коррозионной стойкостью. Установлен состав анодной пленки, полученной в водных растворах электролитов: TiO_2 (анатаз), $Ti_{10}O_{19}$ и низшие оксиды титана.

Были изучены условия получения устойчивых анодных пленок ZnO методом электрохимического окисления металлического цинка в водном растворе KCl (0,1 М; 0,5 М и 1 М).

В ряде случаев нанесение устойчивых покрытий на металлы и сплавы производят химическим способом [14]. В данной работе была изучены возможность и разработана методика получения защитных покрытий на поверхностях серебряных деталей и изделиях из серебра химическим методом в растворах, содержащих элементарный йод.

Серебро, также как золото и металлы платиновой группы, относится к группе благородных цветных металлов, обладая положительным стандартным электродным потенциалом $E^o_{Ag+|Ag}$ = +0,799 В. Химически серебро очень устойчиво. Оно не окисляется кислородом воздуха даже при высоких температурах, но уже при обычных условиях реагирует с серой, образуя сульфид серебра (I) по реакции: $2Ag + S_2 = Ag_2S$. Ag_2S – малорастворимое соединение, произведение растворимости которого составляет $2{,}0\cdot10^{-50}$. Серебро обладает склонностью к образованию непроводящих темных пленок сульфида серебра (I) Ag_2S в результате взаимодействия с сероводородом, следы которого всегда присутствуют в атмосфере: $4Ag + O_2 + 2H_2S = 2Ag_2S + 2H_2O$. В присутствии атмосферной влаги (H_2O) серебро взаимодействует с сероводородом по реакции: $2Ag + H_2S = Ag_2S + H_2$. В связи с этим серебряные контакты оборудования не рекомендуется применять по соседству с резиной, эбонитом и другими материалами, содержащими серу. Серебро хорошо паяется обычными припоями.

В работе рассмотрен один из вариантов получения защитных покрытий на серебре химическим методом с помощью образования на его поверхности пленки иодида серебра (AgI). Иодид серебра практически не растворяется в воде (произведение растворимости ПР = $8{,}3\ 10^{-17}$), в водном растворе аммиака и в растворе тиосульфата натрия. Соединение AgI существует в трех известных кристаллических модификациях, устойчивых при разных температурах.

Метод образования защитных покрытий на всей поверхности серебра и его сплавов с медью, а также деталей и ювелирных изделий из серебра может использоваться для предотвращения их потускнения и защиты от коррозии.

Исследование химического состава серебряных образцов

В настоящей работе использовались образцы, выполненные из серебра и серебряно-медных сплавов, весом ~ 38 гр (рис. 2). Опре-

деление содержания серебра и металлов-примесей в исследуемых образцах проводилось на портативном рентгенофлуоресцентном анализаторе состава металлов и сплавов BRUKER S1 Titan (рис. 3). Новейший анализатор металлов S1 TITAN является удобным и простым в эксплуатации инструментом для неразрушающего химического анализа металлов и сплавов.

Анализатор может быть использован в различных отраслях промышленности для сортировки металлолома, входного контроля металлопроката и готовых изделий, контроля качества продукции, подтверждающего контроля марок сталей и сплавов, при ремонтно-технических работах и диагностике.

Отличительные особенности прибора BRUKER S1 Titan:

– портативные размеры и малый вес;

– возможность анализировать легкие элементы;

– высокая скорость идентификации марки сплава (не более 5 с);

– данные сохраняются как в незащищенном, так и защищенном формате.

Исходный химический состав исследуемых образцов, представлен в табл. 1. Количество меди в исследуемых образцах соответствует серебряно-медным сплавам марки СрМ 97 (табл. 2).

Рис. 2. Исходный вид образца из серебряно-медных сплавов

Рис. 3. Анализатор состава металлов BRUKER S1 Titan

Таблица 1. Химический состав исследуемого серебряно-медного сплава

Химический элемент	Содержание, массовая доля, %
Ag	97,46
Cu	2,15
Cr	0,28
W	0,10
Прочие	0,01

Таблица 2. Химический состав серебряно-медных сплавов (ГОСТ 6836-2002)

Марка	Массовая доля, %						
	Компоненты		Примеси, не более				
	Серебро	Медь	Свинец	Железо	Сурьма	Висмут	Всего
СрМ 97	96,7–97,3	Ост	0,004	0,08	0,002	0,002	0,09
СрМ 96	95,7–96,3	Ост	0,004	0,08	0,002	0,002	0,09
СрМ 95	94,7–95,3	Ост	0,004	0,10	0,002	0,002	0,11
СрМ 94	93,7–94,3	Ост	0,004	0,10	0,002	0,002	0,11
СрМ 92,5	92,2–92,8	Ост	0,004	0,10	0,002	0,002	0,11
СрМ 91,6	91,3–91,9	Ост	0,004	0,10	0,002	0,002	0,11
СрМ 90	89,7–90,3	Ост	0,004	0,10	0,002	0,002	0,11
СрМ 87,5	87,2–87,8	Ост	0,004	0,10	0,002	0,002	0,11
СрМ 80	79,7–80,3	Ост	0,005	0,13	0,002	0,002	0,14
СрМ 77	76,5–77,5	Ост	0,005	0,13	0,002	0,002	0,14
СрМ 75	74,5–75,5	Ост	0,005	0,13	0,002	0,002	0,14
СрМ 50	49,5–50,5	Ост	0,005	0,13	0,002	0,002	0,14

Нанесение защитных покрытий на поверхности серебра и серебряных деталей

В работе для получения защитных покрытий на поверхности серебра и серебряно-медных сплавов химическим способом использовался спиртовой раствор элементарного йода с концентрацией 0,3–0,5 г/дм^3. Подвешенный на нейлоновой леске образец из исследуемого серебряно-медного сплава помещался в сосуд со спиртовым раствором йода на 12 ч таким образом, чтобы исключить контакт образца со стеклянной ячейкой (рис. 4).

Рис. 4. Образец из исследуемого серебряно-медного сплава в растворе йода

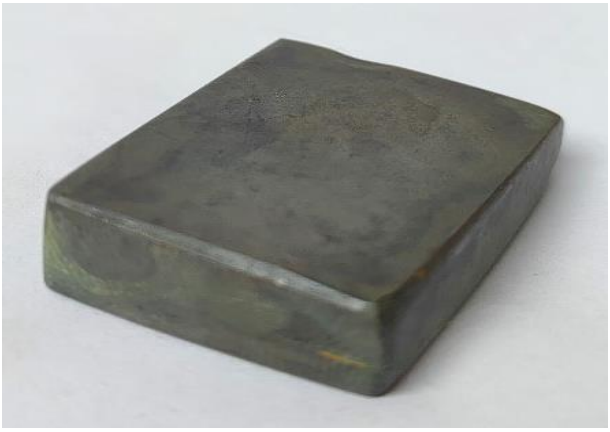


Рис. 5. Образец из исследуемого серебряно-медного сплава после химического окисления и сушки

Таблица 3. Химический состав исследуемого серебряно-медного сплава после его химического окисления элементарным йодом

Химический элемент	Содержание, массовая доля, %
Ag	96,53
Cu	2,48
Cr	0,28
W	0,10
Прочие	0,61

Процесс проводился при температуре 20–25 °С в течение 12 ч. По истечение 12 ч, образец вынимался из раствора йода и сушился в сушильном шкафу при температуре 100 °С. На рис. 5 представлен внешний вид исследуемого образца после химического окисления и сушки.

Известно, что свободные галогены легко окисляют серебро до соответствующих галогенидов: $2Ag + I_2 = 2AgI$. Определение содержания серебра и металлов-примесей в исследуемых образцах после их химического окисления в растворе йода также проводилось на анализаторе состава металлов и сплавов BRUKER S1 Titan. Химический состав исследуемого серебряно-медного сплава после проведения химического окисления представлен в табл. 3.

Заключение

Анализатор S1 Titan обеспечивает высокую точность, простое отображение химического состава металла за считанные секунды, однако он не предназначен для определения состава неметаллов и химических соединений. Соединение AgI не определяется на оборудовании данного вида. Однако, об образовании устойчивой пленки иодида серебра можно судить, исходя из снижения содержания серебра на поверхности исследуемых образцов после их окисления элементарным йодом (табл. 3).

Образующаяся пленка является йодидом серебра и имеет надежное сцепление с серебром или серебряно-медным сплавом.

Полученное покрытие образца (пленка AgI) устойчиво к легким царапинам и к химическим воздействиям агрессивных сред, которые возможны при производстве пищевой продукции.

Образованные пленки из йодида серебра не только предохраняют от потемнения поверхность серебряных деталей, но и закупоривают поры, имеющие место в тонких слоях серебряного покрытия.

Образующаяся пленка йодида серебра придает серебру и серебряно-медным сплавам красивый золотисто-желтый оттенок, схожий с цветом золота или латуни.

Список источников

1. Подкопаев Д.О., Лабутина Н.В., Суворов О.А., Грекова А.В., Сидоренко Ю.И. Особенности применения наночастиц в пищевой промышленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2013. № 5. С. 5–8.
2. Крутяков Ю.А. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. 2008. № 77. С. 242–269.
3. Кульский Л.А. Серебряная вода. Киев: Наукова думка, 1987. 136 с.
4. Пат. № 2193528 С2, Российская Федерация, С02F1/467//С02 F103:04. Способ получения серебряной воды / З.М. Алиев, Г.К. Гусейнов, А.Т. Исаханова; заявитель и патентообладатель Дагестанский государственный университет. Заявл. 08.12.2000; опубл. 27.11.2002. Бюл. № 33.
5. Ситникова В.Г., Кузьмина М.Ю. Условия и механизм химического оксидирования алюминия и его сплавов // Молодежный вестник ИрГТУ. 2019. Т. 9. № 4. С. 76–81. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2019/04/articles/12 (дата обращения: 15.09.2024).
6. Демидов М.А., Кузьмина М.Ю. Свойства оксидных пленок, полученных электрохимическим оксидированием алюминия и его сплавов в сернокислом электролите // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). Иркутск, 2019. С. 31–33.
7. Демидов М.А., Кузьмина М.Ю. Получение и возможности использования в промышленности анодных оксидных покрытий на поверхности изделий из алюминия и его сплавов // Научный диалог: Молодой учёный: сб. науч. тр. по материалам XXVI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 22 октября 2019 г.). Санкт-Петербург, 2019. С. 8–11.

8. Демидов М.А., Кузьмина М.Ю. Исследование электрохимического метода получения оксидной пленки на поверхности алюминия в сернокислом электролите // Молодежный вестник ИрГТУ. 2019. Т. 9. № 3. С. 89–92. Режим доступа: http://xn--b1agjigi1ai.xn--p1ai/journals/2019/03/articles/16 (дата обращения: 12.10.2024).
9. Максимов И.С., Кузьмина М.Ю. Оксидные покрытия на титане и титановых сплавах, полученные в водных растворах кислот // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 21–22 апреля 2016 г.). Иркутск, 2016. С. 36–38.
10. Матвеенко И.Д., Кузьмина М.Ю. Получение и использование устойчивых защитных покрытий на поверхности изделий из титана // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 21–22 апреля 2021 г.). Иркутск, 2021. С. 26–29.
11. Журавлёва А.С., Петрова О.Д., Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Влияние условий электрохимического оксидирования на морфологию и устойчивость анодных пленок ZnO // Вестник ИрГТУ. 2016. № 1 (108). С. 107–115.
12. Kuz'mina A.S., Kuz'mina M.Yu., Kuz'min M.P. Morphology of ZnO Films Fabricated by Electrochemical Oxidation of Metallic Zn // Materials Science Forum. 2019. Vol. 989. P. 210–214.
13. Пат. 2723629 C1, Российская Федерация, МПК C01G 9/02 (2006. 01), C25D 11/34 (2006. 01) Способ получения анодных пленок оксида цинка / М.Ю. Кузьмина, А.С. Кузьмина, М.П. Кузьмин, О.Д. Белик; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский национальный исследовательский технический университет (RU). Заявл. 25.03.2020; опубл. 17.06.2020. Бюл. 17.
14. Ситникова В.Г., Кузьмина М.Ю. Возможности химического оксидирования алюминия // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). Иркутск, 2019. С. 33–36.
15. Савелов А.Э., Кузьмина М.Ю. Защита серебряных поверхностей от коррозионного воздействия // Переработка природного и техногенного сырья: сб. науч. трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2021. С. 67–71.

Информация об авторах / Information about the Authors

Матвеенко Игорь Дмитриевич,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
Matveenko2011@yandex.ru

Igor D. Matveenko,
Student,
School of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
Matveenko2011@yandex.ru

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 of the Metallurgy of Nonferrous Metals Department,
School of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
kuzmina.my@yandex.ru

УДК 669.711:621.867

Модернизация подвесного транспортного конвейера анодно-монтажного отделения алюминиевого завода

© В.В. Петренко, Н.В. Немчинова

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

Аннотация. Единственным промышленным способом производства алюминия, который позволяет получить высококачественный продукт, является электролиз криолит-глиноземных расплавов. Компания «РУСАЛ» при строительстве новых предприятий оснащает их ваннами с предварительно обожженными анодами. Одной из самых новейших разработок компании является электролизер РА-300. Для обеспечения электролизного цеха анодными блоками в структуре алюминиевого завода предусмотрено анодно-монтажное отделение, которое состоит из пяти участков: отделение переработки электролита, отделение дробления огарков, склад «зеленых» и обожженных анодов, монтажное отделение, склад готовой продукции. Продукцией анодно-монтажного отделения является смонтированный анод, готовый к эксплуатации в процессе электролиза и укрывной материал. Были рассмотрены виды сырья и материалов, необходимых для монтажа анодов, и требования, предъявляемые к сырью и готовой продукции. Для непрерывного транспортирования анодных блоков в данном отделении предусмотрено использование подвесного транспортного конвейера. Были рассмотрены его технические характеристики, а также перемещение данного конвейера в монтажном отделении. На подвесном транспортном конвейере периодически проводят ремонтные работы, в которые входят следующие операции: демонтаж участка двутавровой балки, монтаж цепи, демонтаж цепи, монтаж участка двутавровой балки. Полный цикл замены основной цепи конвейера занимает минимум 48 ч. Для снижения затраченного времени на ремонт предлагается изготовление площадки для установки основной цепи подвесного транспортного конвейера.

Ключевые слова: алюминиевая промышленность, обожженные аноды, анодно-монтажное отделение, огарок, подвесной транспортный конвейер, монтаж анодов

The overhead transport conveyor modernization of the anode assembly department of the aluminum plant

© Vladimir V. Petrenko, Nina V. Nemchinova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The only industrial method of aluminum production that allows obtaining high-quality aluminum is the electrolysis of cryolite-alumina melts. When building new enterprises, RUSAL equips them with baths with pre-baked anodes. One of the company's most recent developments is the RA-300 electrolyzer. To provide the electrolysis shop with anode blocks, the aluminum plant structure includes an anode assembly department, which consists of 5 sections: an electrolyte processing department, a cinder crushing department, a warehouse for "green" and baked anodes, an assembly department, and a warehouse for finished products. The products of the anode assembly department are a mounted anode ready for use in the electrolysis process, and a covering material. The article discusses the types of raw materials and materials necessary for the installation of anodes, and the requirements for raw materials and finished products. For continuous transportation of anode blocks, this department provides for the use of an overhead transport conveyor. The article discusses its technical characteristics, as well as the movement of this conveyor in the assembly room. On the overhead transport conveyor, repair work is periodically carried out, which includes the following operations: dismantling the I-beam section, installing the chain, dismantling the chain, installing the I-beam section. The full cycle of replacing the main conveyor chain takes at least 48 hours. To reduce the time spent on repairs, it is proposed to manufacture a platform for installing the main chain of the overhead transport conveyor.

Keywords: aluminum industry, prebaked anodes, anode assembly department, cinder, overhead conveyor, anode assembly

Введение

Производство алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов является сложным технологическим процессом [1–3]. Однако промышленный способ позволяет получить высококачественный алюминий, который широко используется в различных отраслях промышленности [4, 5].

Производство алюминия на алюминиевом заводе отвечает самым современным международным экологическим требованиям в области производства данного легкого металла и сертифицировано на соответствие международному стандарту системы экологического менеджмента ISO 14001[1].

Компания «РУСАЛ» строит новые предприятия, оснащенные ваннами с предварительно обожженными анодами (ОА) [6, 7]. Одной из передовых разработок компании является электролизер РА-300 (рис. 1), который также оборудован ОА. Данный тип электролизера позволяет производить на одной ванне 2442 кг технического алюминия в сутки.

Анодно-монтажное отделение алюминиевого завода

Анодно-монтажное отделение (АМО) состоит из пяти участков:

1. В отделении переработки электролита перерабатывается криолитосодержащее сырье, отгружается укрывной материал в заданной пропорции и определенного гранулометрического состава для укрытия смонтированных ОА разработанной компанией «Outotec» в специальную технику (автомобильный цементовоз) через узлы загрузки.

2. В отделении дробления огарков перерабатываются очищенные от примесей железа и остатков электролита огарки, которые складируются при помощи ленточных конвейеров и элеватора в силос их хранения для последующей отгрузки потребителю дробленных огарков в полувагоны через загрузочное устройство.

3. Склад «зеленых» и обожженных анодов предназначен для хранения обожженных анодных блоков (АБ). В своем распоряжении он имеет два крана штабелера и два крана мостовых для перемещения АБ, а также три роликовых конвейера, 300-тый – непосредственная подача анодных блоков на монтажный стол, 200-тый – служит для формирования пакетов из анодных блоков по 14 шт., перемещаемыми первым краном-штабелером

Рис. 1. Электролизер РА-300, оборудованный обожженными анодами (вид с разных сторон)

[1] Стандарт ISO 14001:2015 / ГОСТ Р ИСО 14001-2016.

в место складирования, 100-тый – служит для формирования пакетов из анодных блоков по 14 шт., перемещаемыми вторым краном-штабелером в место складирования. Мостовые краны позволяют разместить распакованные АБ на 200-тый и 100-тый роликовые конвейера для формирования пакетов из АБ.

4. АМО служит для монтажа смонтированных анодов с транспортировкой в серию электролиза и демонтажа анодных огарков, поступающих, наоборот, из серии электролиза. Демонтаж анодного огарка включает четыре стадии, а именно снятие электролитной корки (цеповая доочистка, дробеструйная обработка), разрушение огарка, снятие чугунной заливки, ремонта анододержателя (АД) и линии его подготовки, относящиеся к процессу монтажа анода.

5. Склад готовой продукции служит для хранения смонтированных анодов и анодных огарков в паллетах по 6 шт., оборотного электролита в биг-бэгах, мульд с криолитосодержащим сырьем, требующим переработки.

Продукцией АМО является смонтированный анод (рис. 2), а также укрывной материал (смесь электролита и глинозема (в заданной пропорции) и определенного гранулометрического состава). После отработки в электролизерах смонтированные аноды возвращаются в АМО, где полученный огарок снимается с ниппелей (рис. 3).

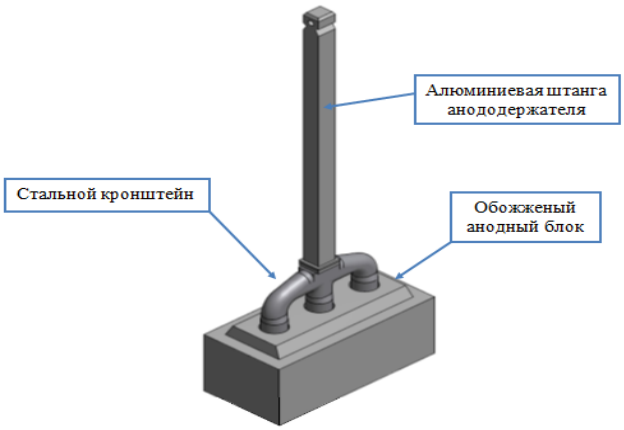


Рис. 2. Смонтированный анод

Рис. 3. Анод с огарком после отработки в электролизере (вид с разных сторон)

Для монтажа анода, пригодного к эксплуатации в электролизере, применяются следующие виды сырья и материалов:

– обожженные анодные блоки с тремя ниппельными гнездами с пазами и без;

– анододержатели трехниппельные с диаметром ниппелей 180 мм;

– ферросилиций марки ФС45;

– феррофосфор ФФ25;

– передельный чугун марки ПЛ-1, группа 1, класс А или Б любой категории;

– чугун литейный марки Л3 и Л4;

– чугунный лом и стальной лом.

Чугун для заливки ниппельных гнезд анодного блока должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1. Для расплавления чугуна в АМО используют плавильно-индукционную печь (рис. 4, *а*) [8]. Далее жидким чугуном производят заливку ниппельных гнезд анодных блоков (рис. 4, *б*).

По физико-химическим свойствам ОА должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 2.

Контролируемыми показателями качества сырья и материалов при входном контроле являются: физико-химические свойства АБ, их внешний вид и геометрические размеры; массовые доли примесей в заливочном чугуне; физико-химические свойства шихтовых материалов, стальной дроби и коллоидно-графитового препарата; геометрические размеры и состояние АД; гранулометрический и химический состав укрывного материала и огарков.

Общее описание технологического процесса монтажа ОА состоит из следующих основных операций:

– подвешивание охлажденных до температуры не более 80 ºС огарков к тележкам подвесного транспортного конвейера (ПТК);

– очистка паллет от электролита и передача под загрузку смонтированных анодов;

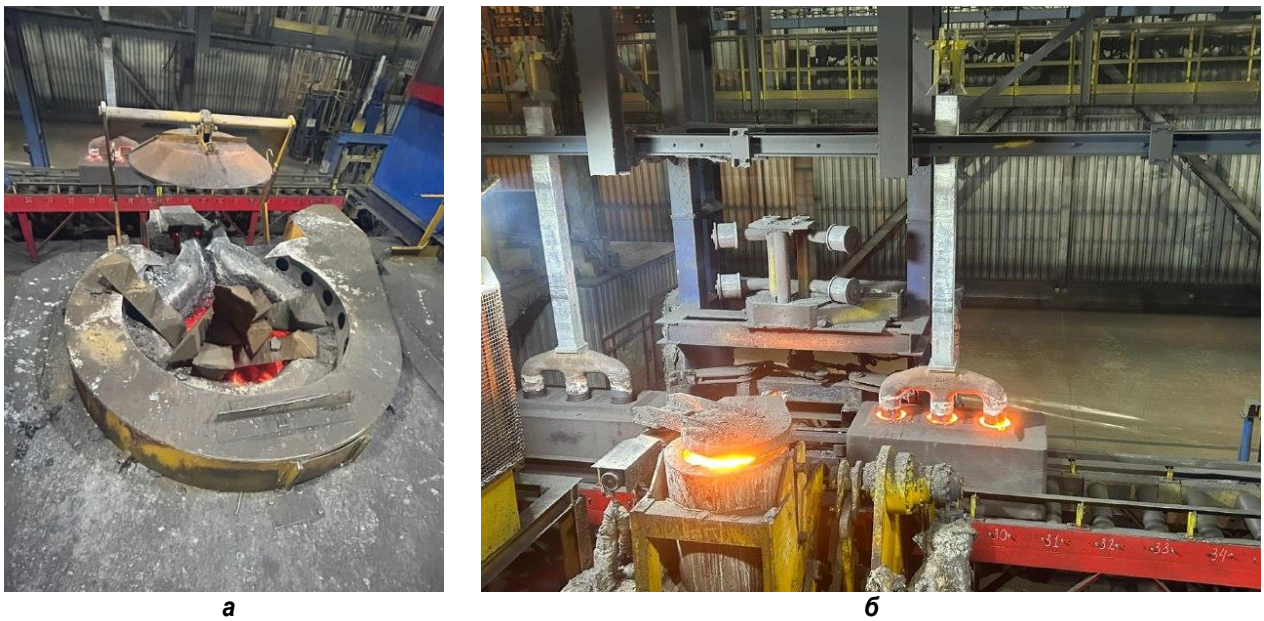
– удаление с огарков 100 % остатков электролита;

– удаление огарков с АД;

– демонтаж чугунной заливки с ниппелей АД, очистка заливки;

– контроль АД на соответствие требованиям монтажа, либо их ремонт;

– подготовка и прогрев контактной поверхности АД и ниппельных гнезд анодных блоков;



а ***б***

Рис. 4. Монтаж обожженных анодов: а – загрузка чугуна в плавильно-индукционную печь марки УИП 1600 (Россия); б – заливка ниппельных гнезд анодных блоков чугуном

Таблица 1. Требования к чугуну для заливки ниппельных гнезд

Показатель	Значение
Сера, %, не более	0,25
Фосфор, %	0,3–0,5
Кремний, %	2,5–3,5
Марганец, %	0,4–0,7
Углерод, %	2,8–3,5

Таблица 2. Требования к физико-химическим свойствам анодных блоков

Показатель	Значение
Действительная плотность, г/см^3	2,06–2,10
Кажущаяся плотность, г/см^3	1,56–1,61
Предел прочности на сжатие, кг/см^3	320–500
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	Не более 56,0
Воздухопроницаемость, нПм	Не более 2,0
Массовая доля остатка образца от карбоксильной реакции (CRR), %	Не менее 90
Массовая доля пыли от карбоксильной реакции (CRD), %	Не более 2,0
Массовая доля натрия, ppm	Не более 200
Массовая доля кальция, ppm	Не более 300
Массовая доля титана, ppm	Не более 30
Массовая доля золы, %	Не более 0,6
Массовая доля железа, ppm	Не более 500
Массовая доля кремния, ppm	Не более 500
Массовая доля ванадия, ppm	Не более 150
Массовая доля серы, %	Не более 1,8

– приготовление расплава чугуна из оборотных заливок и шихтовых материалов в индукционных печах;

– изготовление футеровки индукционных печей, разливочных ковшей, воротниковых зон плавильных печей и их локальный ремонт;

– соединение подготовленных анодных блоков с АД, монтаж сборки расплавом чугуна;

– зачистка контактной поверхности штанг;

– загрузка паллет смонтированным анодами;

– сбор электролита крупностью от 350 мм и меньше, дробление до крупности -8+0 мм и смешивание с глиноземом, отгрузка укрывного материала в электролизные корпуса;

– сбор и дробление огарков с 300 мм до 60 мм, отгрузка в полувагоны;

– охлаждение и складирование огарков, оборотного электролита и смонтированных ОА;

– складирование и хранение ОА.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса АМО включает следующие участки*:* участок демонтажа и монтажа анодов; отделение переработки электролита; участок дробления огарков; склад смонтированных анодов и огарков.

Назначение и ремонт подвесного транспортного конвейера

Подвесной транспортный конвейер [9–12] служит для непрерывного транспортирования АД или штанг через помещение цеха по замкнутому контуру сложной, пространственной трассы. Путь (передвижение, перемещение) ПТК состоит из двух участков, проходящих над тремя зонами цеха, что позволяет перемещать огарки, штанги и аноды над оборудованием монтажного цеха.

Подвесной конвейер – это транспортный конвейер, состоящий из подвешенных кареток и сочлененного тягового элемента. Основное преимущество этой системы, предназначенной для транспортировки ОА, заключается в простоте использования этого оборудования, что позволяет применять его на всех участках АМО.

Подвесной конвейер крепится на балки здания цеха с помощью кронштейнов к металлоконструкции. Аноды перемещаются по конвейеру со скоростью 12 м/мин на такой высоте, что под краем анода остается еще 1500 мм свободного пространства.

Технические характеристики ПТК подвесного транспортного конвейера представлены в табл. 3.

Путь ПТК состоит из двух участков, проходящих над тремя зонами электролизного цеха, что позволяет перемещать огарки, штанги и ОА над оборудованием монтажного цеха (рис. 5).

Конвейер состоит из рельсов, которые делятся на рабочие, по которым перемещаются каретки цепи, и холостые, по которым перемещаются каретки.

Рабочие и холостые рельсы соединены специальными стальными листами (рис. 6). Цепь постоянно движется по рабочему рельсу. Цепи с помощью поводков толкают каретки, которые перемещают транспортный узел по нижнему холостому рельсу. Нагрузка

Таблица 3. Технические характеристики подвесного транспортного конвейера

Характеристика	Значение
Скорость движения цепи	12 м/мин
Масса устройства автоматического подвешивания колокольного типа	18 кг
Потребляемая мощность гусеничного движителя	9,2 кВт
Масса гусеничного движителя	С тормозным механизмом: 100 кг Без тормозного механизма: 100 кг
Давление сжатого воздуха	600 кПа
Потребность всего ПТК в сжатом воздухе	114 л/мин
Двигатели	400 В / 50 Гц (3 фазы – 4 обмотки)
Диапазон напряжений индуктивного датчика	От 10 до 30 В постоянного тока
Световозвращающий датчик	От 10 до 30 В постоянного тока
Напряжение концевого выключателя	От 12 до 48 В постоянного тока

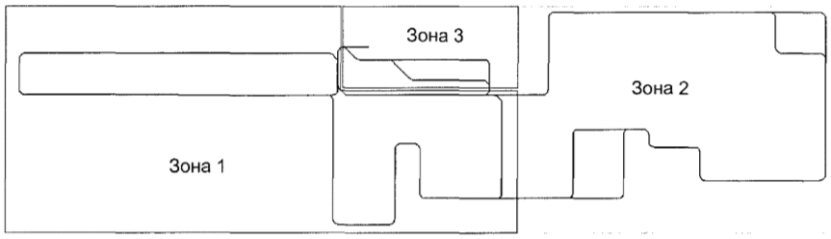


Рис. 5. Путь ПТК в цехе электролиза

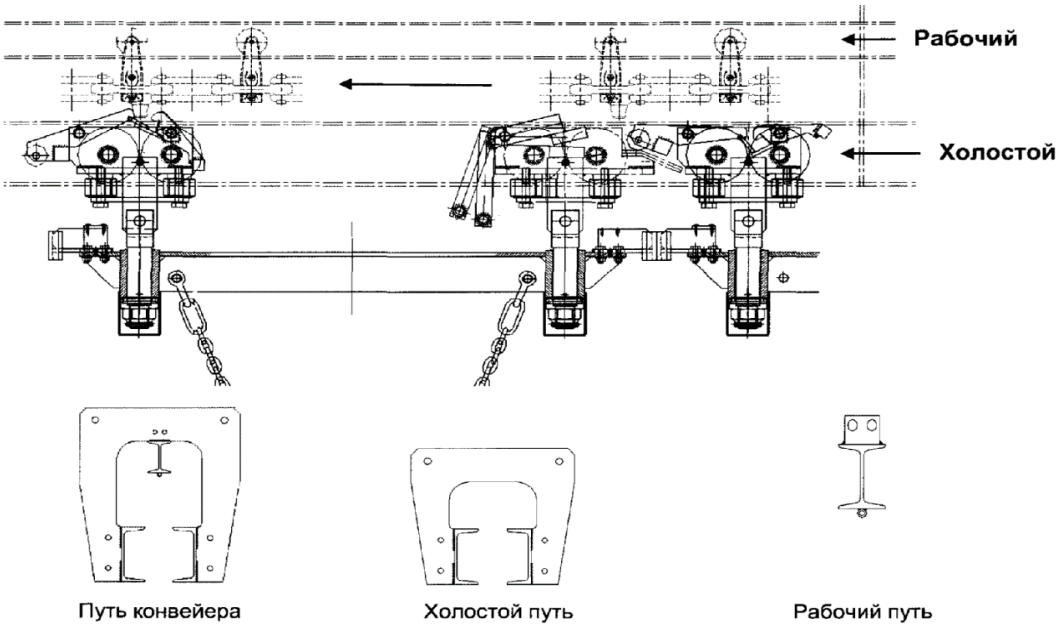


Рис. 6. Различие путей рельс

(устройство автоматического подвешивания колокольного типа с анододержателем или анодом) подвешивается к транспортному узлу с помощью цепей.

Ремонт подвесного транспортного конвейера

Ремонт ПТК можно разделить на следующие операции: демонтаж участка двутавровой балки; монтаж цепи; демонтаж цепи; монтаж участка двутавровой балки.

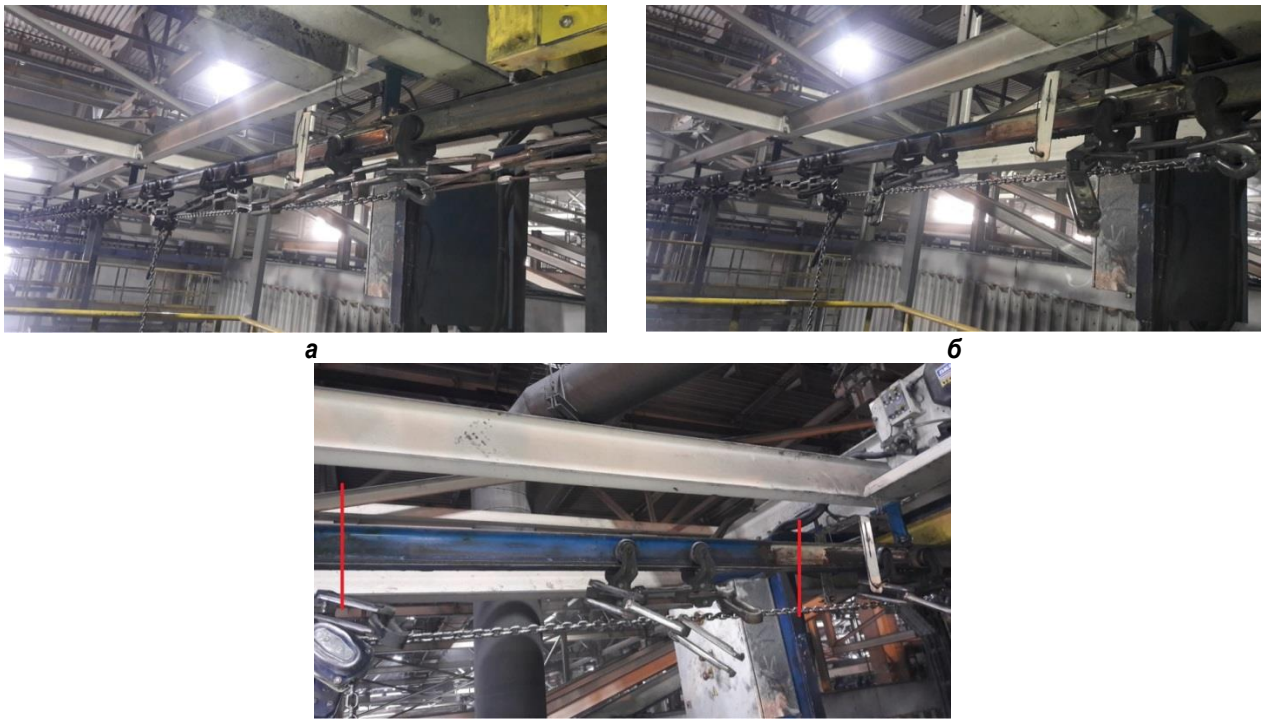
Далее рассмотрим более детально каждую из выполняемых операций.

1. Демонтаж участка двутавровой балки.

Для начала проводится стягивание участка цепи ПТК ручной талью (рис. 7, *а*).

Далее ремонтной бригадой осуществляется операция разъединения цепи ПТК, демонтаж ручной тали (рис. 7, *б)*.

При помощи угловой шлифовальной машины вырезается участок двутавровой балки ПТК длиной 2 м и далее проводится демонтаж участка двутавровой балки (рис. 7, *в*).



а *б* *в*

Рис. 7. Ремонт ПТК: а – стягивание участка цепи ПТК ручной талью; б – разъединение цепи ПТК, демонтаж ручной тали; в – места пропила при вырезке участка двутавровой балки

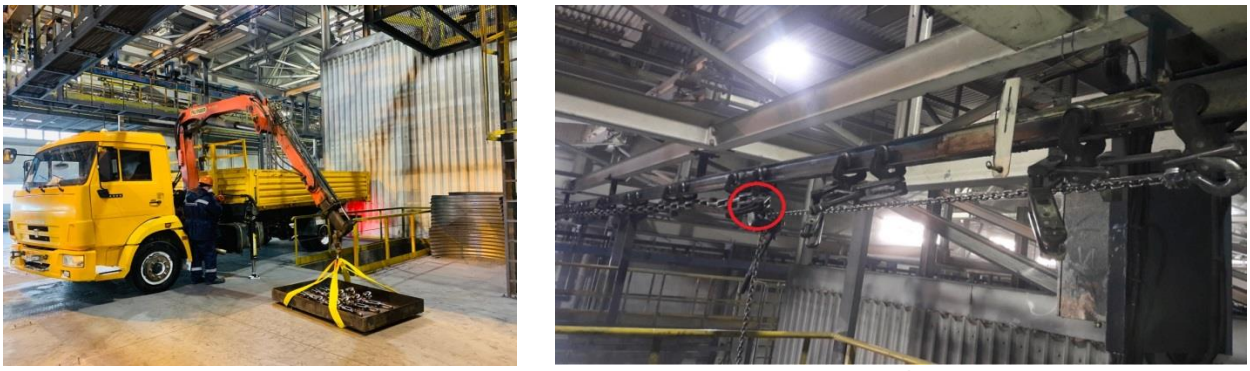
2. Монтаж цепи 2-го подвесного транспортного конвейера.

Для начала произведения работ необходимо доставить к месту проведения работ оборудование, приспособления, инструменты и материалы. Оборотные звенья цепи ПТК необходимо собрать в участки цепи длиной 1,5 м и разложить рядом с местом проведения работ на деревянные поддоны. Подъем оборотной цепи ПТК производится при помощи краноманипуляторной установки (КМУ) и металлического поддона.

Автомобиль с КМУ устанавливается в заранее подготовленное место (рис. 8, *а*). Участки цепи длиной 1,5 м укладывается в металлический поддон штабелем в количестве 4 шт. за один подъем. Далее проводят специальным образом строповку подготовленного поддона.

После подъема участки цепи необходимо выгрузить на ремонтную площадку привода ПТК. Оборотный участок цепи ПТК длиной 1,5 м необходимо объединить с основной цепью ПТК (рис. 8, *б*).

При помощи привода ПТК в ручном режиме производится прокручивание ПТК по ходу работы для того чтобы новая цепь роликами зашла в рабочий путь двутавровой балки, данное действие необходимо проводится до полной замены цепи.



а *б*

Рис. 8. Подъем оборотной цепи ПТК: а – автомобиль, оборудованный подъемным механизмом для оборотной цепи ПТК; б – место соединения основной цепи с оборотным участком

3. Демонтаж цепи 2-го подвесного транспортного конвейера.

Демонтированную отработанную цепь ПТК необходимо разделить на участки длиной 1,5 м и разложить на ремонтной площадке привода ПТК в количестве 4 шт. для дальнейшего спуска.

Спуск участков цепи 4 шт. длиной 1,5 м с ремонтной площадки привода ПТК производится при помощи КМУ и металлического поддона (рис. 9).

Демонтированные участки цепи ПТК необходимо разложить на деревянном поддоне штабелем для дальнейшей транспортировки в зону участка ремонта оборудования АМО.

4. Монтаж участка двутавровой балки.

Монтаж участка двутавровой балки (рис. 7, ***в***) в месте демонтажа производится при помощи электродуговой сварки путем сварочных работ двутавровой балки.

Далее проводят операцию соединения цепи ПТК.

Полный цикл замены основной цепи ПТК занимает минимум 48 ч, что приводит к остановке основного производства. Для снижения времени ремонтных работ было предложено техническое решение модернизации участка двутавровой балки.

Основной причиной длительного времени замены основной цепи является необходимость использования КМУ (рис. 10, *а*). Для снижения затраченного времени на ремонт предлагается изготовление площадки для установки основной цепи ПТК (рис. 10, *б*).

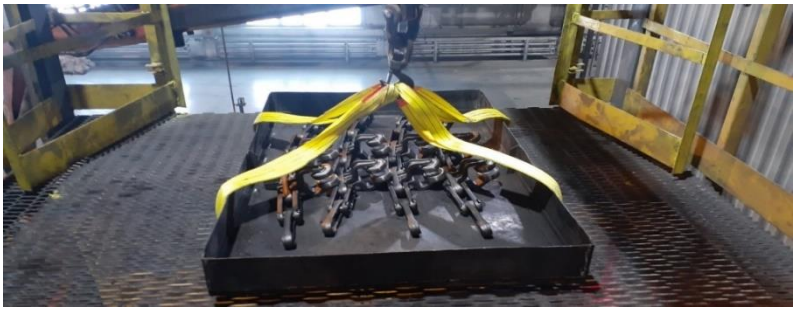


Рис. 9. Подготовленные к спуску демонтированные участки цепи ПТК

а

б

Рис. 10. Участок двутавровой балки: а – до модернизации;
б – с изготовленной площадкой для монтажа основной цепи ПТК

Ввиду отсутствия использования КМУ удалось снизить время замены основной цепи ПТК до 5 ч.

Заключение

Одним из передовых электролизеров компании «РУСАЛ» является РА-300, который оборудован обожженными анодами. Для монтажа ОА в структуре алюминиевого завода предусмотрено анодно-монтажное отделение. Была рассмотрена структура, роль и основные операции, которые выполняются в данном подразделении. Для транспортировки смонтированных анодов в АМО используют подвесной транспортный конвейер. Как и любое оборудование, ПТК периодически требует ремонта. В ремонтные работы входят следующие операции: демонтаж участка двутавровой балки; монтаж цепи; демонтаж цепи; монтаж участка двутавровой балки. Полный цикл замены основной цепи ПТК занимает минимум 48 ч. Для снижения затраченного времени на ремонт предлагается изготовление площадки для установки основной цепи ПТК.

Список источников

1. Grjotheim K., Kvande H. Introduction to aluminium electrolysis. Düsseldorf: Aluminium-Verlag, 1993. 260 p.
2. 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. Iss. 1–2. P. 255–258.
3. Троицкий И.А., Железнов В.А. Металлургия алюминия. М.: Металлургия, 1977. 392 с.
4. Напалков В.И., Баранов В.Н, Фролов В.Ф. Лигатуры алюминиевые: структура и назначение. Красноярск: СФУ, 2019. 176 с.
5. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я., Сиразутдинов Г.А. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация. М.: Наука, 2008. 529 с.
6. Горланов Е.С., Леонтьев Л.И. Направления технологического развития алюминиевых электролизеров // Записки Горного института. 2024. Т. 266. С. 246–259.
7. Пузанов И.И., Волохов И.Н., Быков Р.Ю., Муравьев С.А. Пуск РА-400 на Тайшетском алюминиевом заводе // Цветные металлы и минералы – 2024: сб. тезисов докладов XII Международного Конгресса (г. Красноярск, 9–13 сентября 2024 г.). Красноярск, 2024. С. 213–215.
8. Иванова Л.И., Гробова Л.С., Сокунов Б.А. Индукционные канальные печи. Екатеринбург: УГТУ, 2002. 105 с.
9. Ивченко В.Н., Куров С.В., Давыдов С.В., Бабай В.Я. Опыт эксплуатации конвейеров с подвесной лентой // Горный журнал. 2003. № 3. С. 66–70.
10. Тарасов Ю.Д. Перспективы использования и особенности расчета конвейеров с подвесной лентой // Горный журнал. 2002. № 4. С. 87–91.
11. Тарасов Ю.Д. Снижение энергоемкости транспортирования и износа катковых опор конвейеров с подвесной лентой // Горные машины и автоматика. 2003. № 1. С. 75–80.
12. Штокман И.Г., Эппель Л.И. Прочность и долговечность тяговых органов. М.: Недра, 1967. 231 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Петренко Владимир Владимирович,
магистрант,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
volodymyrpetrenk0@yandex.ru

Немчинова Нина Владимировна,
д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой металлургии цветных металлов,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
ninavn@yandex.ru

Vladimir V. Petrenko,
Undergraduate,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
volodymyrpetrenk0@yandex.ru

Nina V. Nemchinova,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Head of Non-Ferrous Metals Metallurgy Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
ninavn@yandex.ru

УДК 669.715

Оценка эффективности применения алюмокремниевой лигатуры для производства силуминов

© В.А. Смирнов, А.А. Тютрин

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

Аннотация. Алюминиевая промышленность постоянно развивается и с каждым годом совершенствуется и наращивает объемы производства. В настоящее время алюминиевые сплавы занимают ведущие позиции в различных областях металлургии и машиностроения. Основную группу литейных алюминиевых сплавов составляют силумины, сплавы с кремнием в количестве 4–12 %. В современных условиях повышаются требования к качеству литых изделий и сохранению окружающей среды. Именно поэтому актуальным аспектом в металлургии является совершенствование методов производства литейных сплавов. В статье рассмотрена возможность замены существующей технологии производства силуминов с применением кристаллического кремния на технологию с применением алюмокремниевых лигатур. Выполнен расчет теплофизических характеристик лигатур с содержанием кремния от 7 до 30 %. Экспериментально получены значения удельной теплоемкости и теплоты плавления исследуемых лигатур. Рассчитано количество энергии необходимой для расплавления одной тонны сплава AlSi7Mg, что показало снижение количества энергии до 8 % в сравнении с использованием кристаллического кремния.

Ключевые слова: алюминиевая промышленность, кристаллический кремний, алюминий, лигатура, алюминиевые сплавы

Evaluation of the effectiveness to use of aluminum-silicon master alloy for the production of silumins

© Vladimir A. Smirnov, Andrey A. Tyutrin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The aluminum industry is constantly developing and every year it is improving and increasing production volumes. At present, aluminum alloys occupy leading positions in various fields of metallurgy and mechanical engineering. The main group of casting aluminum alloys consists of silumins, alloys with silicon in the amount of 4–12%. In modern conditions the requirements to the quality of cast products and preservation of the environment are increasing. That is why the urgent aspect in metallurgy is the improvement of methods of production of foundry alloys. The article considers the possibility of replacing the existing technology of silumin production with the use of crystalline silicon by the technology with the use of aluminum-silicon master alloys. The article provides the calculation of thermophysical characteristics of master alloys with a silicon content of 7 to 30 % and presents experimentally obtained values of specific heat capacity and heat of melting of the studied master alloys. The article also presents a calculation of the amount of energy required to melt one ton of AlSi7Mg alloy, which shows a reduction in the amount of energy up to 8% compared to the use of crystalline silicon.

Keywords: aluminum industry, crystalline silicon, aluminum, master alloy, aluminum alloys

Алюминиевая промышленность занимает лидирующие позиции при производстве цветных металлов во всем мире [1, 2]. Снижение воздействия на окружающую среду является одним из важнейших вызовов, стоящим сегодня перед алюминиевой промышленностью [3–10]. Практически все ключевые игроки в отрасли, к которым относятся как производители первичного алюминия, так и вторичного, разработали и следуют стратегиям достижения углеродной нейтральности в перспективе ближайших лет. В связи с этим работы проводятся по многим направлениям, среди которых увеличение доли использования лома при производстве алюминиевых изделий, увеличения доли гидроэнергетики в производстве первичного алюминия, повышение эффективности плавильных агрегатов и другие [11–15].

Одной из проблем в производстве алюминиевых сплавов является высокие энергетические затраты на расплавление компонентов сплава. Поэтому задачей данного исследования является разработка состава алюмокрем-

ниевой лигатуры, использование которой взамен кристаллического кремния, позволило бы производителям алюминиевых сплавов снизить количество энергии, требуемой на выплавку сплавов группы Al-Si, например, для производства колесных сплавов типа A356, сплавов типа Al-Si для литья структурных компонентов и прочих силуминов (рис. 1). Также возможное применение данного продукта в качестве альтернативы готовых сплавов для конечных потребителей.

На этапе лабораторных исследований рассматривали составы содержанием кремния от 7 до 30 %. Верхний предел по кремнию был ограничен ввиду технологических возможностей действующих миксеров, которые не позволяют поддерживать температуру выше 850 °C.

Изготовлены опытные чушки и прутковые образцы шести составов с разным содержанием кремния: A85, AlSi7, AlSi12, AlSi15, AlSi20, AlSi25, AlSi30.

Для выполнения теплового расчета требовалось определить две основные теплофизические характеристики: скрытую теплоту плавления (рис. 2) и удельную теплоемкость (рис. 3). Необходимые данные получены с применением ДСК-анализатора.

Значения теплоемкости исследуемых образцов силуминов получены в интервале температур 40–560 °C, алюминия A85 – 40–645 °C. Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы в виде линейной зависимости с учетом средних значений роста величины C_p от последних пяти экспериментальных точек.

На основании полученных экспериментальных данных был рассчитан эффект для различных лигатур на энергию плавки E, необходимую на разогрев и плавление шихты для приготовления сплава AlSi7, который является наиболее часто применяемым силумином при производстве OEM-компонентов (колеса, поворотные кулаки и прочие).

Рис. 1. Сравниваемые схемы производства силуминов

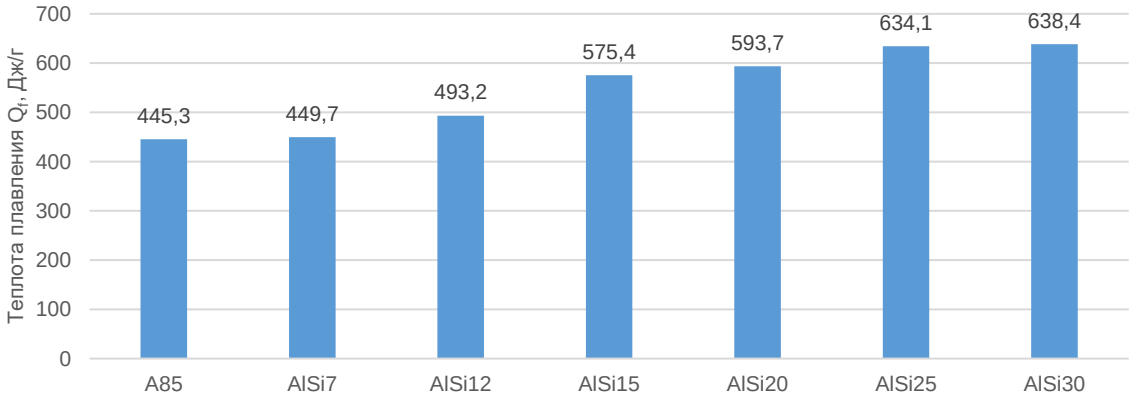


Рис. 2. Теплота плавления исследованных образцов

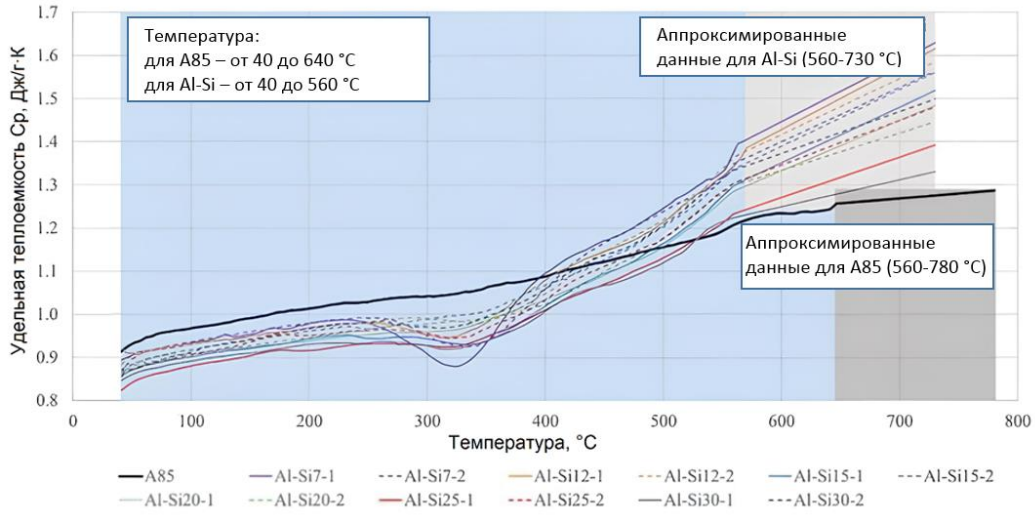


Рис. 3. Удельная теплоемкость исследованных образцов

$$E = Q_{sm} + Q_f + Q_{lm}, \quad (1)$$

где Q_f – теплота плавления, определенная на ДСК-анализе.

$$Q_{sm} + Q_{lm} = m \int_{T1}^{T2} Cp(T)dT.$$

Поскольку для плавки требуется два компонента: кремниевая шихта «Si» (кристаллический кремний или лигатуры Al-Si) и алюминий А85, то выражение (1) для энергии E преобразовывается в следующее:

$$E = x_{Si} \cdot m \cdot (\int_{T1}^{T2} C_{p(Si)}(T)dT + Q_{fSi}) + \\ + (1 - x_{Si}) \cdot m \cdot (\int_{T1}^{T2} Cp_{A85}(T)dT + Q_{fA85}), \quad (2)$$

где x_{Si} – массовая доля кремния в шихте.

С учетом представленных выше данных, по формуле (2) был проведен расчет, результаты которого представлены в таблице. Следует отметить, что в случае использования кристаллического кремния расплав алюминия дополнительно перегревают, чтобы не допу-

Снижение потребляемой энергии в случае использования лигатур

Вариант	Шихта	Суммарная энергия E, МДж	Относительно варианта 1а	Относительно варианта 1б
1а	А85 (нагрев до 730 ºС) + Si	1280	–	–
1б	А85 (нагрев до 780 ºС) + Si	1344	–	–
2	AlSi7	1239	-3,2 %	-7,9 %
3	А85 + AlSi12	1247	-2,6 %	-7,2 %
4	А85 + AlSi15	1266	-1,1 %	-5,8 %
5	А85 + AlSi20	1251	-2,3 %	-6,9 %
6	А85 + AlSi25	1248	-2,5 %	-7,1 %
7	А85 + AlSi30	1242	-3,0 %	-7,6 %

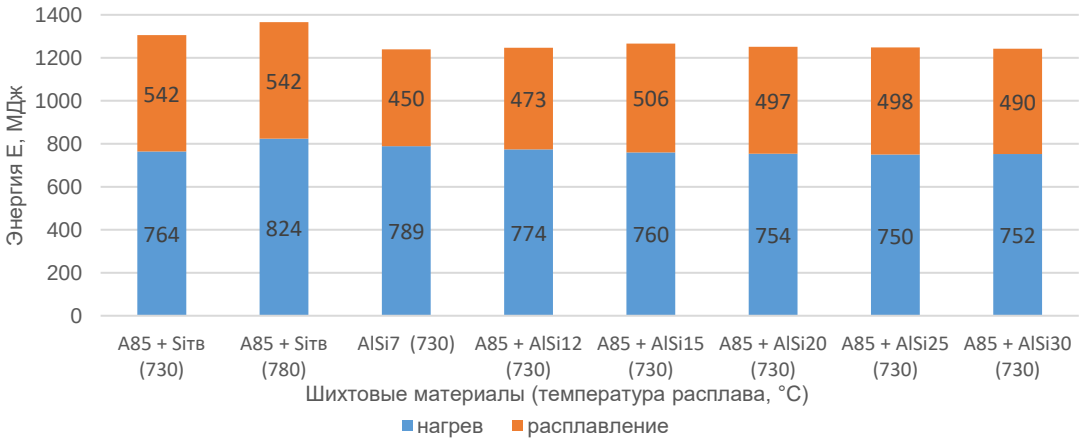


Рис. 4. Энергия, затрачиваемая на расплавление одной тонны сплава, AlSi7Mg

стить его переохлаждения после присадки кремния. Таким образом, энергия, потребляемая на плавку, будет увеличиваться с ростом перегрева расплава А85. Соответствующий энергетический эффект показан на рис. 4. Выполненный расчет показывает потенциал экономии электроэнергии на плавку до 7–8 %.

На основании полученных экспериментальных данных о теплофизических характеристиках (скрытой теплоты плавления и удельной теплоемкости) двойных сплавов с содержанием кремния 7–30 %, выполнен тепловой расчет, который показал потенциал снижения энергии, требуемой на выплавку сплава типа AlSi7Mg, при использовании лигатур взамен кристаллического кремния. Рассчитанный эффект составил до 8 %, что позволит снизить издержки на изготовление конечной детали и снизить воздействие на окружающую среду.

Список источников

1. Sizyakov V.M., Vlasov A.A., Bazhin V.Yu. Strategy tasks of the Russian metallurgical complex // Tsvetnye Metally. 2016. Iss. 1. P. 32–37. http://dx.doi.org/10.17580/tsm.2016.01.05.
2. Mann V., Buzunov V., Pitertsev N., Chesnyak V., Polyakov P. Reduction in power consumption at UC RUSAL's smelters 2012–2014 // Light Metals. 2015. P. 757–762. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-48248-4_128.
3. 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. http://dx.doi.org/10.17580/tsm.2022.08.02.
4. Немчинова Н.В., Коновалов Н.П., Коновалов П.Н., Дошлов И.О. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду при производстве алюминия за счёт применения нефтяного пека // iPolytech Journal. 2023. Т. 27. № 4. С. 800–808. http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2023-4-800-808.
5. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия. Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 1997. 155 с.
6. 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. http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2017-3-123-132.
7. 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. http://dx.doi.org/10.18412/1816-0395-2018-9-8-13.
8. Петровский А.А., Немчинова Н.В., Тютрин А.А., Корепина Н.А. Использование кека выщелачивания от переработки огнеупорной футеровки демонтированных электролизеров в производстве цемента // iPolytech Journal. 2022. Т. 26. № 4. С. 697–708. http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2022-4-697-708.
9. Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Гавриленко Л.В. Изучение контрастности глиноземсодержащего смета для оценки возможности его обогащения методом фотометрической сепарации // Обогащение руд. 2021. № 6. С. 34–41. http://dx.doi.org/10.17580/or.2021.06.06.
10. Немчинова Н.В., Бараускас А.Э., Тютрин А.А., Вологин В.С. Переработка мелкодисперсного техногенного сырья производства алюминия с целью извлечения ценных компонентов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2021. Т. 27. № 5. С. 38–49. http://dx.doi.org/10.17073/0021-3438-2021-5-38-49.
11. Grjotheim K., Welch B. J. Aluminium Smelter Technology. Düsseldorf: Aluminium-Verlag, 1988. 327 p.
12. Prasad S. Studies on the Hall-Heroult Aluminum Electrowinning Process // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2000. Vol. 11. No. 3. P. 245–251.
13. 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. Is. 1–2.
14. Alamdari H. Aluminium Production Process: Challenges and Opportunities // Metals. 2017. Is. 7. P. 133.
15. Solheim A., Skybakmoen E. The future of the Hall-Héroult technology // Non-Ferrous Metals and Minerals. 2018. P. 300–309.

Информация об авторах / Information about the Authors

Смирнов Владимир Александрович,
студент,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация
vasmirn@mail.ru

Vladimir A. Smirnov,
Student,
School of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russian Federation,
vasmirn@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. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Non-Ferrous
Metals Metallurgy Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation
an.tu@inbox.ru

Молодежный вестник ИрГТУ

Сетевое издание

Том 14 № 4 2024

Редактор Т.К. Кувайшина
Верстка Ф.А. Посысоевой

Выход в свет 27.12.2024 г.
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83